

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**“DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA MICROCUENCA TOROMACHO,
UTILIZANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO LUTZ
SCHOLZ Y EL VOLUMEN TRANSPUESTO DE LA CUENCA TRES RÍOS”**

TESIS

Para optar el grado de:

INGENIERO HIDRÁULICO

Presentado por la Bachiller:

JHESSICA STEPHANIE CORTÉZ RODENAS

Asesorado por:

Dr. ING. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA – PERÚ

2018

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados en primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora.

A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca y a cada uno de los Ingenieros que me brindaron sus conocimientos desde el primer ciclo de mi Universidad.

Al Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, quien, con su ayuda desinteresada, me brindó asesoría para el desarrollo de la presente investigación.

Al Doctor Nilton Deza Arroyo, por su apoyo en la parte logística para que el proyecto VLIR, nos apoye con el equipo para la toma de datos en campo.

A mis papitos y hermanos por siempre brindarme su apoyo y sobre todo por la gran paciencia que me brindan.

DEDICATORIA

Dedico este triunfo especialmente a mis padres Ketty Rebeca Rodenas Rivas y Tito Teófilo Cortez Zavala, que me han brindado su amor a lo largo de toda mi vida ayudándome con esfuerzo y sacrificio a cumplir las metas que me he propuesto.

A mis hermanos Jhazmin Bonnie y Silwers Marvin, por ser una personitas que logran muchos triunfos con esfuerzo y perseverancia, demostrando así que todo es posible en la vida.

A mis abuelitos Paulina, Rosalvina y Teodoro, por ser las personas que guiaron mis pasos por el sendero de la vida y que con su ejemplo de lucha me forjaron el carácter para ser una persona trabajadora y de bien.

A mis tíos que vienen hacer unos segundos padres, que saben escucharme y darme buenos consejos para lograr mis sueños.

A mis padrinos Isabel y Victor, por sus buenos consejos y apoyo emocional.

Y a todas aquellas personas que no terminaría de mencionar (ITS), pero que contribuyeron con su granito de arena para ayudarme a culminar mi carrera.

INDICE

RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.3 ALCANCES.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	4
2.2 CUENCA HIDROLÓGICA.....	5
2.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	14
2.4 TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	15
2.5 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN.....	30
2.6 CICLO HIDROLÓGICO COMO SISTEMA.....	33
2.7 MODELOS HIDROLÓGICOS.....	35
2.8 MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO DE LUTZ SCHOLZ.....	39
2.9 PRECIPITACION SOBRE LA CUENCA.....	41
2.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS.....	51
2.11 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.....	54
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1 UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA.....	58
3.2 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	61
3.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.....	63
3.4 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	65
3.5 DESCRIPCIÓN Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	67
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.2 CLIMATOLOGIA.....	74
4.3 GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LA MICROCUENCA TOROMACHO.....	85
4.4 TRANSFERENCIA DE INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA.....	97
4.5 RECOPIACION DE INFORMACION DE CAMPO.....	99

4.6 DISCUSIÓN	101
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	104
5.1 CONCLUSIONES.....	104
5.2 RECOMENDACIONES.....	105
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
VII. ANEXOS	107
VIII. PANEL FOTOGRAFICO	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grilla de análisis de una cuenca según Horton.	9
Figura 2. Jerarquización de cauces mediante el método de Horton.	11
Figura 3. Flujograma para el tratamiento de la información hidrometeorológica.	16
Figura 4. Representación del ciclo hidrológico.	33
Figura 5. Modelo de balance hídrico simple.	34
Figura 6. Esquema del sistema hidrológico.	34
Figura 7. Diferencia entre modelo determinístico y modelo estocástico.	36
Figura 8. Diferencia entre modelo determinístico y modelo estocástico.	41
Figura 9. Ubicación de la Microcuenca Toromacho a una escala de 1:80000	59
Figura 10. Unidad Hidrografica de la Microcuenca Toromacho.	60
Figura 11. Ubicación de comunidades existentes dentro de la microcuenca Toromacho.	63
Figura 12. Ganado existente en la microcuenca Toromacho.	64
Figura 13. Pequeñas parcelas de sembrío en la microcuenca Toromacho.	65
Figura 14. Suelo, en la microcuenca Toromacho.	65
Figura 15. Vegetación, en la microcuenca Toromacho.	66
Figura 16. Rio Quengorío.	66
Figura 17. Orden de Red Hídrica, de la Microcuenca Toromacho.	73
Figura 18. Curva Hipsométrica.	74
Figura 19. Estaciones Meteorológicas Cercanas a la Microcuenca Toromacho.	75
Figura 20. Raster de la Microcuenca Toromacho.	76
Figura 21. Isoyetas de la Microcuenca Toromacho.	76
Figura 22. Isoyetas obtenidas mediante Software ArcGis.	77
Figura 23. Áreas para Cálculo de Isoyetas de la Microcuenca Toromacho.	77
Figura 24. Precipitaciones medias totales mensuales y precipitaciones medias efectivas mensuales.	85
Figura 25. Caudales Generados para el año promedio de la Microcuenca Toromacho.	88
Figura 26. Promedio Mensual de Caudales para un Periodo (1965 -2017), extendidos en la Microcuenca Toromacho.	96
Figura 27. Caudales aforados en la Microcuenca Tres Ríos vs Transpuestos a la Microcuenca Toromacho. Periodo (2008-2017).	99
Figura 28. Comparación de Caudales Generados con Lutz Scholz vs Caudales Transpuestos de la Microcuenca Tres Ríos a la Microcuenca Toromacho para el periodo 2008-2017.	102
Figura 29. Comparación de Caudales Generados con Lutz Scholz ,Caudales Transpuestos de la Microcuenca Tres Ríos a la Microcuenca Toromacho con los caudales aforados en campo para el año 2017	103
Figura 30. Mapa de Ubicación de la Microcuenca Toromacho.	107
Figura 31. Estaciones Meteorológicas Cercanas a la Microcuenca Toromacho.	107
Figura 32. Laguna Namococha.	110
Figura 33. Sección de Aforo - Rio Quengorío.	165
Figura 34. Traje Impermeable utilizado para realizar los aforos en el Rio Quengorío	165
Figura 35. Aforo realizado en el mes de marzo de 2017, en época de lluvias.	166

Figura 36. Aforo realizado en el Rio Quengorío, en época de estiaje (2017).....	166
Figura 37. Aforo Realizado en el mes de enero de 2018.....	167
Figura 38. Laguna Namococha – Celendín a 3831 m.s.n.m.	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño Relativo de los Sistemas Hidrológicos	6
Tabla 2. Formas de la Cuenca de Acuerdo al Índice de Compacidad.	7
Tabla 3. Clasificación de una cuenca según su pendiente.	10
Tabla 4. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%).	48
Tabla 5. Ejemplo de series para la regresión múltiple.	50
Tabla 6. Valores críticos de “ Δo ”	52
Tabla 7 Estaciones Meteorológicas	67
Tabla 8. Estaciones Meteorológicas y coordenadas UTM	71
Tabla 9. Resumen de parámetros geomorfológicos.	72
Tabla 10. Temperatura media anual por estaciones	74
Tabla 11. Precipitación Media Mensual para la microcuenca Toromacho periodo 1965-2017.	78
Tabla 12. Precipitación media total mensual (mm) de la microcuenca Toromacho (período 1965-2017)	80
Tabla 13. Precipitación Efectiva Mensual para la microcuenca Toromacho periodo 1965-2017	82
Tabla 14. Precipitación media efectiva mensual (mm) de la microcuenca Toromacho (período 1965-2017).	84
Tabla 15. Parámetros para calcular la retención en la microcuenca Toromacho	85
Tabla 16. Relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje.	86
Tabla 17. Gasto de la retención para los meses de estiaje.	87
Tabla 18. Abastecimiento de la retención para los meses lluviosos.	87
Tabla 19. Caudales mensuales para el año promedio.	88
Tabla 20. Valores de caudales y precipitaciones efectivas para la obtención de las variables B1, B2 y B3.	89
Tabla 21. Cálculo de Q^*_t mensual.	90
Tabla 22. Cálculo del error (e) mensual.	90
Tabla 23. Caudales generados Q_m (mm/mes) para un periodo extendido.	91
Tabla 24. Números Aleatorios para ser utilizados con la planilla de precipitación.	92
Tabla 25. Generación de Caudales Medios Mensuales (mm/mes)	94
Tabla 26. Caudales medios mensuales (m ³ /seg) registrados en la estación ronquillo	97
Tabla 27. Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Tres Ríos.	97
Tabla 28. Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Toromacho.	98
Tabla 29. Caudales medios mensuales (m ³ /seg) transpuestos de la estación Ronquillo a la microcuenca Toromacho.	98
Tabla 30. Caudales aforados en la microcuenca Toromacho.	99
Tabla 31. Caudales aforados en la microcuenca Toromacho m ³ /seg.	100
Tabla 32. Bofedales Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.	108
Tabla 33. Lagunas Inventariadas por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.	110

Tabla 34. Manantiales Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.	111
Tabla 35. Quebradas Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.	115
Tabla 36. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Celendín.	117
Tabla 37. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Chugur.	120
Tabla 38. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Granja Porcón.	122
Tabla 39. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Maqui Maqui.	124
Tabla 40. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica Quebrada Shugar.	127
Tabla 41. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quebrada Quilcate.	129
Tabla 42. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Chugur.	132
Tabla 43. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quilcate.	134
Tabla 44. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Granja Porcón.	137
Tabla 45. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quebrada Shugar.	139
Tabla 46. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Celendín.	141
Tabla 47. Generación de caudales medios mensuales (MMC).	144
Tabla 48. Generación de caudales medios mensuales (m ³ /seg).	145

RESUMEN.

En el presente estudio se tiene como objetivo utilizar un modelo hidrológico aplicable a la microcuenca Toromacho, estimando la disponibilidad de agua con la que cuenta dicha microcuenca. Para ello, se procesó la información meteorológica obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), mientras que la información hidrológica fue obtenida en campo mediante aforos realizados con el correntómetro semanalmente. Esta información a la vez fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos convirtiéndolos en un producto apto para el diseño y que permita de esta manera aplicar el modelo, el cual consiste en transformar la precipitación media mensual en caudales medios mensuales a través de submodelos como precipitación efectiva, gasto y abastecimiento de la retención. Se determinó que los caudales medios mensuales generados por el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje. Para la verificación de caudales, se hicieron comparaciones con los aforados en campo en los meses de febrero a setiembre de 2017, observando como caudal mínimo en el mes de agosto con $0.210 \text{ m}^3/\text{seg}$, mientras que el caudal más alto fue en el mes de febrero con $2.085 \text{ m}^3/\text{seg}$, mientras que los generados con el modelos determinístico estocástico de Lutz Scholz, muestran como el caudal más bajo en el mes de agosto con $0.414 \text{ m}^3/\text{seg}$, mientras que el más alto fue en el mes de febrero con $1.716 \text{ m}^3/\text{seg}$, determinando así que la metodología utilizada en la microcuenca Toromacho, es apta.

Palabras Claves: Microcuenca Toromacho, precipitación media mensual, precipitación efectiva, Modelo Lutz Scholz.

ABSTRACT

The objective of this study is to use a hydrological model applicable to the microwatershed Toromacho, estimating the availability of water with which this microwatershed counts. To this end, the meteorological information obtained from the National Meteorology and Hydrology Service (SENAMHI) were processed, while the hydrological information was obtained in the field by means of capacities carried out with the Correntómetro Weekly. This information at the same time was analyzed, processed and synthesized by means of its statistical parameters making them a product suitable for the design and thus allowing to apply the model, which consists in transforming the average monthly precipitation in Monthly average flows through submodels such as effective precipitation, expenditure and retention supply. It was determined that the monthly average flows generated by the model deterministic-stochastic Lutz Scholz show a direct relationship with precipitation, being greater in the rainy months and lower in the months of drought. For the verification of flows, were made compared with the graduated in the months from February to September of 2017, observing as minimum flow in the month of August with 0210 m³/sec, while the highest flow was in the month of February with 2,085 m³/sec , while those generated with the stochastic deterministic models of Lutz Scholz, show as the lowest rate in the month of August with 0414 m³/sec, while the highest was in the month of February with 1,716 m³/sec, determining so the methodology used in the microwatershed Toromacho, is apt.

Key words: Toromacho microwatershed, average monthly precipitation, effective precipitation, model Lutz Scholz.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la gestión integrada y sostenible de los Recursos Hídricos en la Región de Cajamarca, considera que los procesos de intervención por los actores de la zona en sus cabeceras de cuenca, por las diferentes actividades que se efectúen, deben contar con información real para optimizar y mejorar las decisiones relacionadas a la gestión y control de Recursos Hídricos.

La Microcuenca de la Quebrada Toromacho está conformada por las Quebradas: Río Blanco, Mamacochoa, Sin Nombre N° 01, Alumbre y Peña Blanca. Hidrográficamente pertenecen a la Cuenca del Río Quengorío y esta forma parte de la Cuenca del Río Ñun Ñun, el cual forma parte de la Cuenca del Río Llaucano, y este a la vez de la gran cuenca del Río Marañón.

La microcuenca Toromacho que desemboca en el Río Quengorío el cual a la vez desemboca en el Río Ñun Ñun que es un afluente del Río Llaucano y este a la vez es afluente del Río Marañón. Estas cuencas tienen como tributarios a Lagunas, Ríos, Quebradas, Manantiales, Bofedales las cuales tienen actualmente un tipo y derecho de uso, de tal manera que permitan contar con la información necesaria para planificar, gestionar y conservar los recursos hídricos.

De acuerdo a la distribución porcentual de los tipos de Uso de Agua en la Microcuenca Toromacho se tiene 186 fuentes de agua naturales superficiales, de los cuales, el 49,47 % corresponde a uso primario, el 0,53 % al uso poblacional, el 4,26 % al uso productivo / poblacional, uso energético, uso minero, el 0,53 % al uso piscícola, el 22,34 % a uso pecuario y el 22,87 % al uso agrícola.

Entendiendo que dicha microcuenca es la que mejores condiciones de disponibilidad hídrica tiene, pero que su administración y manejo es deficiente, es necesario una mejor gestión de los recursos hídricos, es decir; tener información confiable, precisa y oportuna de estaciones Hidrométricas y Meteorológicas que permitan conocer cuánta agua disponible hay a nivel de las microcuencas identificadas.

Es por ello que, en los últimos años, los modelos matemáticos han tenido un impresionante desarrollo en todas las áreas del conocimiento humano, científico y de los recursos naturales en general. La importancia de los modelos radica, entre otros aspectos,

en la simulación y predicción de los fenómenos físicos a corto, mediano y largo plazo. Asimismo, a través de los modelos podemos obtener relaciones causa-efecto, sin haber realizado cambios en los sistemas reales.

El objeto de este trabajo es evaluar la disponibilidad de agua de la microcuenca Toromacho, utilizando un modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz, que toma en cuenta la precipitación pluvial y parámetros físicos de la cuenca, que permiten generar caudales medios mensuales haciendo uso de un proceso determinístico, para el año promedio y estocástico, para un periodo extendido.

1.1 PROBLEMA

En la microcuenca Toromacho la escasa o falta de información hidrométrica e hidrológica, dificulta el planeamiento, administración y gestión de los recursos hídricos, afectando en gran medida el diseño, operación y mantenimiento de los proyectos hidráulicos (abastecimiento de agua potable, canales de riego, embalses de agua, entre otros). Este problema atraviesa la microcuenca Toromacho y es común en distintas regiones de nuestro país.

Pregunta principal: ¿Cuál es la disponibilidad de agua de la microcuenca Toromacho?

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La microcuenca Toromacho, adquiere una especial importancia debido a que abastece de agua potable a una parte de la población Cajamarquina, pero en la actualidad no existe una metodología probada que permita determinar cuantitativamente la oferta hídrica a lo largo del año hidrológico, he aquí que surge la necesidad de conocer y cuantificar el recurso hídrico en dicha microcuenca, en tal sentido se debe contar con la mayor cantidad de investigaciones posibles. Esta investigación está relacionada con la hidrología y drenaje, los resultados obtenidos producto de la investigación contribuyen directamente a la comunidad, pues permite tener un mejor conocimiento acerca de la disponibilidad del recurso hídrico Esta investigación también permitirá a diferentes profesionales disponer de información hidrológica para diversos estudios de investigación y proyectos que se requieran a futuro.

1.3 ALCANCES

La siguiente tesis está orientada a generar caudales medios mensuales que permiten estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca Toromacho, mediante el modelo hidrológico Lutz Scholz, utilizando como datos de entrada a la precipitación y temperatura, a la vez realizar una transposición de caudales de una cuenca con parámetros geomorfológicos semejantes.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar la disponibilidad de agua de la microcuenca Toromacho, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.

Objetivos específicos

- Recopilación y procesamiento de información cartográfica.
- Recopilación y procesamiento de información hidrológica.
- Modelamiento hidrológico.
- Generación de caudales medios mensuales
- Transposición de Caudales

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Consiste en analizar la operación de un sistema hidrológico y predecir su salida, es decir, realizar un modelo hidrológico. Un modelo, es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas.

Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: físicos y abstractos. Los primeros incluyen modelos a escala y análogos; los modelos a escala, representan el sistema en escala reducida, tal como un modelo hidráulico del vertedero de una presa; y los modelos análogos, usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo.

Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática, es decir, la operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan variables de entrada y salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, y también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias, que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad.

Los fenómenos hidrológicos cambian en las tres dimensiones espaciales, pero el tener en cuenta explícitamente toda esta variación, puede hacer que el modelo sea muy complicado para aplicaciones prácticas. Por consiguiente, para la mayor parte de los propósitos prácticos es necesario simplificar el modelo, despreciando algunas de las fuentes de variación. Por lo que, teniendo en cuenta las formas en que se lleva a cabo la simplificación, los modelos hidrológicos se pueden clasificar en determinísticos y estocásticos.

Un modelo determinístico no considera aleatoriedad; una entrada dada produce siempre una misma salida. Un modelo estocástico tiene salidas que son, por lo menos, parcialmente aleatorias y se usa cuando esta variación es grande. Podría decirse que los modelos determinísticos hacen pronósticos, mientras que los modelos estocásticos hacen predicciones.

Por ejemplo, pueden desarrollarse modelos determinísticos razonablemente buenos para la evaporación diaria en un lugar dado, usando información sobre energía disponible y transporte de vapor, pero tal información no puede usarse para desarrollar modelos confiables de precipitación diaria en un lugar, debido a que la precipitación es aleatoria en su mayor parte. Por consiguiente, la mayoría de los modelos de precipitación diaria son estocásticos.

2.2 CUENCA HIDROLÓGICA

Se llama cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de “divortio aquarum” o divisoria de aguas. Debemos hacer hincapié que no siempre los límites geográficos suelen coincidir con los límites de los acuíferos, pudiendo existir preferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra. La línea de divortio aquarum se inicia y termina en la cota de captación del proyecto.

Delimitación de la Cuenca

Consiste en definir la línea de divortio aquarum, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación mediante la unión de todos los puntos altos de intercepción en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de la línea neutra de flujo.

La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra dicha curva es el área proyectada de la cuenca sobre un plano horizontal.

Parámetros Geométricos o de Superficie

Según (Cahuana, A. 2009)

Área de la cuenca (A)

Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectáreas.

Dependiendo de la ubicación de la cuenca, su tamaño influye en mayor o menor grado en el aporte de escorrentía, tanto directa como de flujo de base o flujo sostenido.

El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos define o determinan, aunque no de manera rígida, los nombres de micro cuenca, sub cuenca o cuenca, según se explica en la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaño Relativo de los Sistemas Hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (Km ²)	Numero de Orden
Microcuenca	10 – 100	1,2,3
Sub cuenca	101 – 700	4,5,
Cuenca	más de 700	6 a mas

Fuente: (Cahuana, A. 2009)

Perímetro de la cuenca (P)

Es el borde del contorno (limite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca.

Parámetros Morfológicos

Según (Cahuana, A. 2009)

Factor de forma (Kt)

Parámetro adimensional, introducido por Horton, que denota el efecto combinado de la cuenca y la configuración neta del drenaje. Se expresa mediante la siguiente formula:

$$K_t = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Donde:

K_t : Factor de forma.

B : Ancho medio de la cuenca ($B= A/L$), en Km.

A : Área de la cuenca, en Km².

L : Longitud de máximo recorrido, en Km.

Coefficiente de Gravelius o índice de compacidad (Kc)

El coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, dado por la ecuación (2), se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una cuenca teórica circular que tiene igual área que la cuenca (Gravelius, 1914).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}} \quad (2)$$

Donde:

K_c : Índice de compacidad.

P : Perímetro de la cuenca, en Km.

A : Área de la cuenca, en Km².

Valores del índice de Gravelius cercanos a la unidad (forma redondeada de la cuenca hidrográfica) dan origen a menores tiempos de concentración de la cuenca receptora-colectora, produciendo continuamente ondas de crecidas súbitas instantáneas mayores, creando condiciones de muy alta vulnerabilidad a las inundaciones, (López cadenas de Llano, 1998).

Las formas de la cuenca, en concordancia con los valores que adopte los índices de compacidad, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Formas de la Cuenca de Acuerdo al Índice de Compacidad.

Clase de Forma	Índice de Compacidad (Kc)	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a Oval – redonda
Clase II	2.0 1.26 a 1.50	Oval redonda a Oval oblonga
Clase III	1.51 a 1.75	Oval – oblonga a Rectangular - Oblonga

Fuente: (Cahuana, A. 2009)

Longitud de Máximo Recorrido (L).

Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

Parámetros de Relieve

Según (Villón, B. 2002)

Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores; entre los más utilizados son los siguientes:

Pendiente de la Cuenca o Pendiente de Laderas (Sc).

Es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal. Existen variadas metodologías, tanto gráficas como analíticas, que permiten estimar la pendiente de la cuenca. Dentro de las metodologías gráficas, la más recomendada por su grado de aproximación es:

- **Criterio de Robert E. Horton:**

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección horizontal de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello. Una vez construida la malla en un esquema similar al que se muestra en la Figura 1, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

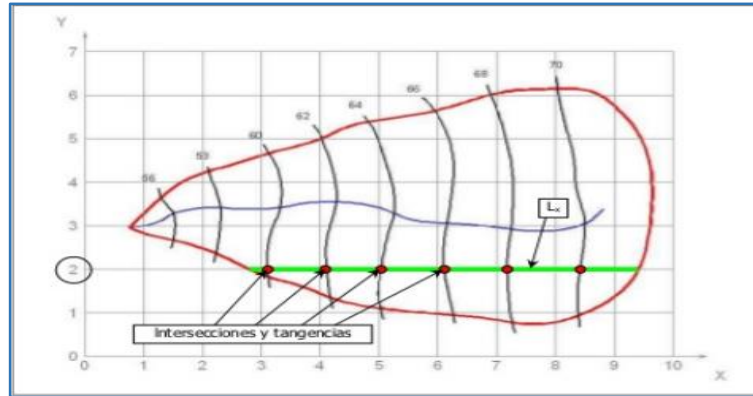


Figura 1. Grilla de análisis de una cuenca según Horton.

$$S_c = \frac{N_x * D}{L_x} \quad (3)$$

$$S_y = \frac{N_y * D}{L_y} \quad (4)$$

Dónde:

$L_{x,y}$: Longitud total de líneas de malla en sentido “x” y “y”.

$N_{x,y}$: Número total de intersecciones y tangentes de líneas de la malla con curvas de nivel, en sentido “x” y “y”.

$S_{x,y}$: Pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones.

D : Desnivel constante entre curvas de nivel de la cuenca, en Km.

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

$$S_c = \frac{N * D * \sec(\theta)}{L} \quad (5)$$

Donde:

S_c : Pendiente media de la cuenca.

θ : Angulo dominante entre las líneas de malla y curva de nivel.

L_t : Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en, Km.

En la práctica y para propósitos de comparación es igualmente eficaz aceptar al término “ $\sec(\theta) = 1$ ” o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x y S_y como pendiente de la cuenca. El valor de la pendiente permite clasificar el relieve o topografía del terreno según la Tabla 3 propuesto por R. Heras:

Tabla 3. Clasificación de una cuenca según su pendiente.

Pendiente (%)	Tipo de Terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: (R. Heras)

Curva hipsométrica

Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud de la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. Resulta de plotear el área acumulada que queda por encima de cada curva de nivel, en el eje de las abscisas versus las alturas correspondientes en el eje de las ordenadas.

Curva de frecuencia de altitudes

Es el complemento de la curva hipsométrica, puesto que es la representación gráfica de la distribución de áreas ocupadas por las diferentes altitudes. Las áreas parciales, en porcentaje, se plotean en el eje de las abscisas versus las alturas en el eje de las ordenadas.

- **Altitud más frecuente:** Es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.
- **Altitud media:** Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella, el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado debajo de ella.
- **Altitud de frecuencia media:** Es la altitud correspondiente al punto de abscisa $\frac{1}{2}$ de la curva de frecuencia de altitudes. La elevación media de la cuenca se obtiene con la siguiente ecuación:

$$H_m = \frac{1}{A} \sum \Delta A_i * h_i \quad (6)$$

Dónde:

H_m : Altitud media.

A : Área de la cuenca.

ΔA_i : Área parcial entre curvas de nivel consecutivas.

h_i : Promedio de las cotas de las curvas de nivel que limitan las áreas parciales.

Parámetros de la Red Hidrográfica

La red hidrográfica corresponde al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos de la cuenca.

Categorización de la red de drenaje

La metodología de Horton (1932), señala que al iniciar la categorización de una red en las confluencias más alejadas donde concurren dos cauces, sólo uno de ellos es de primera categoría (orden 1), mientras el otro es de segunda categoría (orden 2). El curso de primer orden o categoría queda determinado por el que haga mayor ángulo en el punto de confluencia, respecto del tramo siguiente. Una vez terminada la categorización de toda la red de drenaje, el cauce que ostenta la mayor jerarquía viene a constituir el curso principal del sistema hidrológico y, por ende, la categoría la cuenca. (Ortiz, O. 2014)

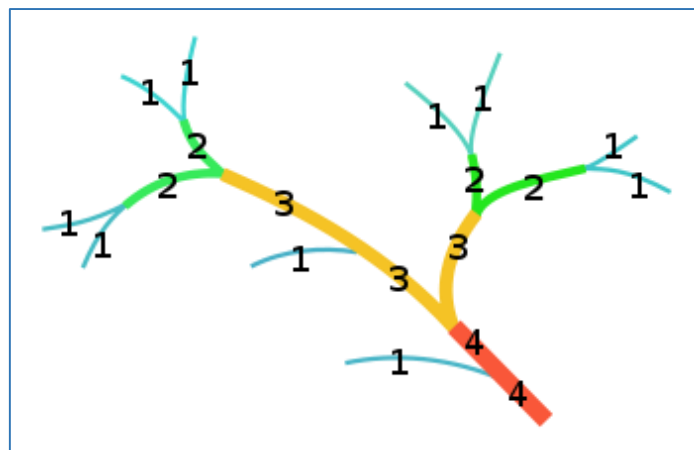


Figura 2. Jerarquización de cauces mediante el método de Horton.

Densidad de corrientes (Dc)

La corriente principal se cuenta como una sola desde su nacimiento hasta su desembocadura; después se tendrán todos los tributarios de orden anterior desde su origen hasta la unión de la corriente principal y así sucesivamente hasta llegar a las corrientes de orden 1.

$$D_c = \frac{N_s}{A} \quad (7)$$

Donde:

H_c : Densidad de corriente, cauces o ríos, (Km²).

A : Área de la cuenca, (Km²).

N_s : Numero de corrientes permanentes e intermitentes (unidades)

Densidad de drenaje (Dd)

Es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma.

Horton (1945), definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca:

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (8)$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje. (Km/Km²)

L : Longitud total de corrientes. (Km)

A : Área de la cuenca. (Km²)

Tiempo de concentración (Tc)

Llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje. Es el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto de efluencia. Se determina mediante:

$$T_c = C * \left(\frac{L * L_c}{\sqrt{S}}\right)^{0.38} \quad (9)$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración, en horas

L : Longitud de máximo recorrido, en Km.

L_c : Longitud al centroide, en Km.

S : Pendiente de máximo recorrido (adimensional).

C : Coeficiente que depende de la pendiente de la cuenca.

Pendiente del Cauce Principal

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos.

- **Método del pendiente uniforme**

Este método es recomendable usar preferentemente en tramos cortos.

$$S = \frac{H}{L} \quad (10)$$

Donde:

S : Pendiente del cauce principal

H : Diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en Km..

L : Longitud del cauce, en Km.

Coeficiente Orográfico (Co)

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón toma valores bastante grades para micro cuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente.

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (11)$$

Donde:

C_o : Coeficiente orográfico.

H : Altitud media.

A : Área proyectada sobre un plano horizontal.

2.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.

Precipitación

El parámetro más importante de los modelos hidrológicos es la precipitación, constituye la masa de agua inicial de entrada al sistema hidrológico.

Temperatura Atmosférica

La temperatura es una consecuencia directa de la insolación y de la radiación, su determinación es fundamental para el cálculo de la evaporación. La temperatura es considerada como el factor determinante y decisivo de las diversas etapas del ciclo hidrológico y principalmente en el estudio de la evaporación. (Aliaga Araujo, 1985)

Temperatura diaria

- Temperatura mínima diaria: Es la más baja del día
- Temperatura máxima diaria: Es la mayor del día
- Temperatura media diaria: Si se utilizan los dos extremos (la máxima y la mínima del día) es la media aritmética. Si existe información continua se calcula la media aritmética de las temperaturas registradas al as 07 horas, 13 horas y 18 horas.
- Oscilación diaria: Es la diferencia de las temperaturas máxima diaria y mínima diaria.

Temperatura mensual

- Temperatura mínima media: Es la media aritmética de las temperaturas mínimas diarias del mes
- Temperatura máxima media: Es la media aritmética de las temperaturas máximas diarias del mes
- Temperatura media mensual: Es la media aritmética de las temperaturas medias diarias del mes.
- Oscilación media mensual: Es la media aritmética de las oscilaciones diarias.
- Temperatura máxima absoluta mensual: Es la más alta observada en el mes.
- Temperatura mínima absoluta mensual: Es la más baja observada en el mes.
- Oscilación absoluta mensual: Es la diferencia de las temperaturas máxima absoluta y mínima absoluta.

Temperatura media anual

- Temperatura media anual: Es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales
- Temperatura máxima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas máximas de todos los meses.
- Temperatura mínima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas mínimas de todos los meses.
- Oscilación anual: Diferencia de temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío.

2.4 TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Según (Ortiz, O. 1995)

Luego de recopilada la información es necesario analizar su consistencia, procesarla y sintetizarla para convertirlo en un Producto Elaborado apto para el diseño. El análisis de la información está relacionado con la confiabilidad (calidad), continuidad (datos faltantes) y longitud de los registros (cantidad de años de registro). Comprende entonces el análisis de consistencia de las muestras hidrológicas, incluyendo la detección y corrección de los posibles errores sistemáticos, completación de datos faltantes y extensión de series cortas a periodos más largos; síntesis de la información en un modelo y simulación del modelo para la generación de variables probables de diseño.

Buena parte de la hidrología está basada en el análisis de series temporales que se registran en Estaciones ubicadas en ciertos puntos de la cuenca y/o cuencas vecinas, por lo que resulta importante tener la capacidad para extrapolar resultados de un punto a otro con la mayor aproximación posible.

El procedimiento seguido para el tratamiento de datos hidrometeorológicos se presenta esquemáticamente en la figura 3 que, dentro del contexto general de un estudio se denomina fase preliminar y consiste básicamente de tres actividades principales: (1) Análisis de consistencia de la información, (2) completación de los datos faltantes y (3) extensión de los registros.

Con la obtención de la información consistente, completa y extendida termina la fase preliminar, pudiendo a partir de este momento determinar los parámetros deseados de

dichos datos desarrollando la fase aplicativa que, para la presente tesis vendría a ser la aplicación del modelo “Precipitación-Descarga” del experto Lutz Scholz. (Aliaga Araujo, 1985) tensión de los registros.

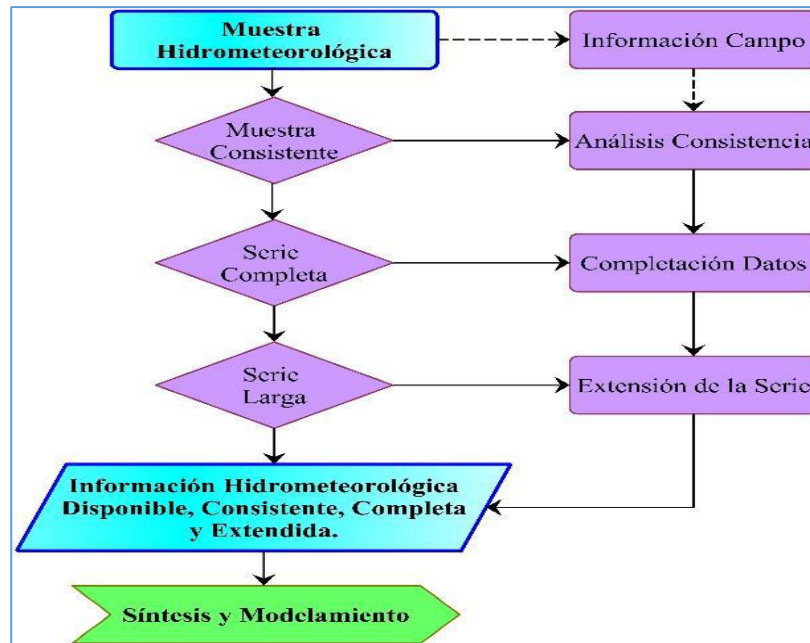


Figura 3. Flujograma para el tratamiento de la información hidrometeorológica.

Análisis de Consistencia

(Ortiz, O. 1995) señala que:

El análisis de consistencia de la información es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no-homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica.

La no-homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas constituye uno de los aspectos más importantes en los estudios hidrológicos contemporáneos, pues un error significativo introducido en el análisis podría afectar o falsear los resultados.

Análisis de Saltos.

Los saltos o “jump” llamados también resbalamientos, son formas determinísticas transitorias que permiten a una serie estadística periódica pasar desde un estado a otro, como respuesta a cambios hechos por el hombre, debido al continuo desarrollo y explotación en la cuenca o cambios violentos en la naturaleza.

Los saltos se presentan en la media, desviación estándar y otros parámetros, pero generalmente el análisis más importante es en los dos primeros.

Así por ejemplo, si un cambio repentino presenta una pérdida o una ganancia en el promedio de flujos de agua, el salto ocurre en la media, si un nuevo reservorio no incrementa la pérdida de evaporación en comparación con el estado anterior del reservorio, pero regula los flujos únicamente, la transición es una transición aguas abajo en la variación o desviación estándar básicamente : por un incremento o decremento en la pérdida por evaporación el salto se produce en la media y en la desviación estándar, constituyendo en la nueva capacidad de almacenamiento para la regulación del flujo de un río usualmente representa una transición en todos los parámetros básicos de una serie en una estación de medida de estas capacidades.

El análisis de los saltos se realiza desde tres puntos de vista:

- Análisis visual de los gráficos originales.
- Análisis doble masa.
- Análisis estadístico.

Análisis visual.

La información original se grafica en coordenada aritméticas, cuyos ejes representan en las ordenadas el valor de la información (precipitación, temperatura, descarga u otros) y, en las abscisas el tiempo (anuales, mensuales, semanales, o diarios).

De la apreciación visual de estos gráficos se deduce si la información es aceptable o dudosa; considerándose como información dudosa y de poco valor para el estudio aquella que muestra en forma evidente valores constantes en periodos en los cuales no es físicamente posible debido a la necesaria característica aleatoria de los datos, y cuando no hay similitud con la información obtenida de campo.

La información de campo se refiere a las condiciones de operación y mantenimiento de las estaciones hidrometeorológicas: cambio de operarios, traslado de las estaciones, regulación de los ríos, estado de explotación de una cuenca, vegetación cercana, construcciones últimas, etc. Información sin la cual no sería posible el análisis respectivo. Para indicar en este primer análisis los periodos con información dudosa y cuales son aparentemente buenos, se procede de la siguiente manera:

- Cuando se tiene estaciones vecinas, se compara los gráficos y se ve cual periodo vario notoriamente, uno respecto al otro.
- Cuando se tiene una sola estación ésta se divide en varios periodos y se compara con la información de campo obtenida. Así, por ejemplo, si se tiene que una estación después de un cierto tiempo es trasladada a otro lugar, es muy probable que la información obtenida, presente un salto entre los datos registrados al inicio y los registrados una vez que se ha trasladado la estación.
- Cuando se tiene datos de precipitación y escorrentía, se comparan los diagramas, los cuales deben ser similares en su comportamiento.
- Se debe mantener en lo posible el período más largo y más reciente como el más confiable quedando a criterio de la decisión técnica, su selección luego de un exhaustivo trabajo de campo; en contra de lo esperado en el país los últimos registros son menos confiables que los antiguos.

Este análisis sirve pues, para tener una primera aproximación de la bondad de la información y separar los periodos dudosos para su posterior análisis de doble masa y estadístico.

Cuando se dispone de los registros de precipitación o descargas de un grupo de estaciones de régimen hidrológico similar las tendencias o saltos constituirán inconsistencias. Cuando estas se presentan en algunos de ellos, si el efecto es observado en casi todas ellas con mayor o menor magnitud entonces estaremos frente a un fenómeno regional.

Análisis De Doble Masa.

El análisis de doble masa se realiza para la determinación de la consistencia de la información, más no para eliminar errores, en vista de que la línea de doble masa no constituye una línea de regresión

Esta técnica consiste en seleccionar la información de una o varias Estaciones de la cuenca, llamadas(s) Estación(es) Índice, cuyos datos se consideran confiables. Esta información sirve de comparación para el resto de Estaciones. El procedimiento es como sigue:

- Plotear, en el eje de las abscisas, el promedio de los datos anuales acumulados de la(s) Estación(es) Índice versus los datos acumulados anuales de cada Estación que se estudia, en el eje de las ordenadas.
- Los análisis gráficos y de doble masa, sirven básicamente para establecer sospechas de posibles errores y para la determinar los rangos de los periodos dudosos y confiables correspondientes a cada Estación en estudio
- Para efecto del análisis de doble masa, los datos faltantes se pueden completar con la media mensual (si el análisis es mensual) o por interpolación mediante regresión simple o múltiple.

Evaluación y cuantificación de saltos

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos se realiza mediante un análisis estadístico; vale decir, un proceso de inferencia para las medias y desviación estándar de ambos periodos (dudoso y confiable).

Consistencia en la Media

La consistencia en la media se verifica mediante la prueba estadística “T” de Student. Se trata de analizar si las medias de los datos correspondientes a los periodos dudoso y confiable son equivalentes o diferentes estadísticamente, para cierto nivel de significación o preestablecido. El procedimiento de la prueba T es el siguiente:

- Consistencia En La Media (Prueba “T” o de Student)

Se basa en el principio de que, si dos grupos de datos n_1 y n_2 pertenecen a una misma población hidrológica, deben ofrecer homogeneidad de sus medias muestrales; es decir, que sus medias muestrales deben ser estadísticamente equivalentes, para cierto nivel de significación.

Mediante la prueba de significación “T” se analiza si los valores promedios son estadísticamente iguales o diferentes de la siguiente manera:

- Cálculo de la media y desviación Standard para cada período, según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i, S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \quad (12.a)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j, S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2} \quad (12.b)$$

Donde:

- x_i : Información del período 1.
- x_j : Información del período 2.
- \bar{x}_1, \bar{x}_2 : Medias de los períodos 1 y 2, respectivamente.
- $S_1(x), S_2(x)$: Desviación Standard de los períodos 1 y 2, respectivamente.
- n_1, n_2 : Tamaño de los períodos 1 y 2, respectivamente.
- n : Tamaño de muestra $n = n_1 + n_2$.

Estadístico T. El procedimiento para realizar esta prueba es la siguiente:

Establecer la hipótesis planteada y la alternativa posible, así como el nivel de significación α .

H_p: $\mu_1 = \mu_2$ (media poblacional).

H_a: $\mu_1 \neq \mu_2$

Asumiendo que las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 son iguales.

\bar{x}_1 : Media muestral ; μ_1 : Media poblacional

$$S_d = S_P \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

$$S_P = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right]^{1/2} \quad (14)$$

En hidrología se usa $\alpha = 0.05$ (5%)

Calcular la desviación Standard de las diferencias de los promedios.

S_d = Desviación Standard de las diferencias de promedios.

S_P = Desviación Standard ponderada.

$$T_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)(\mu_1 - \mu_2)}{S_d} \quad (15)$$

El valor de T_c (T calculado) se calcula con la expresión siguiente:

Dónde: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis)

Se halla luego el valor de T_t (T tabulado) en la tabla con:

$\alpha = 0.05$, y

G.L. = $n_1 + n_2 - 2$

Donde:

G. L. : Grados de libertad.

T_t : T tabulado

T_c : T calculado

- **Aceptación o rechazo de la hipótesis planteada y alterna.**

Si $|T_c| \leq T_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente), la prueba es no significativa.

Si $|T_c| > T_t$ (95%) $\rightarrow x_1 \neq x_2$ (estadísticamente), la prueba es significativa (corregir los datos del periodo dudoso).

- **Consistencia De La Desviación Standard**

El análisis de consistencia en la desviación Standard se realiza con la prueba “F” o de Fisher. Esta prueba basa el análisis en el principio de homogeneidad de variancias y establece que si dos grupos de datos n_1 y n_2 , pertenecen a una misma población hidrológica, sus variancias deben ser estadísticamente equivalentes, para cierto nivel de significación dado. De no ser así, la prueba será significativa o altamente significativa.

El procedimiento es como sigue:

a) Cálculo de las variancias de ambos periodos:

$$S_1^2(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{x}_1)^2 \quad (16)$$

$$S_2^2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \right] \sum_{j=1}^{n_2} (x_2 - \bar{x}_2)^2 \quad (17)$$

b) Estadístico “F”

Se establece la hipótesis planteada y alterna; así como el nivel de significación:

HP: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (variancias poblacionales)

HP: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$\alpha = 0.05$

Cálculo de F_c :

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ Si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad (18.a)$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ Si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \quad (18.b)$$

Hallar el valor tabulado de F_t en las tablas, con:

$\alpha = 0.05$ (5%)

G.L.N = $n_1 - 1$

G.L.D = $n_2 - 1$

F_c = valor de F calculado

F_t = valor de F tabular, de las tablas

α = nivel de significación.

G.L.N = grados de libertad del numerador.

G.L.D = grados de libertad del denominador.

c) Conclusiones:

Si $F_c \leq F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (La prueba no es significativa)

Si $F_c > F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (La prueba es significativa).

- Corrección de los datos

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar resultasen estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con 95 % de probabilidades, aun cuando en el doble masa se observe pequeños quiebres.

Si resulta la media y desviación Standard estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del periodo más confiable.

Si el periodo n_1 es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} S_2(x) + \bar{x}_2 \quad (19.a)$$

Si el periodo n_2 es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} S_1(x) + \bar{x}_1 \quad (19.b)$$

Donde:

$x'(t)$: Valor corregido de la información

x_t : Valor a ser corregido

$\bar{x}_1, \bar{x}_2; S_1(x)$ y $S_2(x)$: Valores definidos anteriormente.

- **Bondad de la información corregida.**

Para comprobar si la información corregida está dentro de los límites de aceptación con el 95% de probabilidades, se analiza estadísticamente tanto la media y la desviación Standard y, comparándolo con el periodo confiable, repitiendo el procedimiento ya descrito, vale decir desarrollando las pruebas T y F, respectivamente, cuyos resultados deben ser confiables.

Cabe mencionar que la información corregida no será una información ideal o naturalizada, puesto que mantendrá un nivel de incertidumbre en relación a los valores individuales es decir la magnitud de años secos o húmedos; pero para propósito de cálculo ó prognosis quedará libre de inconsistencia. Podemos decir entonces que la información perdida no podrá recuperarse jamás, de allí la enorme importancia de mantener una red bien manejada y controlada.

Normalmente se asume que el periodo reciente es el más confiable, en los países desarrollados de Europa ó América. En nuestro país (Perú) sin embargo ocurre a la inversa, puesto que la situación económica de los últimos años y la informalidad existente hacen afirmar que los periodos recientes en general son los menos confiables.

Es importante también tener presente que frecuentemente los periodos de análisis de media y varianza son coincidentes esto es n_1 y n_2 .

La serie que debería considerarse será la de valores anuales, por cuanto el criterio de aplicación de $\mu_1 - \mu_2$ y σ_1^2/σ_2^2 , corresponden a series independiente semanales o mensuales aunque se incremente con ello la longitud del registro “n”.

Tendencias

Antes de realizar el análisis de tendencias, se realiza el análisis de saltos y con la serie libre de saltos, se procede analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

Definición. Las tendencias son componentes determinísticos que se definen como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información hidrometeorológica en cualquier parámetro de la misma, que afectan las distribuciones y dependencias de las series. Por ejemplo, si hay un cambio ascendente o descendente en la temperatura, precipitación, evaporación o escorrentía, entonces se produce una tendencia, se requiere que el intervalo de tiempo sea significativo esto es a largo plazo.

Propiedades

- La tendencia no se espera se repitan por si mismas de la misma forma o con las mismas propiedades.
- Se pueden separar de las otras componentes (periódica, aleatoria) de la serie, lo que hace posible removerlas y/o incorporarlas.
- Pueden existir en cualquier parámetro de una serie, media, variancia, y en parámetro de alto orden, pero por lo general las tendencias se presentan únicamente en la media si la información es anual y en la media y la desviación estándar si la información es mensual.
- Las tendencias pueden ser lineales y no lineales, por lo que cualquier función continúa de tendencias no lineales pueden ser representadas en series de potencias o expresión logarítmica.

- **Análisis de tendencias.**

Las tendencias por lo general aproximadas por la ecuación de regresión lineal en algunos casos por polinomios que representan tendencias curvilínea o exponencial. En los dos primeros parámetros de una serie:

En la media.

En la desviación estándar.

A) Tendencia en la media.

La tendencia en la media T_m , puede ser expresada en forma general por el polinomio:

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (20)$$

En muchos casos para estimar estas tendencias, es suficiente la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m t \quad (21)$$

Donde:

T_m : Tendencia en la media, para este caso: $T_m = X(t)$
valor corregido de saltos es decir, datos a usarse
para el cálculo de los parámetros.

t : Tiempo en años, tomado como la variable
independiente de la tendencia: 1,2,3...n.

A_m, B_m, C_m, D_m : Son los coeficientes de los polinomios de regresión
que deben ser estimados con los datos.

Las constantes de regresión de estas ecuaciones pueden ser estimadas por el método de mínimos cuadrados o por el método de regresión lineal múltiple en el caso de polinomio.

Para calcular y analizar una tendencia lineal (en este caso), se procede de la siguiente manera:

- Con la información que se tiene se calcula los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple, dados en la ecuación (21), por:

$$A_m = \bar{T}_m - B_m \bar{t} \quad (22)$$

$$B_m = R \frac{S_{Tm}}{S_t} \quad (23)$$

$$R = \frac{\overline{t \cdot Tm} - \bar{t} \bar{Tm}}{S_t \cdot S_{Tm}} \quad (24)$$

Dónde:

$$\bar{Tm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Tm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{(t)} \quad (25.a)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (25.b)$$

$$\overline{t \cdot Tm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i Tm_i \quad (25.c)$$

$$S_{Tm} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Tm_i - \bar{Tm})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25.d)$$

$$S_t = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25.e)$$

Donde:

\bar{t} : Promedio del tiempo t.

\bar{Tm} : Promedio de las tendencias Tm, o promedio de datos corregidos de saltos X'(t)

STm : Desviación estándar de la tendencia Tm.

St : Desviación estándar del tiempo t.

R : Coeficiente de correlación lineal entre la variable y el tiempo.

- Evaluación de la tendencia Tm

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de regresión “b” o también el coeficiente de correlación “R”. En este caso se analiza R según el estadístico “T”.

1. Cálculo de estadístico T_c , según:

$$T_c = \frac{R\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-R^2)}} \quad (26)$$

Donde:

TC : valor del estadístico T calculado.

n : número total de datos.

R : coeficiente de correlación.

En las tablas se encuentran el valor “T” tabular al 95% de probabilidades, vale decir:

$$\alpha = 0.05$$

$$G.L = n - 2$$

- **Conclusiones:**

Si $[tC] < T_t (95\%) = R$ no es significativo

$[tC] > T_t (95\%) = R$ es significativo y por lo tanto la tendencia es significativa y hay necesidad de corregir la información de tendencia en la media.

a) Eliminación de la tendencia en la media

Si resulta el coeficiente de correlación R no significativo, entonces la información no presenta una tendencia significativa con el 95% de probabilidades; pero si R resulta significativo, entonces la tendencia si es significativa, la misma que se elimina de la siguiente manera:

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m \quad (27)$$

ó

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_{mt}) \quad (28)$$

Donde:

$X'(t)$: Serie corregida de saltos.

T_m : Tendencias en la media, obtenida de la ecuación (25)

Y_t : Serie sin tendencia en la media, que presenta las siguientes características.

Para que el proceso X_t preserve la media constante, se devuelve el promedio de las X'_t , luego las ecuaciones (27) y (28) toman la forma:

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m + \bar{T}_m \quad (29)$$

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_m \cdot t) + \bar{T}_m \quad (30)$$

\bar{T}_m : Es el promedio de la tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de saltos.

b) Tendencia en la dispersión.

Según Salas “la tendencia en la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales”. Por lo que, cuando se trabajan con datos anuales no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar.

La tendencia en la dispersión T_s , se expresa por la ecuación de regresión polinomial tal como:

$$T_s = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \quad (31)$$

y en forma particular, por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_s = A_s + B_s t \quad (32)$$

Donde:

T_s : Tendencia en la desviación estándar.

T_s : Y_t , valor corregido de tendencia en la media, es decir, datos a usarse para el cálculo de los parámetros.

t : Tiempo en años: 1,2,3,...n

A_s, B_s, C_s, D_s : Coeficientes de los polinomios de regresión que deben ser estimados con los datos.

Para calcular y probar si la tendencia en este parámetro es significativa, se procede de la forma siguiente:

a) La información ya sin tendencia en la media (Y_t) se divide en periodos de datos anuales.

b) Se calculan las desviaciones estándar para cada período de toda la información.

$$S_P = \left\{ \frac{1}{11} \sum_{p=1}^{12} (Y_P - \bar{Y}_P)^2 \right\}^{1/2} \quad (33)$$

Donde:

SP : Desviación estándar del año p, es decir de los datos mensuales del año p.

YP : Serie sin tendencia en la media

\bar{Y}_P : Promedio de datos mensuales del año p.

p : 1, 2, 3, ..., 12

c) Se calculan los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple (32) a partir de las desviaciones estándar anuales y el tiempo t (en años), utilizando las ecuaciones de la (22) a la (25), dadas para la tendencia en la media.

d) Se analiza la significación del coeficiente de correlación R, de T_s , según la prueba "T", con los mismos criterios que en el caso anterior descrito para T_m .

e) Eliminación de la tendencia en la desviación.

Si R resulta significativo en la prueba, entonces la tendencia en la desviación es significativa, por lo que se debe eliminar de la serie de la siguiente manera:

$$Z_t = \frac{X'_{(t)} - T_m}{T_s} \quad (34)$$

Donde:

Zt : Serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar con las características: $E(Z_t) = 0$ y $VAR(Z_t) = 1$

Las demás variables han sido definidas en los párrafos anteriores.

Para que el proceso preserve la media y la desviación estándar constante, la ecuación toma la forma:

$$Z_t = \frac{X'_{(t)} - Tm}{T_s} \cdot \overline{T_s} + \overline{Tm} \quad (35)$$

Donde :

$\overline{T_s}$ y \overline{Tm} : Son los promedios de la tendencia en la desviación estándar y media, respectivamente.

La serie Z_t es una serie homogénea y consistente al 90% de probabilidad.

2.5 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN

Los procedimientos para efectuar la completación y extensión de datos hidrometeorológicos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas y matemáticas. En todos los casos, debe analizarse la confiabilidad de la técnica utilizada.

La completación se refiere a la determinación de los datos faltantes en la serie incompleta, mientras que la extensión es el “alargue” de registros cortos (menor de 30 años de información). Para la completación se usa preferentemente la regresión lineal simple que puede ser correlación cruzada o autocorrelación. La correlación cruzada es un cruce de información. Se emplea cuando existe información de estaciones vecinas o se cuenta con información de algunas cuencas de carácter similar a la analizada. La autocorrelación, llamada también correlación seriada o serial, consiste en correlacionar datos correspondientes al registro de una misma muestra hidrológica, considerando un desfase en el tiempo o desfasaje.

En forma general, el modelo matemático más usado para transferir información hidrológica es el modelo de regresión lineal simple.

$$y_t = a + bx_t \quad (36)$$

Donde:

y_t : Variable hidrológica dependiente.

x_t : Variable hidrológica independiente.

a y b : Parámetros de la ecuación.

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (37)$$

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (38)$$

N_1 = Tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto.

$$\bar{Y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1} \quad \bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (39.a)$$

$$S_{t(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} (\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2)} \quad (39.b)$$

$$S_{t(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} (\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2)} \quad (39.c)$$

Donde:

\bar{y}_1 y \bar{x}_1 : Son los estimados de las medias de los periodos comunes, de tamaño N_1 de las variables y_t , x_t .

$S_{t(y)}$, $S_{t(x)}$: Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N_1 .

r : Coeficiente de correlación.

La ecuación de completación o extensión resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) \quad (40)$$

Donde:

x_t : Serie de registro “largo” de tamaño $N = N_1 + N_2$

N_1 : Tamaño del registro común.

N_2 : Tamaño del registro no común.

Criterios de confiabilidad.

a) Cálculo del estadístico T_c , según:

$$T_C = \frac{r\sqrt{(N_1-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}} \quad (41)$$

Donde:

T_c : Valor del estadístico T calculado.

N_1 : Tamaño del registro común de las series.

r : Coeficiente de correlación.

b) Cálculo de T_t

El valor de T_t se obtiene de tablas para $\alpha = 0.05$ y G.L. = $N_1 - 2$

c) Criterios de decisión

Si $|T_c| \leq T_t \rightarrow r$ no es significativo, por lo tanto no hay correlación significativa.

Si $|T_c| > T_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre las variables y_t y x_t , y se puede usar la expresión (41).

Si r resulta no significativo se puede aplicar el proceso de auto correlación o probar con otra serie.

Extensión de Series Cortas

Según (Ortiz, V. 1995).

Extender un registro histórico significa aumentar los datos un período considerable antes del primer dato o después del último. Muchas veces también se tiene que extender un periodo intermedio. La extensión es muy importante por cuanto hace variar los estimados de los parámetros, esto es: si el procedimiento es adecuado entonces se mejora los estimados, pero si el procedimiento no es el adecuado entonces se puede empeorar los estimados.

Si los estimados de los datos se realizan a partir de registros cortos el error es considerable; dicho error puede reducirse apreciablemente transferida información desde

estaciones cercanas con registros más largos; sin embargo, las extensiones de secuencias muy cortas no siempre dan resultados satisfactorios.

En general, el objetivo de la extensión de series cortas a partir de registros más largos se hace mediante técnicas de análisis de correlación y regresión, de manera muy similar al proceso de completación de series ya estudiado.

2.6 CICLO HIDROLÓGICO COMO SISTEMA.

El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. (Musy, 2001)

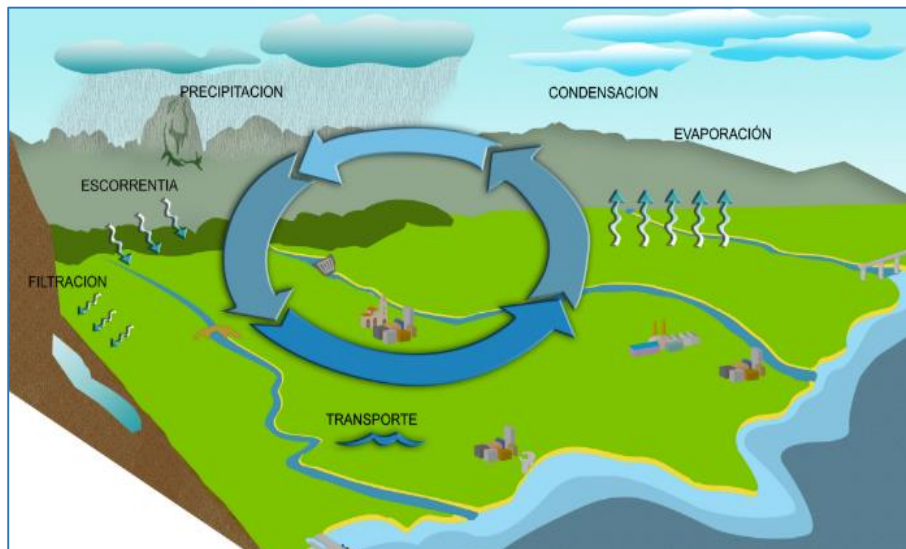


Figura 4. Representación del ciclo hidrológico.

Balance hídrico de una cuenca

Para ilustrar la aplicación del balance hídrico en una cuenca hidrográfica se considera el sistema muy simple y muy restringido de la figura 5, éste sistema está constituido de una superficie plana e inclinada, completamente impermeable confinado en sus cuatro lados con una salida en el punto A; si una entrada de lluvia es aplicada al sistema, una salida designado como flujo superficial se desarrollará en A. (Mejía Marcacuzco, 2006).

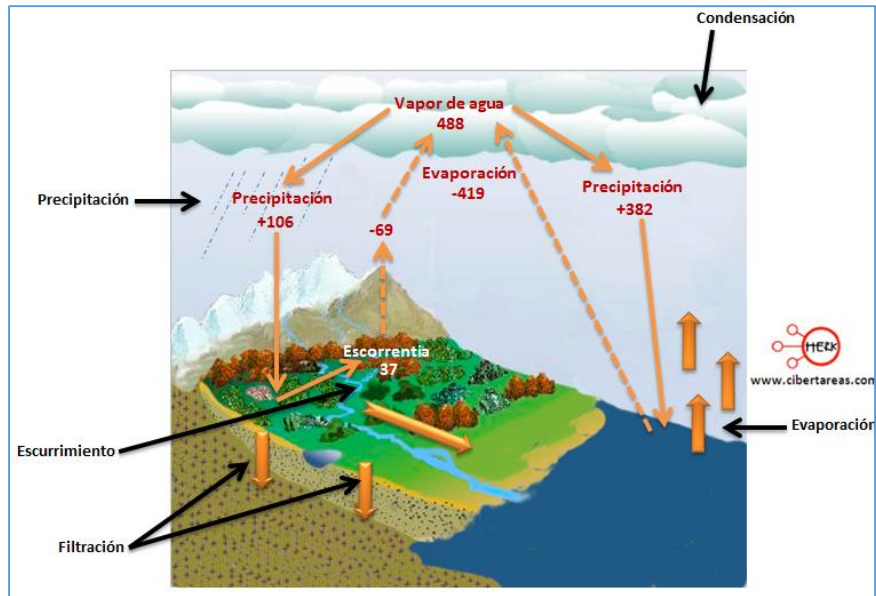


Figura 5. Modelo de balance hídrico simple.

Sistema hidrológico

Un sistema viene a ser un conjunto de partes que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía y, las otras fases del ciclo; estos componentes pueden reagruparse en subsistemas separadamente y combinar los resultados de acuerdo con las interacciones entre ellos. (Guevara Pérez, 1991).

Por analogía puede definirse a un sistema hidrológico como una estructura o volumen en el espacio, rodeado por un límite, al cual entran variables como agua y otras operan internamente sobre ellas produciendo variables de salida, que puede ser de la misma naturaleza que las de entrada, pero de diferente magnitud. En la figura 6 se representa este concepto en forma esquemática.

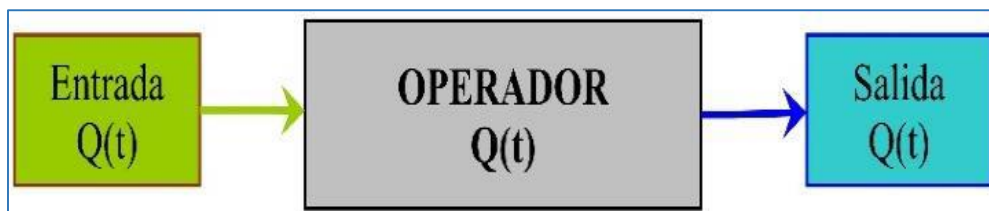


Figura 6. Esquema del sistema hidrológico.

2.7 MODELOS HIDROLÓGICOS

Según (Scholz, L. 1980)

La base del estudio de la Hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales, y esta comprensión implica “medir”. Si bien los métodos y técnicas de medición de caudales y precipitaciones han evolucionado en el tiempo, también es cierto que otras componentes del ciclo hidrológico no han corrido la misma suerte pues se presentan bajo el suelo. La infiltración, la percolación profunda, el flujo subsuperficial, el flujo subterráneo, entre otros, son procesos que se miden usualmente de manera indirecta y/o remota, lo que conlleva a una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del ciclo hidrológico.

Bajo este marco, los modelos hidrológicos se presentan como una necesidad y una herramienta para conocer mejor el funcionamiento y el comportamiento de las diferentes componentes del ciclo hidrológico. Como consecuencia de ello, los modelos hidrológicos se usan:

- Como herramienta para la gestión y planeamiento.
- Para una mayor comprensión del rol de los componentes del ciclo hidrológico en una determinada cuenca.
- Para extrapolar potenciales condiciones futuras a partir de condiciones actuales.
- Como base para la modelación de otros procesos, como la calidad de agua, erosión, etc.

Existen diferentes tipos de Modelos Hidrológicos. Pueden ser Determinísticos o Estocásticos, de Simulación o de Optimización.

Son ejemplos de modelos determinísticos la ecuación del balance hidrológico, la fórmula racional y el hidrograma unitario. Un modelo de este tipo corresponde a un algoritmo de cálculo que da un resultado único.

En los modelos estocásticos el algoritmo de cálculo incluye una o varias componentes probabilísticas. Con los modelos estocásticos se generan series futuras de lluvias, de caudales, de niveles de embalses, o de eventos extremos.

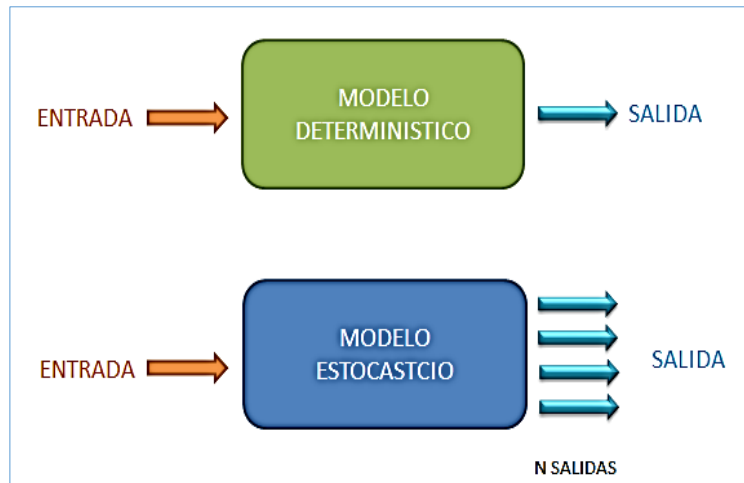


Figura 7. Diferencia entre modelo determinístico y modelo estocástico.

Modelos Determinísticos

Según: (Chavarri, 2008)

Un modelo matemático del tipo determinístico es aquel que tiende a establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica o por medio de un operador desarrollado a partir de criterios e hipótesis experimentales.

En un modelo determinístico no se considera la probabilidad de ocurrencia de valores y de variables implicadas en el proceso, pero si se considera que tal proceso esté representado (implícita o explícitamente) por una hipótesis, según la cual, el conocimiento de las leyes de la evolución de los fenómenos físicos y de su estado actual, permiten prevenir rigurosamente sus estados futuros en la física clásica.

Un modelo determinístico se utiliza en el caso que se disponga de poca información, caso frecuente de las obras de ingeniería hidráulica, en los cuales uno tiende a reconstruir indirectamente la evolución de los escurrimientos y flujos superficiales a partir del conocimiento de los eventos de lluvia diaria, de la cual se dispone generalmente de series temporales de datos.

Los principales elementos que están incluidos en los modelos determinísticos, son los siguientes:

- a) Tienen parámetros de entrada que representan las principales características físicas de la cuenca
- b) Tienen como variable de entrada la precipitación u otra variable meteorológica.
- c) Cálculo del flujo de agua, superficial y sub superficial.
- d) Cálculo del almacenamiento de agua, superficial y sub superficial.
- e) Cálculo de las pérdidas de agua del sistema o cuenca.
- f) Variables de salidas de la cuenca

Los ítems c, d y e son el corazón de los modelos determinísticos de las cuencas.

Un modelo determinístico consiste en una serie de sub modelos, los cuales cada uno representa un proceso hidrológico particular (infiltración, flujo superficial, etc.) y usualmente es estructurado de acuerdo a ello.

Cada sub modelo representa básicamente el flujo de agua y usualmente incluye un tipo de almacenamiento.

La salida del sub modelo es una salida de flujo al siguiente sub modelo o una pérdida de agua que si se dirige a la atmósfera es en realidad salida del sistema.

Los almacenamientos de agua son esencialmente parte del modelo desde que juegan un rol importante en la regulación del flujo en el tiempo, por ejemplo, en el tránsito dinámico de flujo en canales.

La construcción de un modelo es el proceso de escoger los sub modelos, unirlos entre ellos para formar un modelo de cuenca y obtener los resultados de salida del modelo.

Modelos Estadísticos o Estocásticos

Según: (Silva, 2007)

Los eventos hidrológicos, tales como precipitaciones, caudales, niveles de embalse, etc. son eventos estocásticos. Se caracterizan porque, de un lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio

corresponde a lo que se denomina la tendencia general o componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento.

Los proyectos que se diseñan hoy serán construidos y operarán en los próximos años. Por esta razón, cuando los estudios hidrológicos definen unos caudales de diseño para abastecer un acueducto, o para proteger una zona contra las inundaciones debe tenerse en cuenta que tanto la ocurrencia como las magnitudes de esos caudales son pronósticos hacia el futuro de eventos probables que están sujetos a un grado de incertidumbre.

$$\text{Caudal real} = \text{Caudal calculado} \pm \text{Incertidumbre}$$

La proyección hacia el futuro se basa en la combinación de la estadística y la teoría de la probabilidad. Con la estadística se realiza el análisis de frecuencias de los eventos históricos y se definen los parámetros que determinan el patrón general de comportamiento. Con estos parámetros y con la aplicación de la teoría de la probabilidad se hace el pronóstico de lo que puede esperarse en el futuro, dentro de cierto nivel de riesgo.

Generación estocástica de series hidrológicas.

Según: (Silva, 2007)

Los sistemas que proveen de agua los acueductos, los distritos de riego o las centrales hidroeléctricas utilizan generalmente los ríos como fuente de suministro. Estos sistemas constan de una captación, una conducción, un tanque de almacenamiento y una red de distribución, y se dimensionan con base en la capacidad de la fuente y en la demanda que requieren los futuros usuarios.

Mientras que los sistemas anotados operarán en el futuro, los datos hidrológicos que se tienen disponibles para realizar el diseño de las obras corresponden al pasado, es decir son historia.

Es necesario, entonces, hacer un pronóstico hacia el futuro sobre el comportamiento de la fuente durante la vida útil del proyecto de suministro de agua. Para lograr este propósito se pueden utilizar métodos que pertenecen a la hidrología estocástica, los cuales tienen su base en los conceptos de la teoría de probabilidades y de la ingeniería de sistemas.

Uno de estos métodos consiste en determinar la serie histórica de caudales de la fuente, y con base en ella generar n series estocásticas de caudales virtuales, cada una de longitud igual a la vida útil del proyecto. Las n series generadas tienen igual probabilidad de presentarse en el futuro, y una de ellas, no se sabe cuál, será probablemente parecida a la serie real futura. Las series estocásticas permiten, entonces, contar con un panorama de posibilidades de lo que puede ocurrir con la fuente en el futuro. Este panorama será más amplio entre mayor sea el número n.

Como se mencionó anteriormente, para generar las series estocásticas es necesario realizar primero un análisis estadístico de frecuencias de la serie histórica. Si no existe serie histórica o si ésta es deficiente la generación estocástica no es aplicable.

2.8 MODELO DETERMINÍSTICO ESTOCÁSTICO DE LUTZ SCHOLZ

Según (Scholz, L. 1980)

Generalidades

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escurrimiento promedio.

Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.

Generación de caudales para un periodo extendido en el punto de captación proyectada por un cálculo combinado (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso Markoviano) y calibrando el modelo integral por aforos ejecutados.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

Ecuación Del Balance Hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (42)$$

Donde:

CM_i	: Caudal mensual.	(mm/mes)
P_i	: Precipitación mensual sobre la cuenca.	(mm/mes)
D_i	: Déficit de escurrimiento.	(mm/mes)
G_i	: Gasto de la retención de la cuenca.	(mm/mes)
A_i	: Abastecimiento de la retención.	(mm/mes)

Para la aplicación de la ecuación anterior, se parte de las siguientes consideraciones:

- Durante el año hidrológico la retención se mantiene constante pues el agua almacenada en el periodo húmedo es soltada en el periodo de estiaje, por lo tanto, el gasto y el abastecimiento son iguales ($G_i = A_i$).

- Una parte de la precipitación se pierde por evaporación por lo que la expresión (P-D) puede sustituirse por $C \cdot P$, donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total.

2.9 PRECIPITACION SOBRE LA CUENCA

Según (Villón, B. 2002)

Método Isoyetas

Es el método más preciso, pues permite la consideración de los efectos orográficos en el cálculo de la lluvia media sobre la cuenca en estudio. Se basa en el trazado de curvas de igual precipitación de la misma forma que se hace para estimar las curvas de nivel de un levantamiento topográfico.

Sobre la base de los valores puntuales de precipitación en cada estación, dentro de la cuenca, se construyen, por interpolación, líneas de igual precipitación.

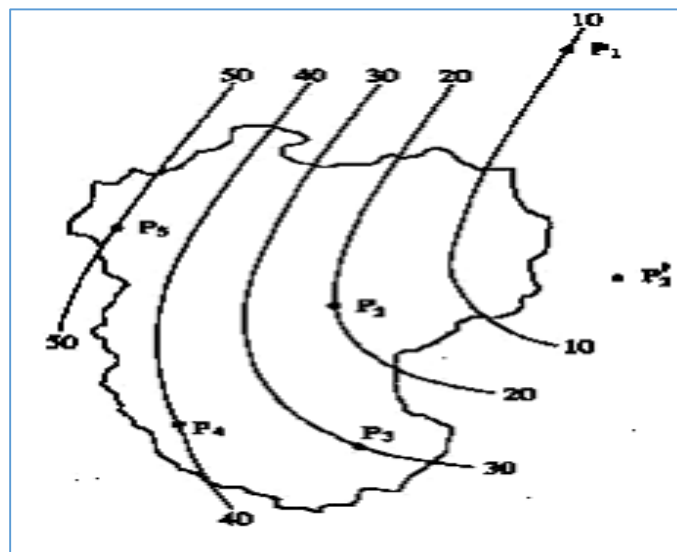


Figura 8. Diferencia entre modelo determinístico y modelo estocástico.

Las líneas así construidas son conocidas como isoyetas. Un mapa de isoyetas de una cuenca es un documento básico dentro de cualquier estudio hidrológico, ya que no solamente permite la cuantificación del valor medio, sino que también presenta de manera gráfica la distribución de la precipitación sobre la zona para el período considerado. Una vez construidas las isoyetas será necesario determinar el área entre ellas para poder determinar la precipitación media mediante la expresión:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0+P_1}{2} * A_1 + \dots + \frac{P_{n-1}+P_n}{2} * A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (43)$$

Donde:

P_{med} : Precipitación media

AT : Área total de la cuenca

P_0 : Altura de precipitación de las isoyetas i .

A_i : Área parcial comprendida entre isoyetas P_0 y P_1

n : número de áreas parciales.

Coefficiente De Escorrentía

Un método para el cálculo del coeficiente “C” ha sido presentado por L. Turc. La fórmula es desarrollada sobre la base de observaciones hechas en 254 cuencas situadas en todos los climas alrededor del globo, tiene la expresión:

$$C = \frac{P-D}{P} - \frac{D}{P} \quad (44)$$

Donde:

C : Coeficiente de escurrimiento.

P : Precipitación total anual. (mm/mes)

D : Déficit de escurrimiento. (mm/mes)

$$D = P \frac{1}{0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)^{0.5}} \quad (45)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3 \quad (46)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln(H) \quad (47)$$

Donde:

L : Coeficiente de temperatura.

T : Temperatura media anual en °C.

H : Altitud media de la cuenca.

Precipitación Efectiva

Para el cálculo de la precipitación efectiva (PE), se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calcula para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía.

$$PE_i = C * PT_c \quad (48)$$

Donde:

PE_i : Precipitación efectiva del mes “i”. (mm/año)

PT_c : Precipitación total generada. (mm/año)

C : Coeficiente de escorrentía.

Retención De La Cuenca

Bajo la suposición de que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i \quad (49.1)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (49.2)$$

Donde:

CM_i : Caudal mensual. (mm/mes)

PE_i : Precipitación Efectiva Mensual. (mm/mes)

R_i : Retención de la cuenca. (mm/mes)

G_i : Gasto de la retención. (mm/mes)

A_i : Abastecimiento de la retención. (mm/mes)

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio en las dimensiones de (mm/año).

Esta ecuación se realiza básicamente para la calibración de la retención de la cuenca. En cuencas de la sierra, la retención varía de 48 a 188 (mm/año), resultados que se indican

en el volumen del modelo, asimismo muestran una uniformidad del cambio de los valores G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región.

$$R = \frac{C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN}{AR} \quad (50)$$

Donde:

R	: Retención de la cuenca.	(mm/año)
Ca	: Coeficiente.	(15% - 30%)
AR	: Área de la cuenca.	(Km ²)
LA	: Almacenamiento de acuíferos.	(mm/año)
AL	: Área de lagunas.	(Km ²)
LL	: Almacenamiento de lagunas y pantanos.	(mm/año)
AN	: Área de nevados.	(Km ²)
LN	: Almacenamiento de nevados.	(mm/año)

Almacenamiento Hídrico

Lutz Scholz propone tres fuentes principales para el almacenamiento hídrico que inciden en la retención de la cuenca: acuíferos, lagunas, pantanos y nevados; para los cuales se propone diferentes aportes específicos en función del área de la cuenca.

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenes está dado por:

- **Acuíferos:**

$$L_A = -750 * I + 350 \quad (51)$$

Donde:

LA	: Almacenamiento de acuíferos.	(mm/año)
LA	: (200 – 300 mm/año)	
I	: Pendiente principal	(I ≤ 15%)

- **Lagunas y Pantanos**

$$L_L = 500 \text{ (mm/año)} \quad (52)$$

Donde:

LL : Lámina específica de lagunas y pantanos. (mm/año)

- **Nevados**

$$L_N = 500 \text{ (mm/año)} \quad (53)$$

Donde:

L_N : Lámina específica de nevados. (mm/año)

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

Coefficiente De Agotamiento (α)

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo, cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para cuatro clases de cuencas:

- **Cuencas con agotamiento muy rápido.** Debido a temperaturas elevadas (>10°C) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.034 \quad (54)$$

- **Cuencas con agotamiento rápido.** Retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna):

$$\alpha = -0.00252(LnAR) + 0.030 \quad (55)$$

- **Cuencas con agotamiento mediano.** Retención mediana (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.026 \quad (56)$$

- **Cuencas con agotamiento reducido.** Debido a la alta retención (> 100 mm/año) y vegetación mezclada:

$$a = -0.00252 * LN(AR) + 0.023 \quad (57)$$

Donde:

α : Coeficiente de agotamiento por día.

AR : Área de la cuenca. (km²)

R : Retención total de la cuenca. (mm/año)

Relación de caudales del flujo base (bo)

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t)} \quad (58)$$

$$b_o = e^{-\alpha(t)} \quad (59)$$

Donde:

Qt : Descarga en el tiempo t

Qo : Descarga inicial.

bo : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.
(Qt/Qo)

α : Coeficiente de agotamiento.

t : Tiempo (número del día del mes)

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación.

Gasto de la retención “Gi”

Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de la retención se le denomina: coeficientes de agotamiento “bi”. El Gasto de la Retención es el aporte a la escorrentía de las aguas subterráneas en los meses de estiaje y se calcula mediante la ecuación:

$$G_i = \frac{b_o}{b_m} * R \quad (60)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

bo : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

bm : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje (Σ boi).

boi : Relación entre el caudal del mes “i” y el caudal inicial (Qi/Q0).

El cálculo se hace para los meses de estiaje, en este caso los meses de mayo a septiembre.

Abastecimiento De La Retención “Ai”

Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: coeficientes de abastecimiento “Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: coeficientes de abastecimiento “ai”.

Comparando cuencas vecinas respecto a la lámina de agua que entra en la retención de la cuenca, se puede demostrar que el abastecimiento durante la estación lluviosa es casi uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En las regiones situadas más al norte se muestra la influencia del clima ecuatorial de transición, allí el abastecimiento empieza en el mes de octubre con 10% hasta 20%.

La contribución de los meses de noviembre y diciembre es solamente pequeña y la restitución de los almacenes hídricos tiene lugar en enero hasta marzo. Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual se muestran en la tabla 4.

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

Región	Meses del año (ai)%						Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: (Scholz,L. 1980)

La lámina de agua A_i que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación Efectiva PE_i . Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (61)$$

Donde:

A_i : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva.

a_i : Coeficiente de abastecimiento (%)

R : Retención de la cuenca (mm/año)

Caudal Mensual Para El Año Promedio

La lámina de agua que corresponde al caudal mensual para el año promedio se calcula según la ecuación básica siguiente del balance hídrico a partir de los componentes descritos anteriormente.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (62)$$

Donde:

CM_i : Caudal del mes i. (mm/mes)

PE_i : Precipitación efectiva del mes i. (mm/mes)

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

A_i : abastecimiento del mes i. (mm/mes)

Generación de caudales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un Proceso Markoviano de primer orden, según la ecuación (27) con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación (28):

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (63)$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t) \quad (64)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z * S * \sqrt{(1 - r^2)} \quad (65)$$

Finalmente, la ecuación integral para la generación de caudales mensuales combinando los componentes citados, se escribe a continuación:

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z * S * \sqrt{1 - r^2} \quad (66)$$

Donde:

Q_t : Caudal del mes t.

Q_{t-1} : Caudal del mes anterior.

PE_t : Precipitación efectiva del mes.

B_1 : Factor constante o caudal básico.

$B_{2,3}$: Parámetros del modelo para el año promedio.

S : Desviación estándar de los residuos.

r : Coeficiente de correlación múltiple.

z : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año "t".

Regresión Múltiple

Se calculan los parámetros $B_{1,2,3}$, S , r sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante el cálculo de regresión con "Qt" como valor dependiente y "Qt-1, PEt" como valores independientes.

Ejemplo: sea "Qt" los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes "t" del año promedio, y "PEt" la precipitación efectiva calculada para el mes "t" del año promedio, entonces las series para la regresión múltiple se elabora como se muestra en la tabla 5 adjunta:

Tabla 5. Ejemplo de series para la regresión múltiple.

Mes	Q_t	Q_{t-1}	PE_t
Enero	Q_1	Q_{12}	PE_1
Febrero	Q_2	Q_1	PE_2
Marzo	Q_3	Q_2	PE_3
Abril	Q_4	Q_3	PE_4
Mayo	Q_5	Q_4	PE_5
Junio	Q_6	Q_5	PE_6
Julio	Q_7	Q_6	PE_7
Agosto	Q_8	Q_7	PE_8
Setiembre	Q_9	Q_8	PE_9
Octubre	Q_{10}	Q_9	PE_{10}
Noviembre	Q_{11}	Q_{10}	PE_{11}
Diciembre	Q_{12}	Q_{11}	PE_{12}

Fuente (Scholz, L. 1980)

Las ecuaciones que se usaron para calcular los estadísticos B_1 , B_2 , B_3 son las siguientes.

$$\sum Q_t = 12 B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (67)$$

$$\sum (Q_{t-1} Q_t) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} PE_t) \quad (68)$$

$$\sum (PE_t Q_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (69)$$

Luego, el caudal estimado se define como: " \hat{Q}_t " y obtenidos los parámetros $B_{1,2,3}$, se obtiene:

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 PE_t \quad (70)$$

Luego hacemos cálculo del error:

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (71)$$

Los 12 valores de \hat{Q}_t se obtienen con los pares de valores de la tabla 5 y también se calculan los 12 valores del error "e".

Donde:

Q_t : Caudales muestrales (experimentales) del mes "t".

Q_{t-1} : Caudales muestrales (experimentales) del mes anterior.

\hat{Q}_t : Caudales estimados del mes "t".

e : Error entre los valores muestrales y estimados.

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n-3}} \quad (72)$$

Luego, el coeficiente de regresión múltiple “r” se calcula

$$r = \left[1 - \frac{S^2}{S_{Qt}^2}\right]^{1/2} \quad (73)$$

$$S_{Qt}^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum Q_t^2 - n(\widehat{Q}_t)^2\right] \quad (74)$$

Donde-

n : Numero de grupos de la muestra.

p : Número de parámetros a estimar.

2.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS

Según (Chávarri, V. 2004).

El análisis estadístico permite representar mediante números y gráficos el comportamiento en el tiempo de una serie o conjunto de datos que resultan de un determinado evento aleatorio. En nuestro caso, el evento aleatorio son los caudales o descargas que lleva un determinado curso de agua y que han sido registrados en un período de tiempo.

Este análisis estadístico consiste en hallar la función que mejor represente el comportamiento de la variable aleatoria “x”, para luego asignar a cada valor “X” una probabilidad o periodo de ocurrencia.

Prueba de bondad de ajuste

Según (Villón, B. 2002)

Esta prueba consiste en comparar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales. Las pruebas estadísticas, tienen por objeto, medir la certidumbre que se obtiene al hacer

una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades

Prueba Smirnov - Kolmogorov

La prueba de Smirnov Kolmogorov, consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta del modelo, es decir:

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad (75)$$

Donde:

Δ : Estadístico de Smirnov – Kolmogorov.

$F(x)$: Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$: Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada

Esta prueba se utiliza para contrastar la hipótesis acerca de la distribución de la población, de la cual se extrae una variable aleatoria. Las hipótesis a contrastar son:

H_0 : Los datos analizados siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos analizados no siguen una distribución normal.

Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

$$P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_1 \quad (76)$$

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_0 \quad (77)$$

El estadístico “ Δ ” tiene su función de distribución de probabilidades y “ Δ_0 ” es un valor crítico para un nivel de significación α . A su vez, el valor de “ Δ_0 ” depende del tipo de distribución a probar y se encuentra tabulado:

Tabla 6. Valores críticos de “ Δ_0 ”

Tamaño Muestral “N”	Nivel de significancia “ α ”				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
N > 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: (Villón, B. 2002)

La tabla 6 muestra los valores críticos de “ Δ_0 ” del estadístico del Smirnov – Kolmogorov “ Δ ”, para valores de ($N > 35$) y diferentes niveles de significación. El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico del Smirnov – Kolmogorov, es el siguiente:

- Calcular la probabilidad empírica o experimental $P(x)$ de los datos cuyos valores han sido ordenados en forma creciente, para esto se usa la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{M}{n+1} \quad (78)$$

Donde:

$P(x)$: Probabilidad experimental de los datos (frecuencia acumulada).

N : Número de datos.

M : Número de orden.

- Calcular la probabilidad teórica $F(x)$: Usar la ecuación de la función acumulada $F(x)$, o tablas elaboradas para tal fin.
- Calcular la diferencia: $P(x) - F(x)$, para todos los valores de “ x ”.
- Seleccionar la máxima diferencia: “ Δ_{max} ”.

$$\Delta_{max} = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (79)$$

- Calcular el valor crítico del estadístico “ Δ ”, es decir “ Δ_0 ”, para un $\alpha=5\%$ y $N=\text{número de datos}$. Los valores de “ Δ_0 ”, se muestran en la tabla 6.
- Comparar el valor del estadístico “ Δ_{max} ”, con el valor crítico “ Δ_0 ”, de la tabla 6, con los siguientes criterios de decisión.

$$(\Delta < \Delta_0) \rightarrow \text{El ajuste es bueno} \quad (80)$$

$$(\Delta \geq \Delta_0) \rightarrow \text{El ajuste no es bueno} \quad (81)$$

Utilidad

Según, (Chávarri, V., 2004)

Después de ajustar una cierta distribución de probabilidades a un registro de precipitación total anual o descarga media anual, ésta se utiliza para obtener la probabilidad de tener lluvias anuales o descargas medias anuales menores que un cierto valor previamente seleccionado y también valores mayores que otra determinada magnitud. Tales

determinaciones son valiosas para el diseño de sistemas hidráulicos como por ejemplo en proyectos de irrigación.

2.11 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.

Según (Ortiz, O.2015)

La técnica de transferencia de información se realiza empleando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. Los parámetros de transferencia más conocidos en hidrología son:

Número de Oswald (O_s)

$$O_s = \frac{Q*Z}{A^{3/2}P} \quad (83)$$

Donde:

O_s : Número adimensional de OSWALD.

Z : Altitud media de la cuenca.

P : Lámina de precipitación.

Aplicando este número a la cuenca con información conocida y a la cuenca problema:

$$\frac{Q_c Z_c}{A_c^{3/2} P_c} = \frac{Q_p Z_p}{A_p^{3/2} P_p} \quad (84)$$

En la cuenca problema casi nunca se conoce las escorrentías, pero sí se conoce el área, altitud media y casi siempre la lámina de precipitación, entonces

$$Q_p = \left(\frac{Z_c}{Z_p}\right) \left(\frac{P_p}{P_c}\right) \left(\frac{A_p}{A_c}\right)^{3/2} Q_c \quad (85)$$

$$Q_p = \frac{P_e A_e^{3/2}}{Z_e} Q_c = K Q_c \quad (86)$$

Donde:

Q_p : Caudal en la cuenca del problema.

Q_c : Caudal en la cuenca de información.

P_e : Escala de precipitación.

- A_e : Escala en Áreas.
- Z_e : Escala en altitudes.
- K : Constante adimensional.

El Parámetro más simple de transferencia es el que relaciona la escala de cantidad de agua precipitable con la intensidad de precipitación, muy versátil para transferir intensidades aun cuando la precipitación no dependa de la altura, como en el caso de la Selva Peruana.

$$\pi = \frac{I}{P} \quad (87)$$

Donde:

- Π : Parámetro adimensional.
- I : Intensidad de Precipitación.
- P : Lamina de precipitación en un periodo de tiempo dado.

Estableciendo la relación de similitud se obtiene.

$$I_p = \left(\frac{P_p}{P_c}\right) I_c = P_e I_c \quad (88)$$

Donde:

- I_p : Intensidad de la precipitación en la cuenca problema.
- P_p : Lámina de precipitación en la cuenca del problema.
- P_c : Lámina de precipitación en la cuenca de información.
- P_e : Escala de cantidad de agua precipitable.
- I_c : Intensidad de precipitación en la cuenca de información.

La información más abundante es la pluviométrica, pero si no se cuenta, aunque sea en lugares más próximos, puede generarse fácilmente mediante un análisis regional. En cambio, la información de esorrentías e intensidades máximas es la más escasa y frecuentemente no existen en la zona del proyecto. Frente a esta situación, la técnica de transferencia por similitud nos permite una solución bastante aceptable

2.12 Definición de Términos Básicos.

Cuenca Hidrográfica:

Se llama cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «divortio aquarum» o divisoria de aguas. (Ortiz, 2004).

Microcuenca:

Es la unidad hidrográfica más pequeña de los sectores altos de las cuencas compuestas por quebradas, pequeños riachuelos o nacimientos de aguas. Su identificación está referenciada por menos de 4000 hectáreas, mientras que las mesocuenas y cuencas hacen referencia a áreas de drenaje mayores. (Ordoñez, 2011).

Modelo hidrológico determinístico:

Un modelo matemático del tipo determinístico es aquel que tiende a establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica o por medio de un operador desarrollado a partir de criterios e hipótesis experimentales. (Chávarri, 1989).

Modelo hidrológico estocástico:

Un modelo matemático del tipo estocástico sus variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto caracterizadas en términos de probabilidad. (Silva, 2007).

Año hidrológico:

Periodo continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante se reduce al mínimo. Según SENAMHI, en Perú inicia el 01 de setiembre y culminó el 31 de agosto del siguiente año. (Ordoñez, 2011).

Coefficiente de agotamiento:

Constante propia de un acuífero. Su valor caracteriza la ley de decrecimiento exponencial, en régimen no influenciado, del caudal del manantial que representa la descarga del sistema, como consecuencia de la disminución de reservas que sigue a la interrupción de la alimentación. (Linsley, Kohler, & Pulus, 1997).

Precipitación efectiva:

Es aquella fracción de la precipitación que da origen a la escorrentía directa y al flujo base. Se obtiene multiplicando la precipitación total por el coeficiente de escorrentía, tal que éste última toma en cuenta el flujo superficial y el flujo base. (Chow, Maidment, & Mays, 2000).

Caudal de escorrentía superficial:

Es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. (Villón, 2002).

Caudal base:

Parte del caudal aportado por las reservas de una cuenca, en particular las subterráneas, que se mantiene fuera de periodos de lluvia o de fusión de nieves. (Breña & Jacobo, 2006)

Tiempo de concentración (tc):

El tiempo de concentración de una cuenca, es el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto “hidrológicamente” más alejado de aquella, llegue a la salida (estación de aforo). (Aparicio, 1989).

Gasto de la retención (Gi)

Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de la retención se le denomina: coeficientes de agotamiento.

Abastecimiento de la retención

Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: coeficientes de abastecimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA

Política.

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Celendín

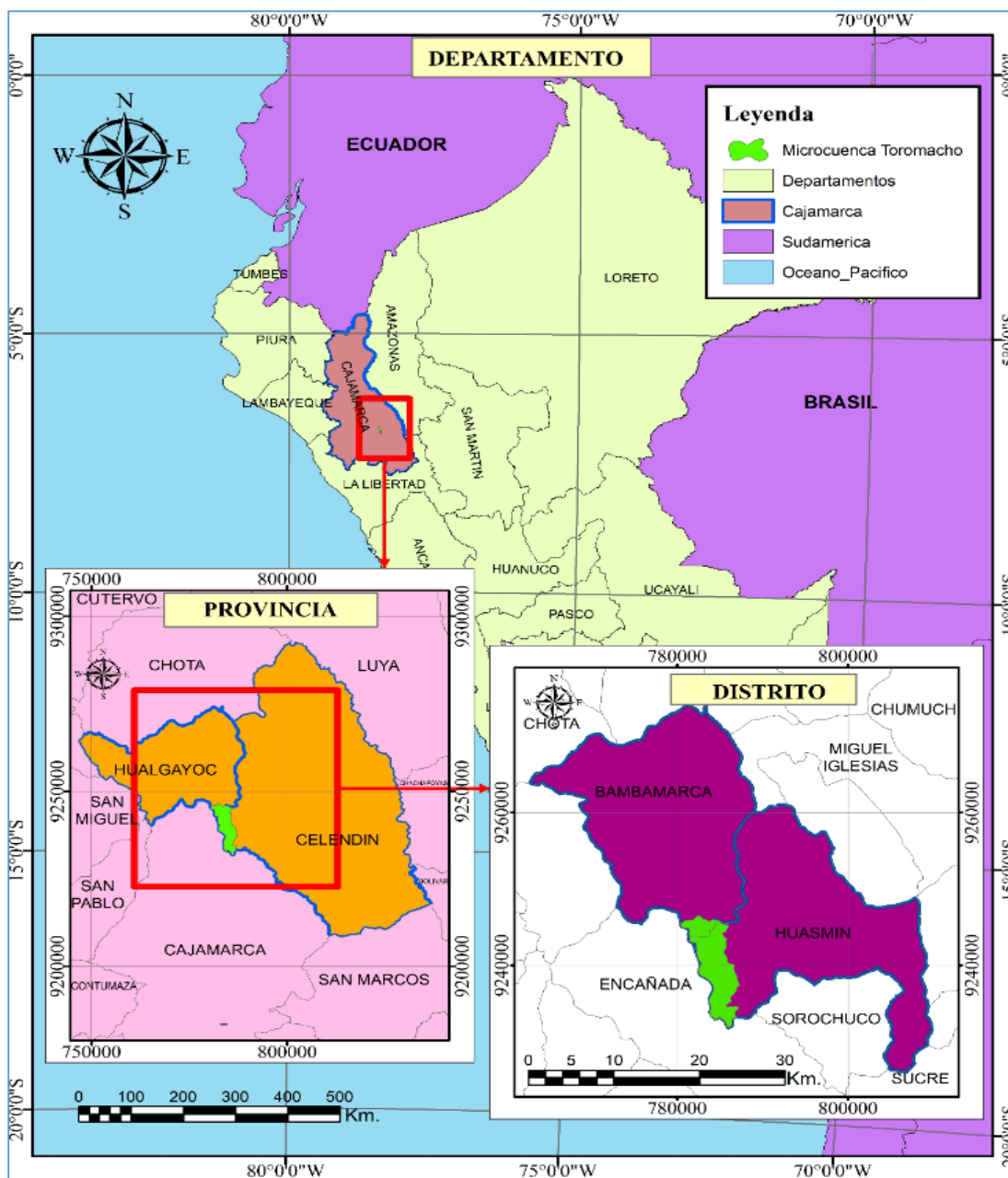


Figura 9. Ubicación política de la Microcuenca Toromacho.

Geográfica.

- Extremo Inferior Izquierdo:

Latitud: $06^{\circ} 48' 16.9''\text{S}$ y Longitud: $78^{\circ} 26' 18.8''\text{W}$. Extremo Superior:

Latitud: $06^{\circ} 56' 35.4''\text{S}$ y Longitud: $78^{\circ} 24' 45.4''\text{W}$. Extremo Inferior:

- También se le puede ubicar empleando las Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S.

Extremo Sur Inferior: $785' 941\text{ m E}$ y $9' 231' 752\text{ m N}$.

Extremo Norte Superior: $783' 150\text{ m E}$ y $9' 247' 078\text{ m N}$

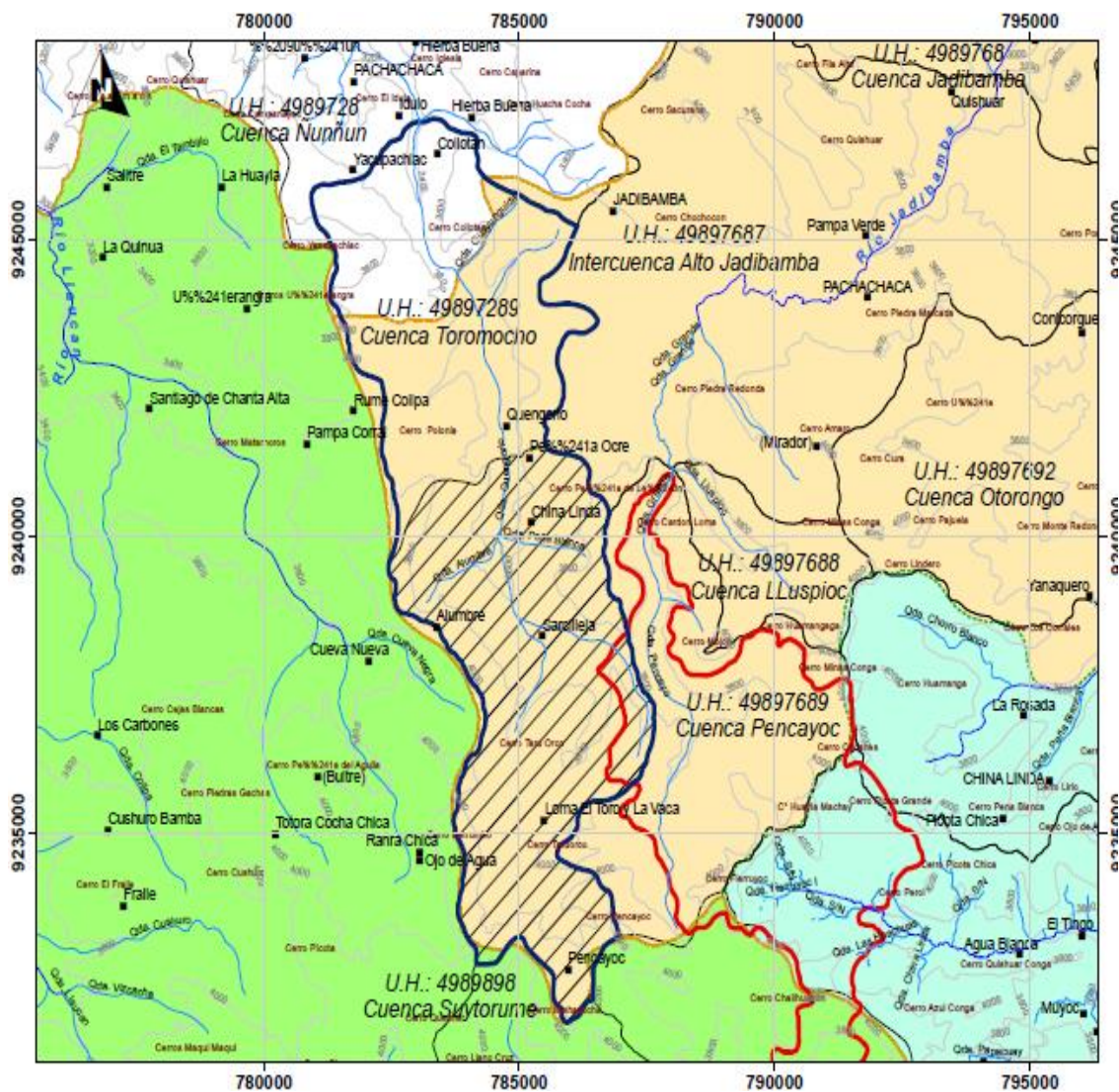


Figura 9. Ubicación de la Microcuenca Toromacho a una escala de 1:80000

Red hidrográfica:

El nivel de cauce es una caracterización geomorfológica de una cuenca, como no se analizó el total de los cauces de la microcuenca del río Toromacho este indicador no es determinativo; sin embargo, podemos mencionar que la zona de trabajo catalogada como nivel tres, es una cuenca regularmente ramificada.

La zona denominada Microcuenca de la Quebrada Toromacho, tiene un área de 49,81 km² y un perímetro de 46.77 km², el punto más alto es de 4250 msnm en el cerro denominado cerro Pencayoc y el cerro Mishacocha siendo el más bajo es de 3 550 msnm.



Figura 10. Unidad Hidrográfica de la Microcuenca Toromacho.



Figura 10. Microcuenca Toromacho a 3400 m.s.n.m.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

Equipos de campo



Traje impermeable
para agua



Corentómetro



Cordel



GPS



Wincha

Equipos de gabinete



Laptop



Software como: ArcGis
– AutoCad – Excel -
Word

3.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Demografía

Según el censo 2007 realizado por el INEI existen 1350 habitantes distribuidos en las comunidades de Quengorío, El Alumbre y El Tambo, que son comunidades que forman parte de la microcuenca.

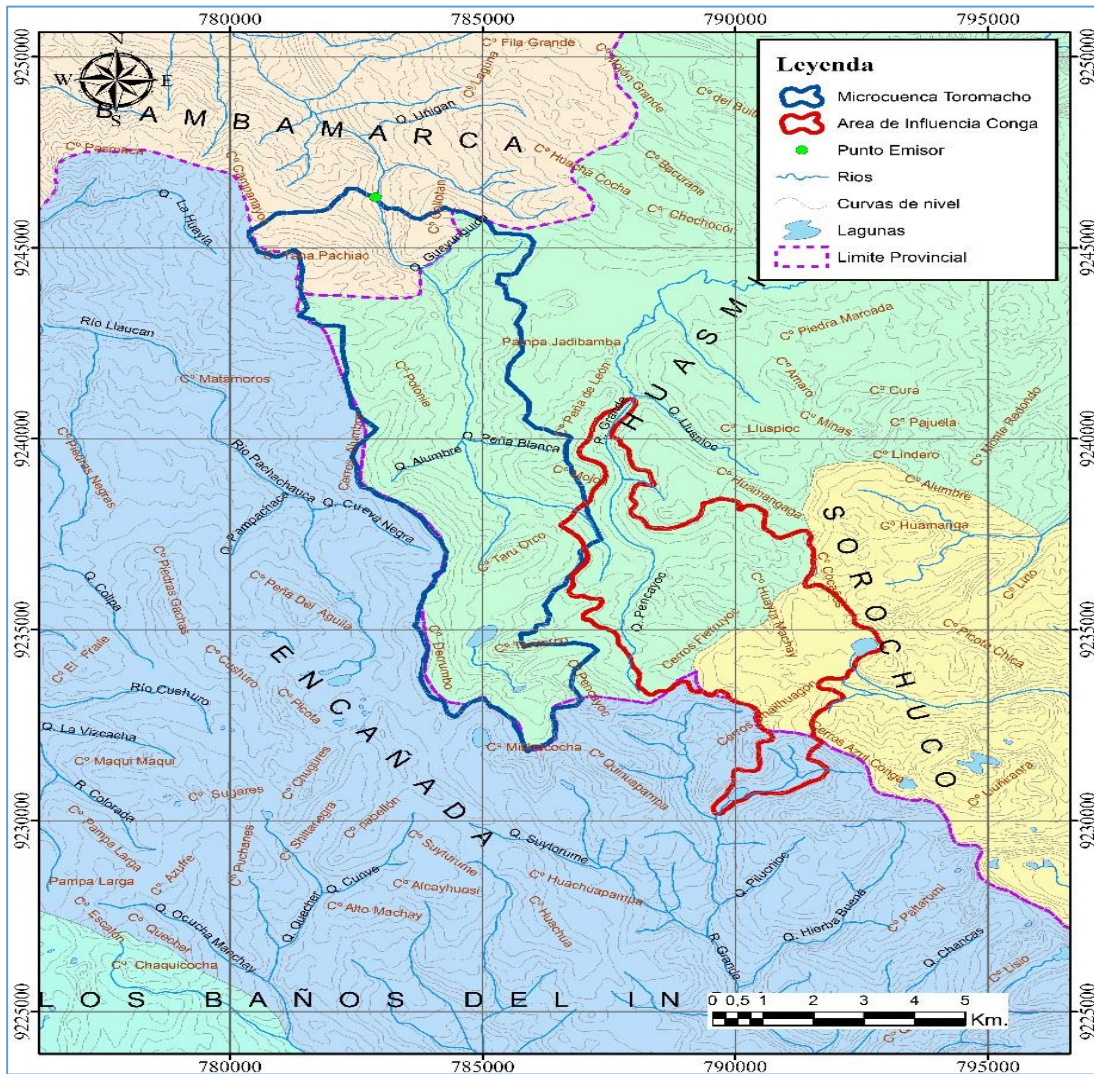


Figura 11. Ubicación de comunidades existentes dentro de la microcuenca Toromacho.

Actividades Económicas y Uso de Suelo.

A medida que se fue conociendo la zona, se ha podido concluir que los suelos de la microcuenca permiten desarrollar actividades económicas de manera tradicional, entre ellas tenemos:

Ganadería

El sector agropecuario ha sido y será la actividad económica más importante de la región Cajamarca. El potencial económico se sustenta en la riqueza de sus valles interandinos y en la abundancia de recursos naturales desplegados en toda la región, es por ello que en esta zona de estudio se pudo ver como la población se dedica a la ganadería, vendiendo el producto lácteo a empresas dedicadas a la producción de quesos, yogurt, mantequilla entre otros.



Figura 12. Ganado existente en la microcuenca Toromacho.

Agricultura

Debido al relieve accidentado, las heladas y la técnica de riego que solo en algunos casos es por aspersión, ya que la mayoría realiza el riego por gravedad, hacen que no haya mucha producción de cultivos debido a esto se observan pequeñas parcelas sembradas para aprovechar la época de lluvias, entre los cultivos que siembran encontramos el trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Oxalis tuberosa*), haba (*Vicia faba*) y algunas verduras.



Figura 13. Pequeñas parcelas de sembrío en la microcuenca Toromacho.

3.4 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

Suelos

Se pudo observar limos, arcillas, detritos que no han tenido mucho transporte y son propios del lugar que lo rodea.



Figura 14. Suelo, en la microcuenca Toromacho.

Cobertura y Vegetación

En toda la microcuenca existen pequeñas parcelas, donde encontramos sembrío de maíz, papa, ocas entre otros, propios de la microcuenca ya que de estos depende el porcentaje de escorrentía que discurre hacia los cauces.



Figura 15. Vegetación, en la microcuenca Toromacho.

Hidrología

La microcuenca presenta gran cantidad de bofedales, lagunas, manantiales, quebradas; las cuales fueron inventariadas por la Autoridad Administrativa VI Marañón en el año 2013 las cuales las encontramos en las tablas 32, 33, 34 y 35 de los Anexos.



Figura 16. Rio Quengorío.

3.5 DESCRIPCIÓN Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación parte de una caracterización física, calculando parámetros geomorfológicos y climatológicos de la microcuenca, a partir de información cartográfica, climatológica y observaciones en campo, dándole un carácter descriptivo a la investigación. Luego, usando un criterio lógico deductivo se procederá a calibrar y validar el modelo hidrológico y finalmente se calculará el volumen de agua en el punto emisor de la microcuenca Toromacho.

3.6 PROCEDIMIENTO

Recopilación de la información cartográfica

La información cartográfica fueron las cartas digitales a una escala de 1:100 000 proporcionados por IGN (hojas 12f, 12g, 13f, 13g, 13h, 14f, 14g, 14h, 15f, 15g, 15h, 16g, 16h); las imágenes de Google Earth (Quickbird) oficiales con una resolución de 60 cm y las cartas digitales 1:25,000 en formato AutoCAD (hojas 14g-III-NO, 14g-III-NE, 14g-III-SO, 14g-III-SE).

Procesamiento de información cartográfica y estimación de los parámetros geomorfológicos empleando las mismas metodologías, para cada caso (área, perímetro, altitud media, categorización de la red hidrográfica, etc.). Se utilizó como herramienta para todo este proceso el software ArcGIS 10.3, y Excel.

Recopilación de la información meteorológica.

Se ha recopilado y seleccionado la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA), YANACOCHA. Se utilizó 6 registros de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas Chugur, Granja Porcon, Quilcate, Celendín, Quebrada Shugar y Maqui Maqui, el periodo de registro y la temperatura promedio anual de las estaciones Celendin, Chugur, Granja Porcon y Quilcate.

Tabla 7 Estaciones Meteorológicas

ESTACION	PARÁMETROS	COORDENADAS		
		ESTE_X	NORTE_Y	COTA_Z

Chugur	Precipitación y Temperatura	750593.15	9262524.04	2744
Quebrada Shugar	Precipitación	781156.08	9260038.99	3292.7
Celendín	Precipitación y Temperatura	815563.05	9241556.00	2470
Maqui Maqui	Precipitación	784913.00	9232987.00	4024
Granja Porcón	Precipitación y Temperatura	761913.01	9221441.44	2980
Quilcate	Precipitación y Temperatura	749345.67	9245258.93	2930
Tres Ríos	Caudales	772074,00	9208182,00	2834

Procesamiento de la información pluviométrica.

La información recopilada fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos (media, desviación estándar), logrando así la obtención de datos confiables aptos para el modelo propuesto por Lutz Scholz. Se cuenta con la información de 6 estaciones meteorológicas de las cuales se ha escogido 2 estaciones base (Chugur, Granja Porcon, Maqui Maqui); teniendo en consideración que los datos faltantes sean mínimos. Utilizando los métodos de completación de datos descritos en el capítulo anterior se logró hacer la completación de datos faltantes para las 3 estaciones restantes (Quilcate, Celendín y Quebrada Shugar), logrando así obtener una data histórica de precipitaciones de 52 años. La completación de datos y el análisis de consistencia y tendencia en la media y desviación estándar o varianza de la información pluviométrica se muestran en las tablas 42, 43, 44, 45 y 46.

Procedimiento para el modelo de Lutz Scholz

- Precipitación media de la cuenca

La precipitación media de la cuenca se obtuvo mediante el método de las Isoyetas, utilizando las estaciones mencionadas en la Tabla 8. Habiendo trazado las isoyetas cada 7 mm, se obtuvo las áreas parciales de influencia de las estaciones y aplicando la fórmula

del método de las Isoyetas se obtuvo una planilla de precipitación promedio para toda la microcuenca Toromacho, período 1965-2017 (Ver tabla 11).

- **Coeficiente de escorrentía**

Para hallar el coeficiente de escorrentía se utilizó el método de L. TURC, para lo cual se utilizó la precipitación total anual de la microcuenca Toromacho y también la temperatura media mensual de las estaciones Celendín, Granja Porcón, Chugur y Quilcate.

- **Precipitación efectiva**

Para hallar la precipitación efectiva primero hallamos la precipitación media mensual de la microcuenca, esta precipitación media es afectada por el coeficiente de escorrentía calculado anteriormente y así obtenemos la precipitación efectiva.

- **Retención de la cuenca**

Parte del agua que se precipita queda retenida en los acuíferos y en lagunas que según Lutz Scholz se estima con los parámetros señalados en la tabla 15. La retención de la cuenca se calculó con la fórmula (50), debido a que la retención de la cuenca esta entre los valores 50- 80 mm/año el coeficiente de agotamiento lo calculamos con la fórmula (54).

- **Gasto de la retención**

Con el coeficiente de agotamiento se halla el gasto de la retención (G), que viene a ser el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo se realizó utilizando la formula (60).

- **Abastecimiento de la retención**

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de Octubre a Abril, en función del coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca tabla 04 y la retención de la cuenca. Los cálculos se realizaron con la fórmula (61).

- **Caudales mensuales para el año promedio**

El cálculo se realizó según la ecuación (62), cuyos resultados se muestran en la tabla 19, para convertirlos a (m^3 /s), es necesario multiplicarlos por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60mi, 60seg.

- **Caudales mensuales para períodos extendidos**

Inicialmente se calcularon los parámetros B1, B2, B3, S, r, sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante una regresión con Q_t (caudales generados para el año promedio) como valor dependiente, Q_{t-1} y PE_t como valores independientes. Para calcular los parámetros B1, B2, B3, S, r, se utilizó las ecuaciones (67), (68) y (69). Se determinó los caudales (Q); calculamos el error (e) y los coeficientes estadísticos de regresión múltiple, generamos números aleatorios y posteriormente calculamos (Q_m) en unidades de (mm/mes). La generación de los caudales medios mensuales para toda la serie (1965-2017) se hizo aplicando la ecuación obtenida según la ecuación (66), cuyos valores se presentan en la tabla 25. Se utilizaron las planillas: Precipitación efectiva (PE_t) de la tabla 14 y número aleatorio (Z) con distribución Normal con media cero y desviación estándar uno.

- **Transferencia de información hidrometeorológica**

La información hidrométrica para el presente estudio, corresponde al registro histórico de caudales medios mensuales de la estación hidrométrica Ronquillo desde el año 2008 al 2017, y es administrada actualmente por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Aplicando la fórmula 85 y 86 descrito en el capítulo anterior a los caudales de la estación hidrométrica Tres Rios periodo (2008-2017) ver tabla 26, se hizo la transferencia de caudales hacia la microcuenca Toromacho ver tabla 29. Se hizo el procedimiento de transferencia de caudales para el periodo 2008 - 2017, para lo cual se necesitó la siguiente información de las cuencas mencionadas anteriormente: Cuenca Tres Ríos: Z_c : 3450 m, A_c : 36.80 Km². Microcuenca Toromacho: Z_p : 3403 m, A_p : 46.77 Km².

- **Recopilación de la información de campo**

La información de campo se logró haciendo aforos semanalmente en el río Quengorío durante el año 2017, para lo cual se utilizó el correntómetro modelo EP 111. Tabla 30. Punto de aforo del río de la microcuenca Toromacho.

Ubicación del punto de aforo

E 782880 - N 9246327 - Z 3403

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO E INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Para el tratamiento de información, primeramente toda la data hidrológica obtenida de cada una de las estaciones meteorológicas, se tuvieron que revisar para así darnos cuenta si falta alguno de ellos para realizar el completados, y para ello se tuvo que analizar que las estaciones tenían que asemejarse en clima y morfología, como podemos observar en las tablas 36 , 37, 38, 39, 40 y 41 de los Anexos, tenemos información incompleta la cual fue completada mediante regresiones obteniendo así una data completa al 100%, como la que se observa en las tablas 42, 43, 44, 45 y 46 de los Anexos. Al tener la Data completa, podemos obtener datos que necesita el modelo Lutz Scholsz, para calibrarlo y validarlo.

Tabla 8. Estaciones Meteorológicas y coordenadas UTM

ESTACION	PARÁMETROS	COORDENADAS		
		ESTE_X	NORTE_Y	COTA_Z
Chugur	Precipitación y Temperatura	750593.15	9262524.04	2744
Quebrada Shugar	Precipitación	781156.08	9260038.99	3292.7
Celendín	Precipitación y Temperatura	815563.05	9241556.00	2470
Maqui Maqui	Precipitación	784913.00	9232987.00	4024
Granja Porcón	Precipitación y Temperatura	761913.01	9221441.44	2980
Quilcate	Precipitación y Temperatura	749345.67	9245258.93	2930
Tres Ríos	Caudales	772074,00	9208182,00	2834

Las estaciones meteorológicas que se observan en la tabla 8 se encuentran alrededor y cerca de la microcuenca ya que al encontrarse así nos facilitarían con las operaciones de cálculo que se tendrán que hacer al momento que se analizan con las isoyetas. .

Además de las estaciones pluviométricas, también se puede observar que se cuenta con una estación hidrométrica ubicada cerca a la microcuenca tres ríos, ya que mediante esta se podrá realizar la transposición de datos a la microcuenca en estudio.

Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca

Tabla 9. Resumen de parámetros geomorfológicos.

Unidad hidrográfica	Microcuenca Toromacho
Área (Km ²)	46.77
Perímetro (Km)	44.05
Longitud del Cauce principal	18.83
Índice de Compacidad (Ic)	1.804
Factor de Forma (Ff)	0.132
Pendiente de Ladera	23.30 %
Altitud Media (m.s.n.m.)	3737
Pendiente del Cauce Principal	2.63 %
Ancho Promedio (km)	2.484
Coefficiente de Masividad	0.080
Coefficiente Orográfico	0.299
Relación de Confluencias	1.853
Rectángulo Equivalente	
Lado mayor	19.644
Lado menor	2.381
Densidad de Drenaje	1.915

Número de Orden.

La microcuenca Toromacho es de orden hídrico, número 4.

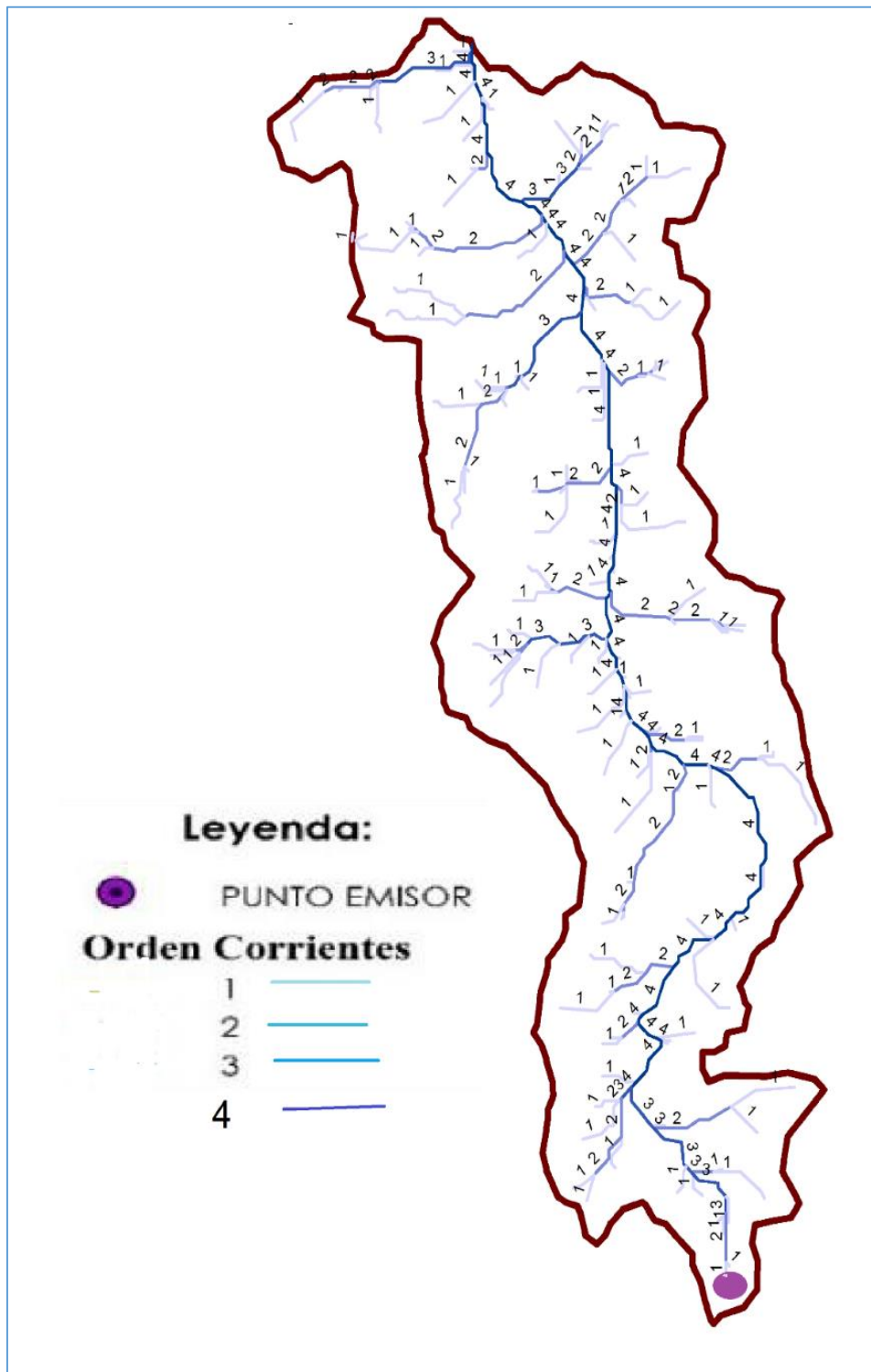


Figura 17. Orden de Red Hídrica, de la Microcuenca Toromacho.

Curva Hipsométrica

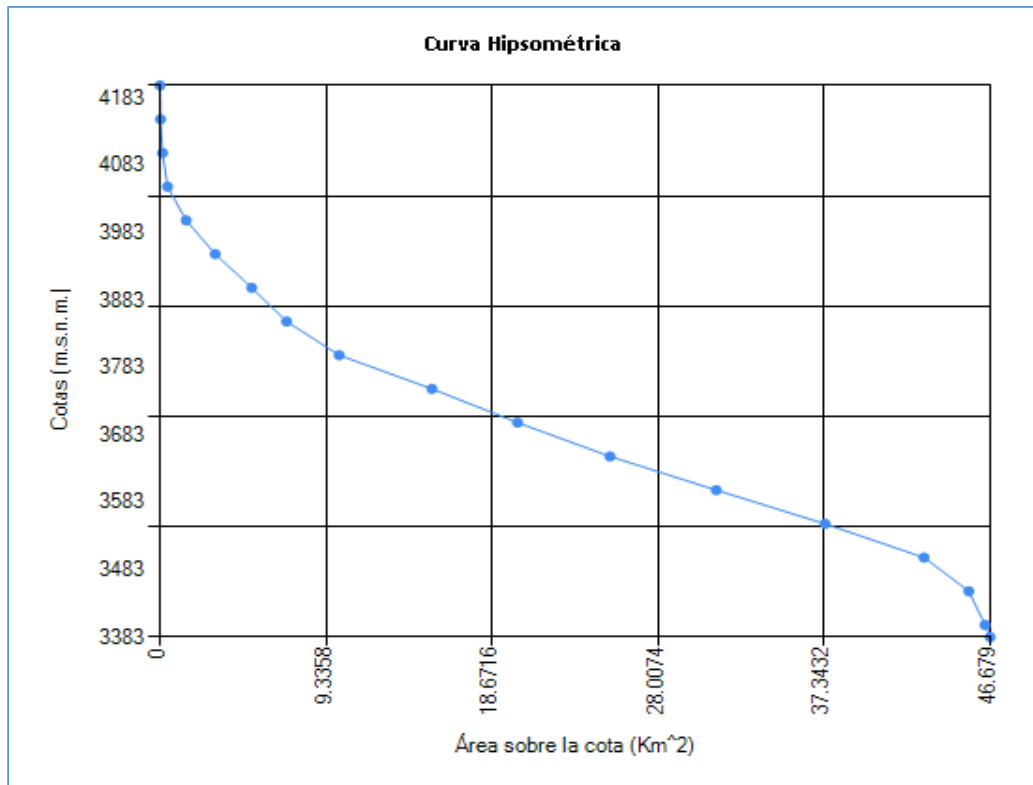


Figura 18. Curva Hipsométrica.

4.2 CLIMATOLOGIA

Temperatura

La temperatura media anual se ha obtenido a partir de datos diarios que se obtuvieron en cuatro de las estaciones cercanas a la microcuenca Toromacho, entre ellas tenemos Celendín, Chugur, Granja Porcón y Quilcate, como se pueden observar en el cuadro siguiente.

Tabla 10. Temperatura media anual por estaciones

ESTACION	TEMPERATURA
Celendín	13.59
Chugur	15.27
Granja Porcón	10.10
Quilcate	10.33

Calculando así una Temperatura promedio de 11.57 °C para la Microcuenca Toromacho,

Precipitación

Para hallar la precipitación promedio se utilizó el método de las Isoyetas, Se utilizó el Software del ArcGis, para la obtención de datos.

- Se delimito la Microcuenca Toromacho, y se ubicaron cada una de las estaciones meteorológicas cercanas a esta para el mes de enero de 1965.

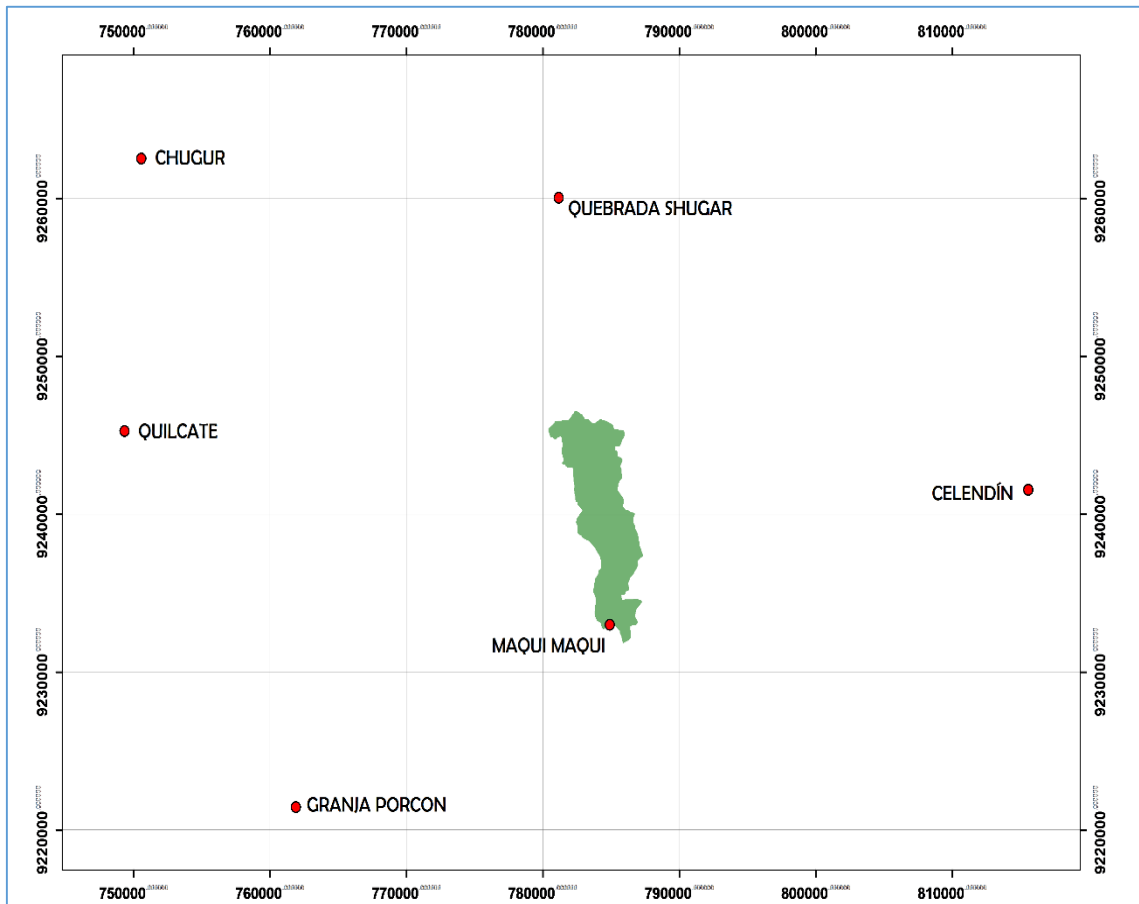


Figura 19. Estaciones Meteorológicas Cercanas a la Microcuenca Toromacho.

- Luego sacamos el mapa base de acuerdo a la precipitación de cada estación para así poder obtener las isoyetas.

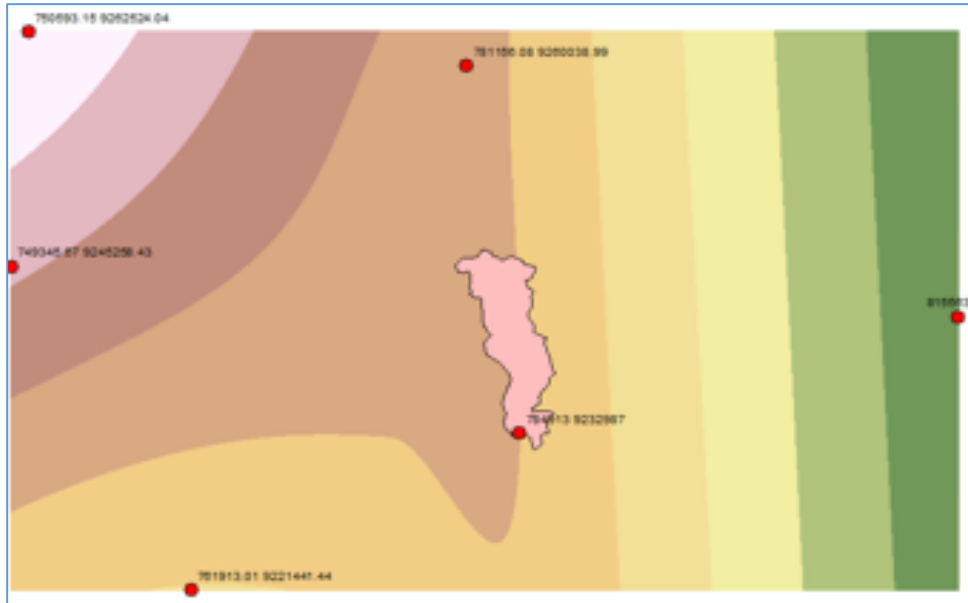


Figura 20. Raster de la Microcuenca Toromacho.

- Luego se trazaron las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones.

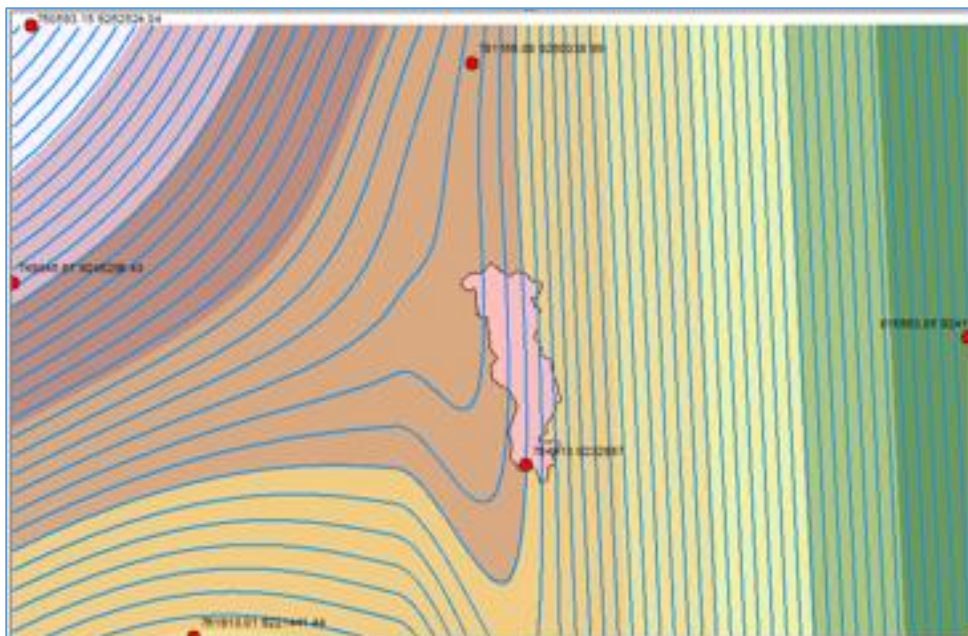


Figura 21. Isoyetas de la Microcuenca Toromacho.

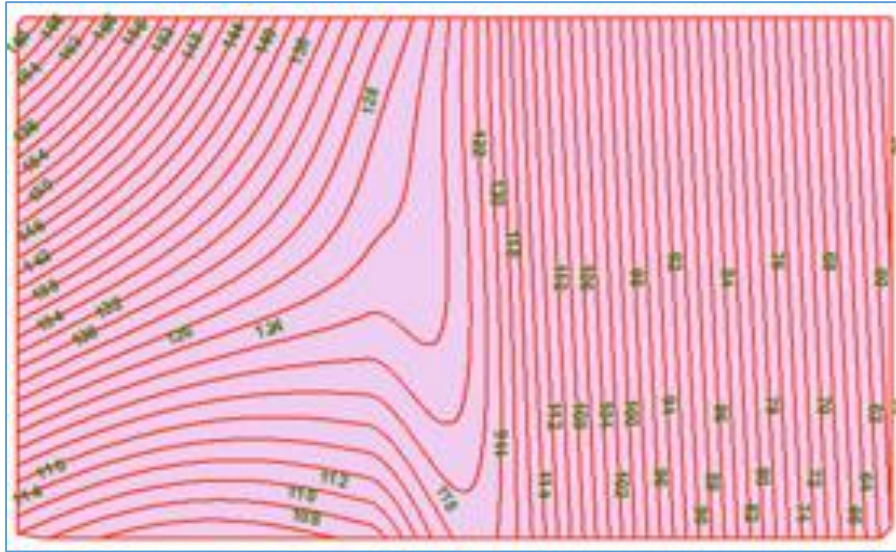


Figura 22. Isoyetas obtenidas mediante Software ArcGis.

- Al tener ya las isoyetas empezamos a obtener las áreas entre cada dos isoyetas seguidas y se utilizó la formula descrita en la ecuación 43.



Figura 23. Áreas para Cálculo de Isoyetas de la Microcuenca Toromachó.

- Obteniendo así una precipitación media mensual para enero de 1965, igual a 119.44 mm y así se procedió para obtener los datos para el periodo 1965 -2017
- Las precipitaciones medias mensuales obtenidas para el periodo 1965-2017, las observamos en la Tabla 11.

Tabla 11. Precipitación Media Mensual para la microcuenca Toromacho periodo 1965-2017.

PRECIPITACIÓN MEDIA CUENCA TOROMACHO												
AÑO	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1965	119.44	148.12	179.37	119.60	40.24	12.54	21.31	10.54	76.98	154.32	132.81	132.29
1966	105.86	94.14	131.65	88.80	77.66	7.74	9.43	13.54	24.15	163.40	126.52	92.50
1967	163.98	188.09	164.45	47.56	71.10	24.99	35.25	14.61	18.36	26.54	86.28	114.00
1968	78.75	124.57	145.18	47.79	47.50	6.90	10.28	20.48	91.16	119.66	105.78	126.44
1969	58.48	128.59	161.18	146.35	28.52	55.72	8.92	11.16	31.22	146.75	169.74	200.58
1970	112.99	98.29	5.51	108.76	74.47	35.87	17.03	10.63	35.27	171.47	108.60	118.66
1971	78.00	131.74	260.99	107.84	27.06	28.83	18.72	23.28	42.59	187.58	124.56	143.43
1972	75.47	130.33	186.69	141.17	41.99	22.54	8.86	20.73	45.94	69.90	131.20	124.09
1973	134.72	111.64	157.50	157.65	58.40	61.96	26.66	26.54	119.23	108.03	118.14	145.35
1974	92.68	164.88	157.50	81.77	37.19	47.69	31.31	26.46	63.76	123.68	105.97	129.87
1975	110.80	198.69	207.73	104.54	100.02	31.40	16.19	25.36	71.41	132.25	111.05	118.34
1976	151.86	103.15	124.93	44.16	58.78	38.11	6.01	11.68	17.27	61.26	110.34	101.09
1977	135.51	158.78	152.72	55.26	48.67	14.91	10.61	9.65	26.80	100.46	120.24	136.20
1978	31.85	98.73	121.79	68.99	99.55	10.93	10.61	10.86	46.55	64.95	123.20	128.59
1979	111.69	134.68	222.98	44.79	44.54	7.03	19.16	27.10	63.73	55.06	89.91	114.50
1980	59.23	102.71	148.16	47.19	34.03	30.83	12.78	14.59	7.49	227.73	195.07	155.87
1981	105.42	231.49	170.57	68.89	51.54	26.91	15.61	37.88	39.75	200.85	112.89	166.54
1982	97.67	148.55	141.05	124.46	88.87	42.25	15.13	11.40	87.22	222.04	135.78	167.95
1983	182.46	114.80	200.97	147.08	62.06	26.70	17.82	17.29	41.56	148.70	101.80	183.22
1984	38.57	277.40	157.58	62.03	112.82	48.11	31.47	23.75	63.83	144.17	146.23	148.74
1985	36.84	98.47	121.56	62.03	49.77	7.35	14.33	19.91	63.70	85.96	85.27	120.57
1986	121.11	111.11	155.27	150.92	45.52	4.96	7.68	24.36	19.05	81.80	122.66	127.52

1987	138.57	147.97	125.78	77.76	32.93	13.51	33.87	13.71	62.68	70.45	143.11	137.50
1988	148.12	170.01	124.75	122.32	35.49	12.06	5.65	9.74	54.16	121.73	134.28	127.33
1989	127.95	188.38	167.29	116.72	38.48	32.88	9.90	11.45	81.52	177.42	104.59	83.00
1990	123.33	105.99	112.69	53.56	60.02	48.93	7.68	14.09	30.00	145.13	148.43	129.84
1991	65.27	131.95	143.73	85.77	34.52	6.67	11.44	9.82	21.61	58.30	106.07	141.35
1992	67.48	89.77	139.48	73.11	40.08	50.45	13.37	21.12	70.01	118.53	92.28	105.67
1993	87.10	138.69	196.77	120.08	59.00	8.54	7.04	15.59	66.29	164.87	122.61	133.72
1994	133.22	137.09	161.76	163.57	53.22	14.75	6.87	10.52	25.18	58.41	134.99	168.26
1995	29.80	109.48	130.64	69.16	65.02	17.33	8.29	2.32	20.47	21.85	135.94	158.78
1996	79.35	146.29	160.10	85.51	47.30	18.25	2.38	13.06	27.25	124.29	45.43	64.62
1997	80.80	100.71	70.57	77.07	22.84	12.93	3.50	5.25	27.25	75.64	119.54	111.29
1998	56.80	160.57	152.11	109.67	80.04	4.96	0.31	1.90	26.34	164.77	134.91	51.90
1999	152.13	297.48	112.01	58.71	92.59	94.97	14.23	6.66	110.30	49.12	117.00	206.87
2000	77.98	210.78	192.72	91.48	71.22	38.64	10.79	27.92	115.54	13.00	71.37	141.65
2001	224.68	122.79	252.40	83.01	60.20	5.75	10.33	2.58	63.07	114.85	162.84	172.56
2002	53.78	110.21	187.25	165.22	42.85	11.71	22.98	2.45	38.89	176.53	134.37	193.76
2003	101.33	11.72	110.73	50.11	17.99	20.00	2.86	13.43	27.47	35.91	44.62	114.15
2004	86.56	65.06	104.91	71.33	31.65	14.24	27.26	11.16	45.07	120.95	175.21	178.92
2005	99.31	136.24	280.04	125.56	23.24	12.30	9.99	13.88	35.85	257.20	68.84	203.29
2006	105.11	220.79	270.24	101.00	17.07	50.61	14.56	17.17	34.20	134.05	151.40	244.21
2007	132.12	62.24	217.50	135.68	56.11	5.26	42.63	36.83	33.45	202.73	179.41	96.36
2008	146.02	244.50	165.80	100.61	70.62	24.30	10.92	37.32	86.57	149.84	123.48	101.56
2009	263.42	160.70	221.68	178.69	120.58	63.30	22.82	29.67	46.40	165.33	185.29	160.40
2010	78.75	137.38	208.27	98.08	38.17	25.85	18.72	13.61	30.83	99.97	223.90	182.54
2011	104.52	133.58	205.05	193.42	33.22	16.79	10.21	4.52	64.48	70.51	131.77	184.66
2012	318.54	265.48	128.72	112.12	46.55	8.28	11.50	8.98	6.59	184.04	266.60	90.00
2013	101.81	127.92	199.67	79.99	142.57	9.82	123.55	49.54	10.12	141.75	64.15	157.10

2014	106.04	154.22	227.24	63.80	85.08	10.24	4.24	9.25	39.89	63.18	120.95	175.63
2015	261.83	117.92	171.34	105.59	118.61	9.11	11.06	17.04	37.20	49.98	127.76	145.19
2016	183.52	31.34	54.42	82.33	27.56	18.66	13.52	13.96	56.59	85.87	48.36	140.55
2017	200.91	167.37	294.50	142.09	77.76	18.66	19.80	43.12	50.11	128.18	55.95	127.80
MEDIA	115.84	141.58	165.39	98.50	57.41	24.41	16.55	16.97	47.97	119.64	123.39	140.13
DESV. EST.	58.88	55.99	54.73	38.16	28.25	18.95	17.44	10.54	26.96	56.87	41.96	37.25

El promedio multianual para el periodo (1965 – 2017), de la precipitación obtenida en la Tabla 11, se muestra en la Tabla 13.

Tabla 12. Precipitación media total mensual (mm) de la microcuenca Toromacho (período 1965-2017)

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PMTM	115.8	141.6	165.4	98.5	57.4	24.4	16.6	17.0	48.0	119.6	123.4	140.1	1067.8

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA "C"

0.442

(Método de "L.TURC")

$$T = 197 - 23.1 \ln H$$

12.32

H = Altitud Media Cuenca

3737.00 m.s.n.m

T = Temperatura Media Anual (°C)

12.32 °

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

701.62

L = Coeficiente Temperatura

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

595.41

P = Precipitación Total Anual (Promedio Todos Módulos Plantilla)

1067.78 mm/año

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

0.44

D = Déficit Escurrimiento (Pérdida de agua que se va a la atmosfera)

C = Coeficiente de escorrentía.

Precipitación media efectiva de la microcuenca

El coeficiente "c" se afectó a todos los datos de la planilla de precipitación total media de la microcuenca Toromacho (tabla 11) para obtener la planilla de precipitación efectiva de la misma serie (tabla 13).

Tabla 13. Precipitación Efectiva Mensual para la microcuenca Toromacho periodo 1965-2017

PRECIPITACIÓN MEDIA EFECTIVA (mm/mes)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	52.84	65.52	79.35	52.91	17.80	5.55	9.43	4.66	34.05	68.27	58.75	58.52
1966	46.83	41.65	58.24	39.29	34.36	3.42	4.17	5.99	10.68	72.29	55.97	40.92
1967	72.54	83.21	72.75	21.04	31.45	11.05	15.59	6.46	8.12	11.74	38.17	50.43
1968	34.84	55.11	64.22	21.14	21.02	3.05	4.55	9.06	40.33	52.94	46.79	55.93
1969	25.87	56.89	71.30	64.74	12.62	24.65	3.94	4.94	13.81	64.92	75.09	88.74
1970	49.98	43.48	2.44	48.11	32.94	15.87	7.53	4.70	15.60	75.85	48.04	52.50
1971	34.51	58.28	115.46	47.71	11.97	12.75	8.28	10.30	18.84	82.98	55.10	63.45
1972	33.39	57.66	82.59	62.45	18.57	9.97	3.92	9.17	20.32	30.92	58.04	54.89
1973	59.60	49.39	69.68	69.74	25.83	27.41	11.79	11.74	52.74	47.79	52.26	64.30
1974	41.00	72.94	69.68	36.17	16.45	21.10	13.85	11.71	28.21	54.71	46.88	57.45
1975	49.02	87.90	91.90	46.25	44.25	13.89	7.16	11.22	31.59	58.51	49.13	52.35
1976	67.18	45.63	55.27	19.54	26.00	16.86	2.66	5.17	7.64	27.10	48.81	44.72
1977	59.95	70.24	67.56	24.44	21.53	6.60	4.69	4.27	11.86	44.44	53.19	60.25
1978	14.09	43.68	53.88	30.52	44.04	4.84	4.69	4.81	20.59	28.73	54.50	56.89
1979	49.41	59.58	98.64	19.81	19.70	3.11	8.48	11.99	28.20	24.36	39.77	50.65
1980	26.20	45.44	65.54	20.88	15.05	13.64	5.65	6.45	3.32	100.75	86.30	68.95
1981	46.64	102.41	75.46	30.47	22.80	11.91	6.90	16.76	17.59	88.85	49.94	73.68
1982	43.21	65.72	62.40	55.06	39.32	18.69	6.69	5.04	38.58	98.23	60.07	74.30

1983	80.72	50.79	88.90	65.07	27.46	11.81	7.88	7.65	18.39	65.78	45.04	81.05
1984	17.06	122.72	69.71	27.44	49.91	21.28	13.92	10.51	28.24	63.78	64.69	65.80
1985	16.30	43.56	53.78	27.44	22.02	3.25	6.34	8.81	28.18	38.03	37.72	53.34
1986	53.58	49.15	68.69	66.77	20.14	2.19	3.40	10.78	8.43	36.19	54.27	56.41
1987	61.30	65.46	55.64	34.40	14.57	5.98	14.98	6.06	27.73	31.17	63.31	60.83
1988	65.52	75.21	55.19	54.11	15.70	5.33	2.50	4.31	23.96	53.85	59.40	56.33
1989	56.61	83.34	74.01	51.64	17.02	14.55	4.38	5.07	36.06	78.49	46.27	36.72
1990	54.56	46.89	49.85	23.70	26.55	21.64	3.40	6.24	13.27	64.21	65.66	57.44
1991	28.87	58.37	63.58	37.95	15.27	2.95	5.06	4.34	9.56	25.79	46.92	62.53
1992	29.85	39.71	61.70	32.34	17.73	22.32	5.92	9.34	30.97	52.44	40.83	46.75
1993	38.53	61.36	87.05	53.12	26.10	3.78	3.12	6.90	29.32	72.94	54.24	59.16
1994	58.93	60.65	71.56	72.36	23.54	6.52	3.04	4.66	11.14	25.84	59.72	74.43
1995	13.18	48.43	57.79	30.59	28.76	7.67	3.67	1.03	9.06	9.67	60.14	70.24
1996	35.10	64.72	70.82	37.83	20.92	8.07	1.05	5.78	12.05	54.99	20.10	28.59
1997	35.74	44.55	31.22	34.10	10.10	5.72	1.55	2.32	12.05	33.46	52.88	49.24
1998	25.13	71.03	67.29	48.51	35.41	2.19	0.13	0.84	11.65	72.89	59.68	22.96
1999	67.30	131.60	49.55	25.97	40.96	42.01	6.30	2.95	48.80	21.73	51.76	91.52
2000	34.50	93.25	85.26	40.47	31.51	17.09	4.77	12.35	51.11	5.75	31.57	62.67
2001	99.39	54.32	111.66	36.72	26.63	2.54	4.57	1.14	27.90	50.81	72.04	76.34
2002	23.79	48.76	82.84	73.09	18.96	5.18	10.17	1.09	17.20	78.10	59.44	85.72
2003	44.83	5.19	48.99	22.17	7.96	8.85	1.27	5.94	12.15	15.89	19.74	50.50
2004	38.29	28.78	46.41	31.55	14.00	6.30	12.06	4.94	19.94	53.51	77.51	79.15
2005	43.93	60.27	123.89	55.55	10.28	5.44	4.42	6.14	15.86	113.78	30.45	89.93
2006	46.50	97.68	119.55	44.68	7.55	22.39	6.44	7.59	15.13	59.30	66.98	108.04
2007	58.45	27.53	96.22	60.02	24.82	2.33	18.86	16.29	14.80	89.69	79.37	42.63
2008	64.60	108.16	73.35	44.51	31.24	10.75	4.83	16.51	38.30	66.29	54.63	44.93
2009	116.53	71.09	98.07	79.05	53.34	28.00	10.10	13.12	20.53	73.14	81.97	70.96

2010	34.84	60.77	92.14	43.39	16.89	11.43	8.28	6.02	13.64	44.22	99.05	80.75
2011	46.24	59.09	90.71	85.56	14.69	7.43	4.51	2.00	28.52	31.19	58.29	81.69
2012	140.92	117.45	56.95	49.60	20.59	3.66	5.09	3.97	2.92	81.42	117.94	39.82
2013	45.04	56.59	88.33	35.39	63.07	4.34	54.66	21.92	4.48	62.71	28.38	69.50
2014	46.91	68.23	100.53	28.22	37.64	4.53	1.88	4.09	17.65	27.95	53.51	77.70
2015	115.83	52.17	75.80	46.71	52.47	4.03	4.89	7.54	16.46	22.11	56.52	64.23
2016	81.19	13.86	24.08	36.42	12.19	8.26	5.98	6.17	25.03	37.99	21.39	62.18
2017	88.88	74.04	130.28	62.86	34.40	8.26	8.76	19.08	22.17	56.70	24.75	56.54
MEDIA	51.25	62.63	73.16	43.58	25.40	10.80	7.32	7.51	21.22	52.93	54.58	61.99
DESV. EST.	26.05	24.77	24.21	16.88	12.50	8.38	7.72	4.66	11.93	25.16	18.56	16.48

Tabla 14. Precipitación media efectiva mensual (mm) de la microcuenca Toromacho (período 1965-2017).

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PME	51.25	62.63	73.16	43.58	25.40	10.80	7.32	7.51	21.22	52.93	54.58	61.99	472.37

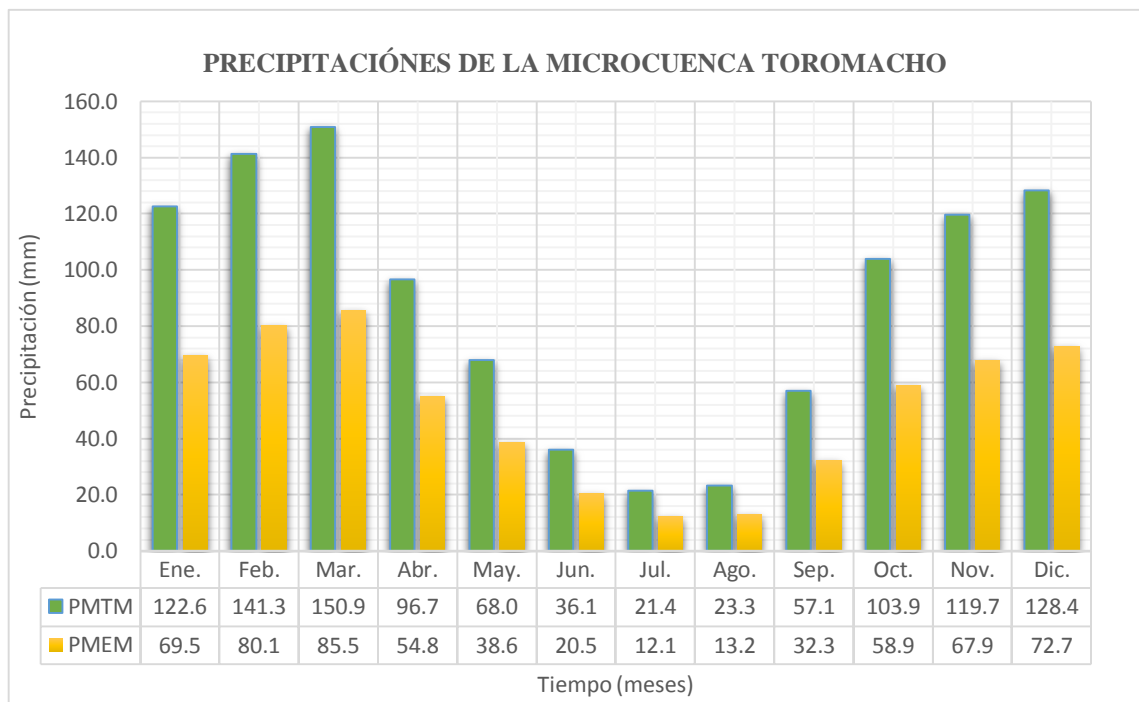


Figura 24. Precipitaciones medias totales mensuales y precipitaciones medias efectivas mensuales.

4.3 GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LA MICROCUENCA TOROMACHO.

Retención de la cuenca

Parte del agua que se precipita queda retenida en los acuíferos y en lagunas que según Lutz Scholz se estima con los parámetros señalados en la tabla 15.

Tabla 15. Parámetros para calcular la retención en la microcuenca Toromacho

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Coeficiente	Ca	20	%
Área de la cuenca	AR	46.77	km ²
Almacenamiento acuíferos	LA	295.28	mm/año
Pendiente del cauce principal	I	0.03	m/m
Área de lagunas	AL	0.30	km ²
Almacenamiento lagunas y	LL	500	mm/año
Área de nevados	AN	0	km ²
Almacenamiento de nevados	LN	0	Mm/año

$$R = \frac{(0.20) * (46.77) * (295.28) + (0.30 * 500)}{46.77} = 62.30 \text{ mm/año}$$

Cálculo del coeficiente de agotamiento

En vista que la retención está comprendida entre 50 y 80 mm/año, el coeficiente de agotamiento es:

$$\alpha = -0.00252 (\ln AR) + 0.030$$

$$(\alpha) = 0.0203 \text{ días}^{-1}$$

Relación de caudales del flujo base

La relación de caudales de flujo base se obtiene para los meses de estiaje que son de mayo setiembre.

Mes de mayo:

$$b_o = (2.7183)^{(-0.0222)(31)} = 0.533$$

Tabla 16. Relación de caudales del flujo base, para meses de estiaje.

Mes	n° dias	bo
Mayo	31	0.533
Junio	30	0.290
Julio	31	0.154
Agosto	31	0.082
Septiembre	30	0.045
suma	bm =	1.104

Gasto de la retención

Se obtiene para los meses de estiaje de mayo a setiembre en función de la ecuación 60, los resultados se muestran en la Tabla 17.

Mes de mayo

$$G_i = \frac{0.533}{1.104} (62.30) = 30.07 \text{ mm/mes}$$

Tabla 17. Gasto de la retención para los meses de estiaje.

Mes	G _i (mm/mes)
Mayo	30.07
Junio	16.35
Julio	8.71
Agosto	4.64
Septiembre	2.52

Abastecimiento de la retención

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de octubre a abril, en función del coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca las cuales se observan en la Tabla 4 y se obtienen valores con la ecuación 61, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 18.

Mes de octubre:

$$A_i = (0.25) * 64.66 = 15.58 \text{ mm/mes}$$

Mes de noviembre:

$$A_i = (-0.05) * 64.66 = -3.12 \text{ mm/mes}$$

Tabla 18. Abastecimiento de la retención para los meses lluviosos.

Mes	A _i (mm/mes)
Octubre	15.58
Noviembre	-3.12
Diciembre	0.00
Enero	12.46
Febrero	15.58
Marzo	21.81
Abril	0.00

Generación de caudales mensuales para el año promedio

La Tabla 19, nos muestra los caudales obtenidos para el año promedio

Tabla 19. Caudales mensuales para el año promedio.

Mes	N° días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)
Ene.	31	115.84	51.25		12.46	38.78	1.73
Feb.	28	141.58	62.63		15.58	47.06	2.33
Mar.	31	165.39	73.16		21.81	51.36	2.29
Abr.	30	98.50	43.58		0.00	43.58	2.01
May.	31	57.41	25.40	30.07		55.47	2.48
Jun.	30	24.41	10.80	16.35		27.15	1.25
Jul.	31	16.55	7.32	8.71		16.04	0.72
Ago.	31	16.97	7.51	4.64		12.15	0.54
Sep.	30	47.97	21.22	2.52		23.75	1.10
Oct.	31	119.64	52.93		15.58	37.35	1.67
Nov.	30	123.39	54.58		-3.12	57.70	2.66
Dic.	31	140.13	61.99		0.00	61.99	2.77
Total		1067.78	472.37	62.30	62.30	472.37	21.55

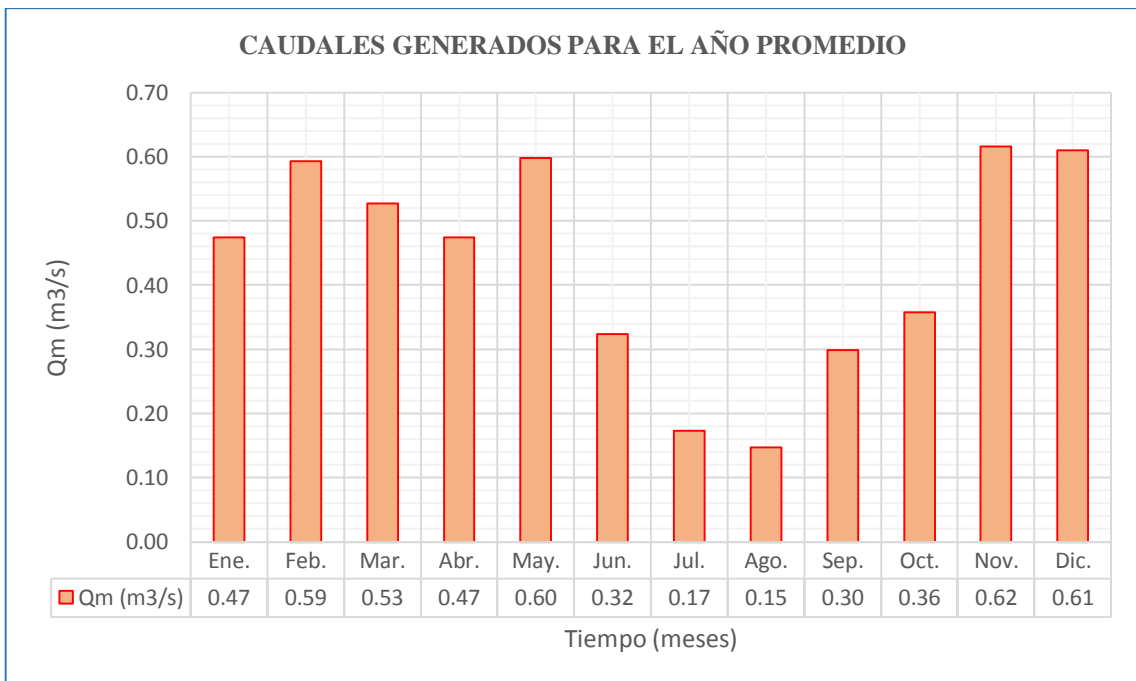


Figura 25. Caudales Generados para el año promedio de la Microcuenca Toromacho..

- **Caudales mensuales para períodos extendidos**

Inicialmente se calcularon los parámetros B1, B2, B3, S, r, sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante una regresión con Qt (caudales generados para el año promedio) como valor dependiente, Qt-1 y PEt como valores independientes.

Tabla 20. Valores de caudales y precipitaciones efectivas para la obtención de las variables B1, B2 y B3.

Mes	Qt	Qt-1	P Et	(Qt)(Qt-1)	(Qt-1) (P Et)	(Qt)(P Et)	(Qt-1)(Qt-1)	(P Et)(P Et)
Enero	38.78	61.99	51.25	2404.31	3176.78	1987.56	3842.90	2626.13
Febrero	47.06	38.78	62.63	1825.03	2429.15	2947.15	1504.26	3922.71
Marzo	51.36	47.06	73.16	2416.65	3442.77	3757.55	2214.20	5353.03
Abril	43.58	51.36	43.58	2238.02	2238.02	1898.97	2637.61	1898.97
Mayo	55.47	43.58	25.40	2417.34	1106.79	1408.92	1898.97	645.08
Junio	27.15	55.47	10.80	1506.25	599.15	293.27	3077.22	116.66
Julio	16.04	27.15	7.32	435.43	198.86	117.44	737.29	53.64
Agosto	12.15	16.04	7.51	194.84	120.40	91.22	257.16	56.37
Setiembre	23.75	12.15	21.22	288.50	257.83	503.90	147.62	450.33
Octubre	37.35	23.75	52.93	886.91	1256.77	1976.90	563.83	2801.31
Noviembre	57.70	37.35	54.58	2155.14	2038.78	3149.47	1395.11	2979.43
Diciembre	61.99	57.70	61.99	3576.85	3576.85	3842.90	3329.22	3842.90
Σ =	472.37	472.37	472.37	20345.27	20442.16	21975.25	21605.38	24746.56
	ΣQt	ΣQt-1	ΣPEt	Σ(Qt)(Qt-1)	Σ(Qt-1)(PEt)	Σ(Qt)(PEt)	Σ(Qt-1)(Qt-1)	Σ(PEt)(PEt)

Las ecuaciones que se usaron para calcular los estadísticos B1, B2, B3 son las ecuaciones 67.

Remplazando tenemos las siguientes ecuaciones:

$$472.37 = 12 * B1 + B2 * 472.37 + B3 * 472.37$$

$$20345.27 = B1 * 472.37 + B2 * 21605.38 + B3 * 21975.25$$

$$20442.16 = B1 * 472.37 + B2 * 21975.25 + B3 * 24746.56$$

Obteniendo los siguientes valores para **B1**, **B2** y **B3**.

B1 =	9.486
B2 =	0.299
B3 =	0.460

Se calcularon el caudal Q_t y el error $e=Q_t- \hat{Q}_t$, utilizando los parámetros B1, B2, B3, mediante la ecuación 71.

Tabla 21. Cálculo de \hat{Q}_t mensual.

Mes	Q_{t-1}	$P E_t$	\hat{Q}_t
Enero	61.99	51.25	51.60
Febrero	38.78	62.63	49.88
Marzo	47.06	73.16	57.20
Abril	51.36	43.58	44.89
Mayo	43.58	25.40	34.21
Junio	55.47	10.80	31.06
Julio	27.15	7.32	20.98
Agosto	16.04	7.51	17.74
Setiembre	12.15	21.22	22.88
Octubre	23.75	52.93	40.92
Noviembre	37.35	54.58	45.76
Diciembre	57.70	61.99	55.25

Tabla 22. Cálculo del error (e) mensual.

Mes	Q_t	\hat{Q}_t	e	e^2	Q_t^2
Enero	38.78	51.60	-12.815324	164.23	1504.26072
Febrero	47.06	49.88	-2.8290264	8.00	2214.20384
Marzo	51.36	57.20	-5.8439598	34.15	2637.61005
Abril	43.58	44.89	-1.3145464	1.73	1898.96763
Mayo	55.47	34.21	21.2655095	452.22	3077.21655
Junio	27.15	31.06	-3.9069095	15.26	737.287846
Julio	16.04	20.98	-4.9460615	24.46	257.157621
Agosto	12.15	17.74	-5.5882902	31.23	147.618662
Setiembre	23.75	22.88	0.86806523	0.75	563.828851
Octubre	37.35	40.92	-3.569878	12.74	1395.11034
Noviembre	57.70	45.76	11.9428601	142.63	3329.21871
Diciembre	61.99	55.25	6.73756117	45.39	3842.90008
Media Q_t=	39.364		suma =	932.82	21605.3809

Donde:

$$n = 12$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n-3}} = \boxed{10.181}$$

$$S_{Qt}^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum Q_t^2 - n(\overline{Q_t})^2 \right] = \boxed{273.697}$$

$$r = \left[1 - \frac{S^2}{S_{Qt}^2} \right]^{1/2} = \boxed{0.7882}$$

$$(S)\sqrt{1-r^2} = \boxed{6.265} \quad \boxed{Z = z(S)\sqrt{(1-r^2)}}$$

$$Z = \boxed{z*6.981}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$Q_t = 9.486 + 0.299 Q_{t-1} + 0.460 PE_t + 6.265z$$

Tabla 23. Caudales generados Qm (mm/mes) para un periodo extendido.

Mes	z	Qt-1	P Et	Qm
Enero	0.305	61.99	51.25	51.60
Febrero	-1.598	38.78	62.63	49.88
Marzo	-0.844	47.06	73.16	57.20
Abril	-0.570	51.36	43.58	44.89
Mayo	-0.315	43.58	25.40	34.21
Junio	1.079	55.47	10.80	31.06
Julio	-0.739	27.15	7.32	20.98
Agosto	1.084	16.04	7.51	17.74
Setiembre	0.345	12.15	21.22	22.88
Octubre	-1.093	23.75	52.93	40.92
Noviembre	-0.895	37.35	54.58	45.76
Diciembre	0.804	57.70	61.99	55.25 (*)

Para obtener los valores Q_m utilizamos la expresión siguiente:

$$Q_t = 9.486 + 0.299 Q_{t-1} + 0.460 PE_t + 6.265z$$

Z: número aleatorio para 12 meses (un año) con media 0 y desviación estándar 1, distribución normal.

Tabla 24. Números Aleatorios para ser utilizados con la planilla de precipitación.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1965	-1.09	0.72	0.15	-0.16	0.43	1.82	1.06	-1.74	0.73	0.49	-0.54	1.31
1966	0.55	-1.50	-1.19	0.86	-1.15	0.89	1.12	0.24	-0.05	1.57	0.92	-1.52
1967	-1.07	0.36	1.75	-1.61	0.35	0.52	-0.37	0.09	-1.71	-0.26	-1.12	0.75
1968	-1.13	-0.75	1.17	-0.69	-0.75	-0.19	0.68	-0.09	-0.33	0.33	-1.74	-0.32
1969	0.72	0.43	0.06	-0.11	-1.53	0.75	-0.43	-0.80	0.10	-0.63	0.40	-0.85
1970	0.36	1.71	-1.62	-0.74	2.21	-0.48	0.34	1.47	-0.45	0.59	1.36	-0.53
1971	-0.04	0.60	0.33	-0.19	0.99	0.74	-0.65	-2.13	-0.38	-0.85	0.15	1.31
1972	0.51	-1.94	1.35	-0.96	-0.05	-0.39	0.57	-1.66	-1.02	0.83	0.38	-0.52
1973	0.20	1.59	-1.51	-1.07	0.82	-1.38	-0.53	-0.15	-1.49	-0.63	-0.98	-0.41
1974	0.49	-2.48	-0.11	1.37	0.19	0.24	0.47	-1.46	-0.72	-0.38	1.02	-0.48
1975	-1.52	0.95	0.17	0.13	0.22	-0.66	-0.57	0.20	0.21	-0.76	1.00	-0.18
1976	0.60	2.14	-0.61	-0.85	0.41	-0.70	2.21	0.13	-1.02	1.23	-0.75	0.10
1977	-0.57	0.16	-2.71	1.11	-0.81	-0.15	-0.43	-0.47	0.15	-0.93	-1.56	-0.15
1978	2.64	-0.26	-2.64	-0.94	1.50	0.33	0.76	0.23	1.92	-1.16	2.14	-0.33
1979	-1.30	-0.26	-1.07	-0.92	-1.15	-2.61	-1.45	0.35	-0.05	-0.38	-1.69	2.04
1980	0.81	-2.99	-0.06	-1.18	-0.32	-0.28	-0.17	-0.78	-1.28	-0.46	0.72	-0.08
1981	0.53	-0.92	-1.31	-0.81	-1.76	-0.73	-0.02	-1.71	-0.32	2.49	-1.39	-1.16
1982	-1.06	1.81	-0.25	-0.72	-0.47	0.61	0.63	1.18	0.91	0.79	-0.59	1.60
1983	-1.35	-2.46	-0.41	-0.89	-0.60	-0.97	-0.19	-1.07	-1.15	-0.24	-0.19	0.38
1984	-1.35	-1.44	0.69	0.22	0.36	0.96	0.41	-1.50	-0.21	-0.21	0.05	0.40
1985	-1.20	-2.38	-0.25	0.95	0.78	0.18	0.40	-0.51	-0.19	-1.36	1.00	-0.22
1986	0.11	-1.38	0.67	-1.07	0.26	-0.30	0.84	-1.67	1.56	-0.14	0.36	0.37
1987	-0.81	-0.71	-1.08	-0.06	0.82	-1.80	0.40	-0.04	-0.40	-2.00	0.79	1.04
1988	0.95	-0.95	-0.18	2.11	-0.61	-0.75	-0.25	0.68	0.25	-0.61	-0.23	0.53
1989	0.45	0.56	0.43	-0.43	-1.49	-0.97	1.43	-1.04	0.08	-1.42	-0.89	0.24
1990	0.83	0.08	1.44	0.24	0.33	-1.08	-1.87	0.73	0.70	-0.20	-0.45	-1.63
1991	0.44	0.13	1.23	1.01	0.76	1.63	2.16	-0.41	-1.61	0.08	1.12	-0.78
1992	0.26	-1.29	-0.58	-0.50	-0.71	0.64	1.16	-0.12	0.23	0.37	-0.35	-1.06
1993	0.68	-0.64	0.49	-0.94	-1.85	-0.86	2.09	1.08	0.90	0.58	0.23	-1.27
1994	-1.40	-0.32	1.76	1.04	0.25	0.00	0.41	-0.91	-0.43	-1.13	-0.51	0.29
1995	-1.27	-1.05	0.50	1.04	-2.55	-1.06	1.35	0.18	0.41	0.91	0.58	-0.13
1996	0.73	-0.26	1.49	-1.72	-1.53	1.38	-0.92	0.61	-0.98	0.97	0.61	-0.49

1997	-0.45	0.92	0.53	-0.01	0.52	-0.93	-0.05	0.98	-1.64	0.69	0.04	-0.30
1998	0.05	0.96	-0.23	0.23	-0.15	0.74	-0.05	0.68	0.61	1.77	0.31	0.03
1999	1.43	1.11	0.68	0.52	-0.43	0.37	0.21	-1.41	-0.22	-0.78	-1.52	-0.81
2000	0.86	-0.88	-0.80	-1.80	-0.93	0.12	0.37	-0.20	-0.59	0.10	0.28	-0.82
2001	-0.38	0.29	0.66	-2.00	-0.37	1.06	-0.24	-0.10	-1.54	0.91	0.84	0.76
2002	0.16	-1.00	0.61	0.83	-0.89	1.66	-0.79	-1.02	-0.24	-1.03	0.84	0.11
2003	0.59	-1.70	0.77	-1.22	-1.48	-1.09	-0.96	0.51	0.83	-0.32	0.50	2.16
2004	0.59	-1.43	0.11	-0.34	-0.52	0.15	-0.74	0.01	-0.08	0.68	-0.60	-0.30
2005	-1.10	0.88	-1.79	1.59	1.36	-1.44	-0.10	1.95	-1.36	-0.55	-2.04	-0.27
2006	-0.39	0.04	0.37	0.30	-0.40	0.26	1.27	-1.08	0.18	0.39	-0.87	2.20
2007	0.31	-0.26	-0.39	-0.83	-0.43	0.98	-0.71	-1.74	1.29	-1.19	0.89	1.93
2008	-0.26	-2.59	-0.50	-0.74	0.96	1.12	1.19	1.96	-0.76	0.27	0.03	0.91
2009	0.57	-0.28	-0.37	0.75	-0.51	0.37	-0.18	-0.36	-1.02	-0.93	1.15	2.07
2010	-1.31	1.06	0.11	-0.66	-0.57	0.60	-0.72	-0.22	0.20	-2.15	-0.35	-0.04
2011	0.43	1.20	-0.56	-0.37	-0.11	-0.35	-1.05	-0.19	0.80	-0.38	-0.11	1.63
2012	1.89	-1.09	-0.75	0.84	-0.86	-0.59	1.43	0.59	-0.40	-0.58	-2.24	0.80
2013	-0.71	-2.08	-0.24	-0.75	1.00	-0.79	0.16	-0.83	-0.10	2.18	0.13	0.88
2014	-0.08	0.75	0.93	0.98	0.23	0.36	-2.70	0.04	-0.59	-0.63	-0.07	1.38
2015	-0.89	0.27	-1.92	-1.33	-0.45	0.31	-0.29	0.49	1.16	1.35	0.92	-1.07
2016	-0.76	0.64	0.64	-1.16	-0.71	-0.41	-0.22	-0.26	-0.43	1.11	0.64	0.66
2017	-0.47	1.52	-0.83	-1.27	0.24	-0.96	1.67	0.22	0.64	0.26	-1.18	0.11

La generación de los caudales medios mensuales, para el periodo (1965-2017), se hizo aplicando la ecuación (70), cuyos valores se presentan en la Tabla 25. Se utilizaron las planillas de precipitación efectiva Tabla 11 y numero aleatorio (z) con distribución Normal, con media 0 y desviación estándar 1, de la Tabla 24.

(*) Este valor se tomó como primer valor (enero de 1965) de la Tabla 23, el cual se obtuvo considerando que $Q_m = Q_{t-1} = 55.25$ mm/mes

Tabla 25. Generación de Caudales Medios Mensuales (mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	43.46	57.13	46.87	46.82	20.36	29.51	20.46	6.85	29.72	52.80	33.08	54.49
1966	50.78	34.41	28.78	41.52	18.08	22.08	18.44	19.28	14.06	56.78	40.94	31.04
1967	45.42	63.56	53.88	25.20	26.14	25.66	14.32	17.29	2.48	13.97	20.00	43.34
1968	31.41	39.54	46.32	28.75	14.43	14.03	15.81	17.84	25.95	43.69	20.12	39.23
1969	37.64	49.59	42.64	51.31	5.72	27.23	8.58	9.31	16.44	40.31	46.52	58.90
1970	52.33	55.88	0.46	27.09	38.45	25.31	15.06	25.36	13.84	52.16	40.11	42.30
1971	37.77	51.36	64.63	49.57	21.18	26.34	9.23	3.67	15.76	47.04	35.75	57.55
1972	45.23	37.35	55.90	48.90	17.68	16.92	14.84	7.77	12.45	32.61	38.55	43.00
1973	50.98	57.39	32.02	44.40	26.50	21.35	11.56	17.41	24.41	34.81	27.36	44.65
1974	44.79	40.88	40.82	46.93	18.26	26.13	18.80	11.34	17.91	37.63	37.44	44.10
1975	35.71	66.53	52.81	47.38	31.19	21.05	9.19	18.66	25.35	39.18	38.32	43.89
1976	57.27	61.01	31.06	22.42	24.02	20.05	24.58	20.02	6.64	31.61	27.24	38.79
1977	45.10	56.27	23.55	34.73	14.28	15.84	8.95	11.16	15.85	28.83	24.15	43.44
1978	45.54	41.55	17.71	22.91	39.10	25.51	16.41	18.05	30.98	24.69	47.96	47.90
1979	38.41	46.73	48.14	27.22	11.34	-2.06	4.29	18.45	22.12	24.90	17.19	50.69
1980	41.79	24.16	39.21	23.44	14.41	18.34	11.01	10.89	3.00	53.82	53.66	56.77
1981	51.22	66.11	35.95	29.19	8.96	13.06	12.53	10.19	15.56	70.56	23.74	43.17
1982	35.64	61.68	36.58	41.26	24.59	29.29	16.48	24.16	32.95	69.47	33.38	63.67
1983	57.16	34.55	47.75	48.08	18.33	14.31	11.90	9.85	10.76	41.43	28.99	57.78
1984	26.20	64.69	45.84	37.18	34.71	35.67	18.48	10.46	21.13	43.80	39.54	54.07
1985	25.67	22.30	32.63	37.79	24.51	19.46	14.90	14.78	21.25	24.81	33.08	42.51
1986	47.53	37.63	45.23	47.00	20.35	14.70	16.34	8.84	23.12	32.17	36.68	48.72
1987	47.14	49.25	28.26	33.38	21.35	7.33	18.85	17.65	19.70	17.18	43.53	57.00
1988	62.60	56.81	33.74	57.67	12.90	11.09	9.06	18.46	22.06	36.99	35.33	49.30

1989	53.11	67.20	46.19	44.37	7.96	12.51	20.43	11.39	26.59	44.65	25.16	35.40
1990	50.37	46.62	41.39	34.27	23.73	19.79	-0.66	16.73	19.98	43.70	36.87	36.69
1991	36.49	48.03	46.44	47.16	21.30	27.41	25.32	16.49	3.80	22.96	38.04	44.71
1992	38.22	31.13	34.23	31.44	13.21	27.73	19.46	18.83	25.17	43.44	26.08	32.15
1993	41.11	46.01	52.59	43.77	9.90	8.77	24.02	26.63	28.59	55.17	35.83	39.47
1994	39.65	47.22	53.39	65.25	21.86	19.05	13.46	9.93	11.89	17.84	33.71	55.58
1995	24.22	32.44	39.17	41.77	6.74	8.36	19.65	16.97	16.21	24.49	40.74	53.17
1996	46.08	51.38	51.36	31.49	9.54	24.71	4.22	17.20	8.88	43.51	22.52	26.28
1997	30.96	44.99	27.18	33.20	17.42	11.48	9.89	19.68	4.78	30.63	34.05	40.44
1998	33.47	58.17	38.99	44.92	24.82	22.59	9.24	16.90	18.69	59.66	38.87	31.86
1999	58.92	94.57	36.50	35.62	25.63	38.82	13.68	6.11	30.52	23.73	23.74	53.57
2000	46.79	60.83	43.65	29.85	18.14	23.54	14.02	18.09	29.27	21.55	25.75	40.85
2001	64.99	55.74	64.94	33.31	19.39	23.11	10.11	12.42	12.69	42.37	47.88	63.68
2002	40.46	37.74	51.37	63.65	12.61	26.02	9.23	6.37	15.91	43.68	42.10	62.15
2003	52.37	16.91	36.80	23.08	3.85	7.89	4.03	16.59	20.29	20.83	21.68	52.70
2004	46.55	27.70	31.47	31.28	12.67	17.09	10.41	14.93	18.16	43.76	41.38	56.38
2005	39.64	54.57	55.23	61.54	22.75	9.78	10.89	27.75	8.27	60.81	10.68	52.31
2006	44.08	67.85	66.77	51.87	10.47	24.53	20.38	12.29	17.59	44.46	34.82	83.35
2007	63.23	39.41	51.29	47.24	18.22	22.13	13.72	10.18	24.35	50.57	51.55	56.58
2008	54.46	59.26	40.03	37.27	29.84	30.36	19.19	35.11	22.30	48.31	34.80	46.25
2009	80.49	64.48	52.21	66.13	30.81	33.87	13.00	17.13	12.55	41.05	54.34	71.33
2010	38.67	55.62	52.50	41.01	13.66	22.59	8.80	13.53	16.99	21.45	52.84	62.18
2011	52.03	59.76	47.65	60.76	15.54	15.33	4.96	10.67	27.60	29.69	35.58	67.93
2012	106.41	88.53	30.98	46.85	13.55	11.54	20.81	21.22	8.30	45.78	49.66	47.68
2013	40.00	34.41	48.57	35.57	44.74	19.94	35.60	25.00	10.91	55.21	23.37	53.93
2014	46.68	59.55	61.54	47.01	28.23	22.27	-6.54	9.66	13.92	22.53	33.65	63.93
2015	76.31	58.01	32.33	32.32	30.78	22.53	9.90	19.01	24.30	35.37	41.24	44.67

2016	55.41	36.49	24.56	26.34	10.66	13.90	10.88	13.95	18.32	39.36	23.30	49.14
2017	62.09	71.63	64.19	49.63	26.81	15.31	23.98	26.80	23.66	44.26	13.45	40.16
PROMEDIO	46.53	50.53	42.66	41.00	19.67	20.19	13.75	15.51	17.95	39.06	34.77	49.74
DESVIACION	13.71	15.37	12.51	11.57	8.89	8.06	7.08	6.26	7.83	13.79	10.06	11.23

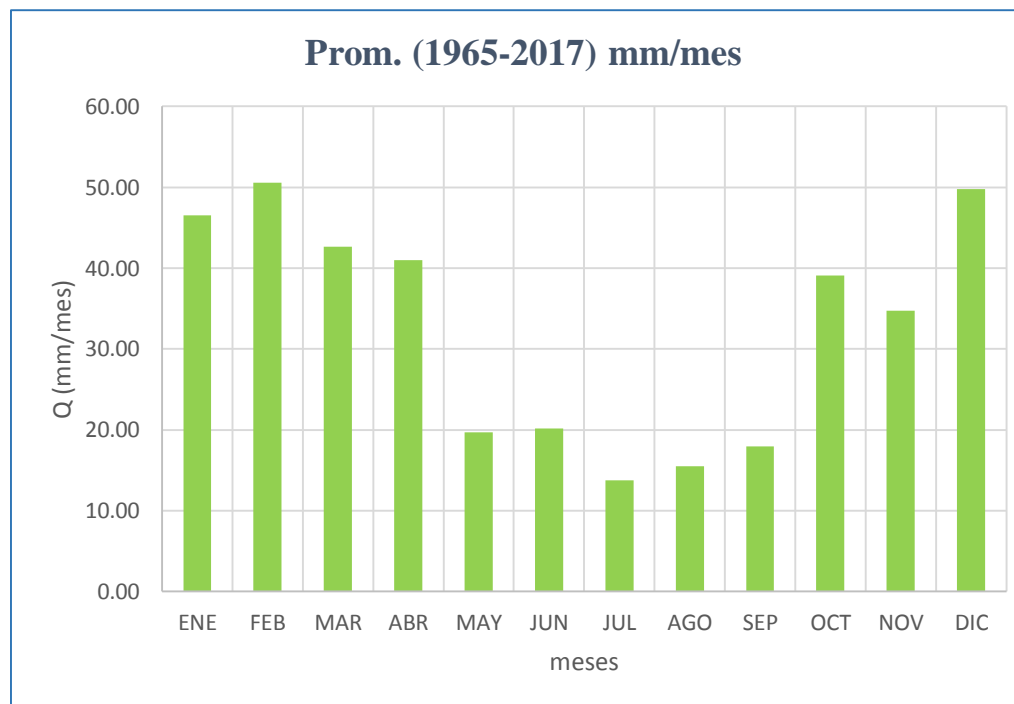


Figura 26. Promedio Mensual de Caudales para un Periodo (1965 -2017), extendidos en la Microcuenca Toromacho.

4.4 TRANSFERENCIA DE INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA

Aplicando la fórmula 85 descrito en el capítulo anterior a los caudales de la estación hidrométrica el ronquillo periodo (2008 -2017), ver Tabla 26, se hizo la transferencia de caudales hacia la Microcuenca Toromacho.

Tabla 26. Caudales medios mensuales (m³/seg) registrados en la estación ronquillo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	0.55	0.87	0.95	0.89	0.43	0.27	0.20	0.15	0.13	0.18	0.21	0.11
2009	0.33	0.41	0.54	0.95	0.47	0.22	0.16	0.13	0.15	0.42	0.28	0.61
2010	0.20	0.33	0.34	0.93	0.31	0.19	0.17	0.14	0.12	0.13	0.12	0.15
2011	0.80	1.50	0.80	0.67	0.44	0.27	0.21	0.21	0.17	0.15	0.12	0.27
2012	0.37	0.53	1.69	0.73	0.24	0.22	0.17	0.10	0.14	0.20	0.41	0.20
2013	0.31	0.39	1.09	0.49	0.27	0.26	0.23	0.16	0.13	0.22	0.17	0.31
2014	0.32	0.31	0.84	0.48	0.46	0.30	0.27	0.17	0.13	0.15	0.19	0.25
2015	0.82	0.52	1.23	0.64	0.45	0.33	0.30	0.26	0.22	0.14	0.21	0.21
2016	0.35	1.20	1.18	0.61	0.38	0.29	0.20	0.14	0.15	0.24	0.36	0.32
2017	0.55	0.14	1.09	0.84	0.39	0.35	0.18	0.19	0.15	0.18	0.15	0.26

Fuente (Alvares,2016)

Para la transposición de caudales se utilizó la fórmula de transposición de Caudales de Oswald, descrita en las ecuaciones 85 y 86, para esto se tuvo que analizar los parámetros geomorfológicos de las cuencas, ya que tienen que ser semejantes, la microcuenca tres ríos es aquella que presenta la información, mientras que la microcuenca Toromacho será la del problema. Con los datos que se obtuvieron sólo se pudo realizar la transposición para el periodo 2008 – 2013.

Tabla 27. Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Tres Ríos.

Microcuenca Tres Ríos	
Área (km ²)	41.47
Kc	1.12
Co%	22.85
Z	3480.00
pp	293.60
Forma	oval redonda

Tabla 28. Parámetros geomorfológicos de la Microcuenca Toromacho.

Microcuenca Toromacho	
Área (km ²)	46.77
Kc	1.80
Co%	14.67
Z	3403.00
pp	1067.80
Forma	oblonga alargada

Se muestra el cálculo para el mes de enero de 2008, para los demás meses se sigue el mismo procedimiento.

$$Q_p = \frac{3480}{3403} * \frac{1067.80}{293.60} * \frac{46.77^{\frac{3}{2}}}{41.47} * 0.55 = 1.83 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Los caudales medios mensuales transpuestos desde la cuenca Tres Ríos, con el modelo de transferencia de información hidrometeorológica hacia la microcuenca Toromacho, para el periodo 2008-2017 se presentan en la tabla 29.

Tabla 29. Caudales medios mensuales (m³/seg) transpuestos de la estación Ronquillo a la microcuenca Toromacho.

CAUDALES TRANSPUESTOS A LA MICROCUENCA TOROMACHO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	1.83	2.86	3.12	2.94	1.42	0.88	0.65	0.51	0.41	0.60	0.70	0.35
2009	1.08	1.37	1.77	3.14	1.56	0.73	0.52	0.44	0.50	1.38	0.93	2.02
2010	0.67	1.08	1.12	3.06	1.03	0.62	0.55	0.47	0.40	0.44	0.38	0.50
2011	2.64	4.95	2.65	2.21	1.44	0.89	0.70	0.69	0.55	0.50	0.41	0.90
2012	1.22	1.75	5.58	2.42	0.80	0.72	0.57	0.33	0.47	0.67	1.34	0.67
2013	1.01	1.29	3.60	1.62	0.90	0.86	0.77	0.53	0.44	0.73	0.55	1.03
2014	1.06	1.03	2.76	1.59	1.53	0.99	0.89	0.55	0.41	0.49	0.64	0.83
2015	2.69	1.71	4.06	2.11	1.48	1.09	0.98	0.87	0.73	0.47	0.70	0.69
2016	1.15	3.95	3.90	2.01	1.25	0.97	0.66	0.45	0.49	0.80	1.20	1.05
2017	1.80	0.46	3.60	2.78	1.30	1.15	0.59	0.62	0.48	0.60	0.48	0.85

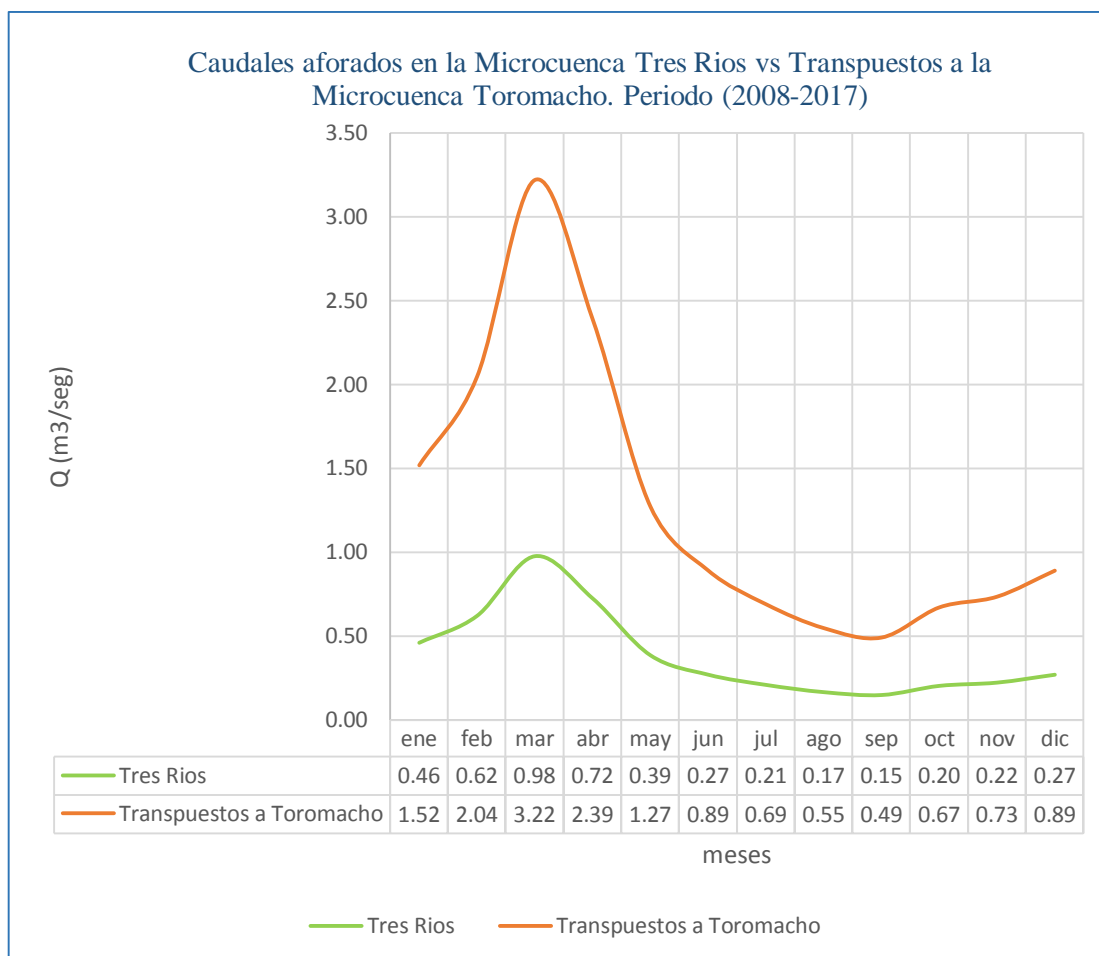


Figura 27. Caudales aforados en la Microcuenca Tres Ríos vs Transpuestos a la Microcuenca Toromacho. Periodo (2008-2017).

4.5 RECOPIACION DE INFORMACION DE CAMPO

Tabla 30. Caudales aforados en la microcuenca Toromacho.

Mes	Fecha	Q(m3/s)
Febrero	18/02/2017	1.21
	24/02/2017	1.66
Marzo	04/03/2017	1.64
	11/03/2017	1.91
	18/03/2017	2.55
	25/03/2017	2.24
Abril	01/04/2017	2.41
	08/04/2017	1.26

	15/04/2017	1.06
	22/04/2017	0.8
	29/04/2017	0.66
Mayo		
	06/05/2017	0.54
	13/05/2017	0.54
	20/05/2017	0.75
	27/05/2017	0.55
Junio		
	03/06/2017	0.59
	10/06/2017	0.45
	15/06/2017	0.42
	24/06/2017	0.38
Julio		
	01/07/2017	0.3
	08/07/2017	0.33
	15/07/2017	0.32
	22/07/2017	0.28
	29/07/2017	0.27
Agosto		
	05/08/2017	0.26
	19/08/2017	0.19
	26/08/2017	0.18
Setiembre		
	02/09/2017	0.27
	09/09/2017	0.28
	16/09/2017	0.35
	23/09/2017	0.29
	30/09/2017	0.28

Caudales medios aforados en la Microcuenca Toromacho 2017

Tabla 31. Caudales aforados en la microcuenca Toromacho m³/seg.

MES	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Qmedio aforado (m3/seg)	1.435	2.085	1.238	0.595	0.46	0.3	0.21	0.294

4.6 DISCUSIÓN

Según el primer objetivo planteado para calcular los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Toromacho se tiene que el área de la cuenca es de 46.77 Km², por lo tanto, se clasifica como microcuenca, longitud del cauce principal es de 18.83 Km, lo cual se clasifica como un río de cauce corto, el coeficiente de compacidad es de 1.804, por lo que se define como una cuenca oval oblonga, factor de forma de la microcuenca es de 0.132, por lo que se clasifica de forma ligeramente achatada, pendiente de laderas es de 23.30 %, por lo que es fuerte accidentado, coeficiente orográfico es de 0.299, por lo que es una microcuenca poco degradada y accidentada, tiempo de concentración de la microcuenca es de 0.775 Horas, clasificándose del tipo de concentración rápida.

La precipitación media areal de la microcuenca Toromacho (tabla 11), para el período 1965-2017, muestra que en dichos años se ha mantenido el régimen de lluvia, mostrando meses lluviosos (octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo) y meses con escasa precipitación pluvial (junio, julio, agosto y setiembre). En promedio, el mes más lluvioso es marzo con 165.39 mm y el menos lluvioso julio con 16.55 mm; esta variación es característica en la región Cajamarca.

La aplicación del modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para generar caudales medios mensuales en la microcuenca Toromacho, en mm/mes, tomando en cuenta que el mes más lluvioso es Marzo, lo que concuerda con la precipitación media areal de Marzo, hallada con el método de las Isoyetas (tabla 11), indicando que es el mes de mayor abastecimiento de agua que se almacena en la microcuenca. La retención (62.30 mm/año) representa el 6% del promedio del módulo de precipitación (1067.8 mm), lo cual concuerda para cuencas de la sierra peruana; el coeficiente de agotamiento (0.0203 días - 1) muestra que se trata de una cuenca con agotamiento rápido. Esto se considera lógico porque en los meses poco lluviosos el caudal tiene una gran disminución comparado con los de los meses lluviosos.

En vista de no contar con medidas históricas de caudales (m³/s) en la microcuenca Toromacho, fue imposible calibrar el modelo; sin embargo, lo que motivó generar caudales medios en mm/mes se considera satisfactorio.

La aplicación del modelo de transferencia de información hidrometeorológica desde la cuenca Tres Ríos hacia la microcuenca Toromacho, en m³/s, tomando en cuenta que el

mes más lluvioso es marzo, lo que concuerda con los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz; y el mes menos lluvioso con el modelo de Lutz Scholz es julio, mientras que con el modelo de transferencia de información hidrometeorológica los resultados obtenidos se asemejan en un 70% ; esto se debe a que tanto la microcuenca Toromacho y la cuenca Tres Ríos no cumplen en un 100 % con la similitud hidráulica.

Realizando una comparación entre los modelos de Transposición y Lutz Scholz, para el periodo 2008-2017 podemos darnos cuenta que en el mes que más difieren es en el mes de marzo ya que el modelo Lutz Scholz genera un valor de 0.794 m³/seg, mientras que el modelo de trasposición nos da un valor de 3.217 m³/seg, habiendo una diferencia de 2.423 m³/seg que es una diferencia amplia, mientras en el mes de octubre se logra obtener el mismo valor en ambos modelos que vienen hacer el valor de 0.669 m³/seg. Como se observa en la figura 28.

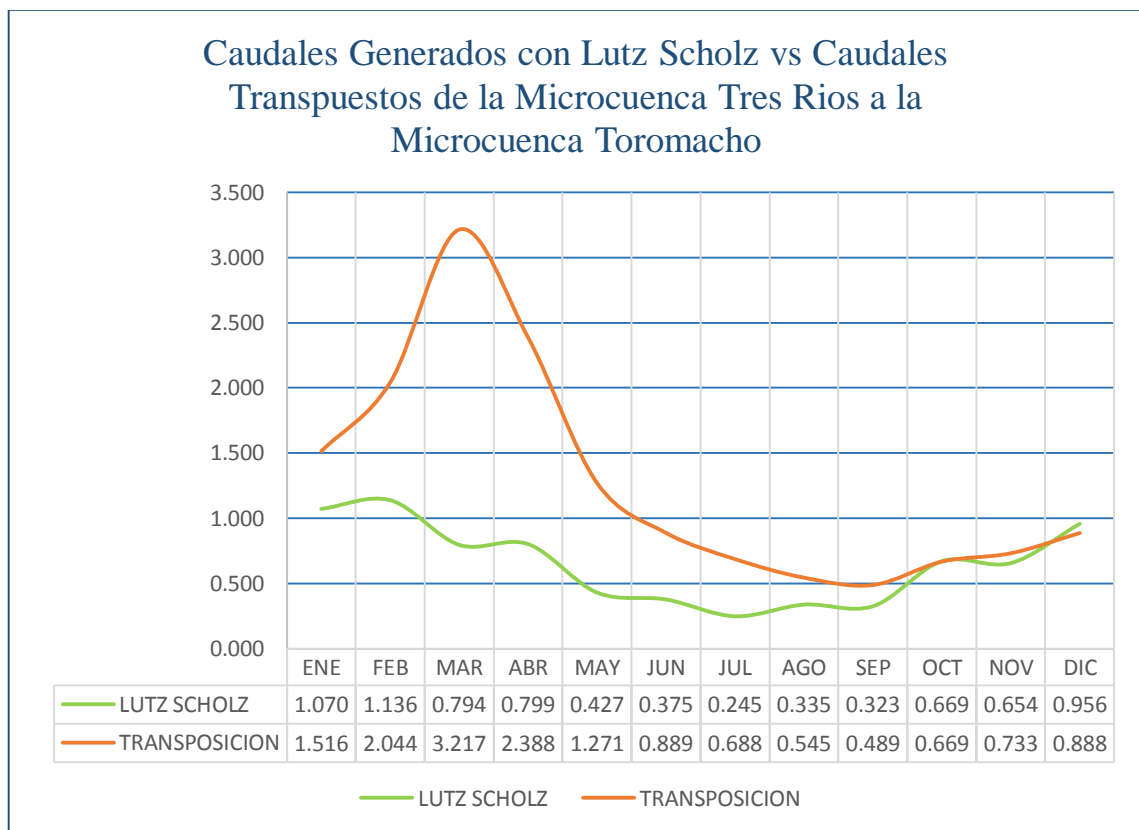


Figura 28. Comparación de Caudales Generados con Lutz Scholz vs Caudales Transpuestos de la Microcuenca Tres Rios a la Microcuenca Toromacho para el periodo 2008-2017

Se hizo la comparación de los Modelos tanto Lutz Scholz, Transposición de Caudales con los aforados en campo dándonos cuenta que el modelo de generación de caudales Lutz

Scholz se asemeja más a los caudales tomados en campo, mientras que el modelo de Transposición de Caudales no tienen mucha semejanza y podemos concluir que esto se debe a que la microcuenca Tres Ríos y la Microcuenca Toromacho no tienen mucha similitud en sus parámetros geomorfológicos.

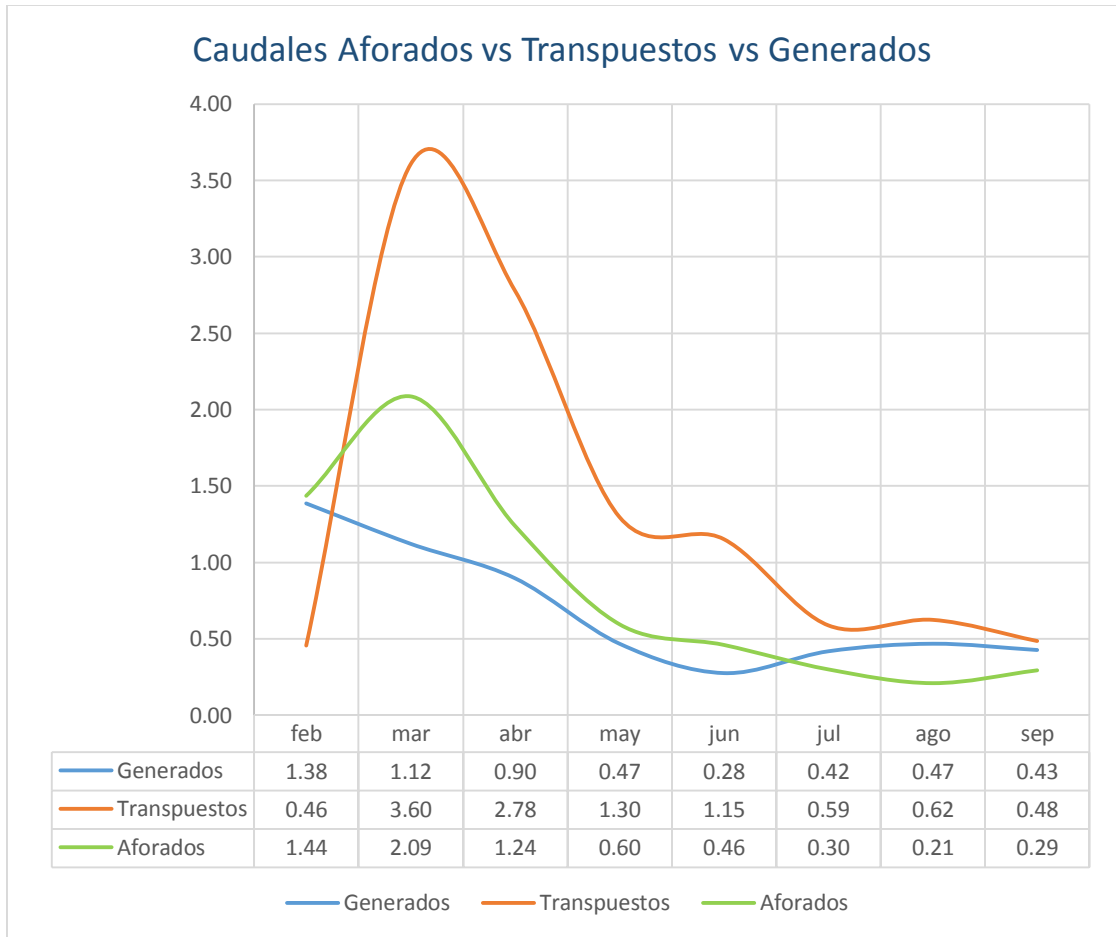


Figura 29. Comparación de Caudales Generados con Lutz Scholz ,Caudales Transpuestos de la Microcuenca Tres Ríos a la Microcuenca Toromacho con los caudales aforados en campo para el año 2017

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- La microcuenca Toromacho, con punto emisor bajo el puente Quengorío, es del tipo alto andina, con área de 46.77 km², altitud media de 3737.909 m.s.n.m., pendiente de laderas 23.30 % e índice de Gravelius 1.80. El cauce principal se denomina Quengorío con una pendiente de 2.626 %, donde se ha observado que el agua es derivada fundamentalmente para uso agrícola y pecuario.
- Los caudales medios mensuales (m³/s) generados por el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz (período 1965-2017) varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la microcuenca Toromacho; tal que en los meses lluviosos varía de 0.63 m³/s a 0.98 m³/s y en los meses de escasez varía de 0.24 m³/s a 0.36 m³/s, notándose una gran diferencia entre ambos períodos. Dichos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base.
- Los caudales medios mensuales (m³/s) generados por el modelo determinístico de transposición de caudales (período 2008-2017) también varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la microcuenca Toromacho; tal que en los meses lluviosos varía de 3.22 m³/s a 0.49 m³/s y en los meses de escasez varía de 0.89 m³/s a 0.55 m³/s, notándose una gran diferencia entre ambos periodos.
- Los caudales aforados durante el año 2017 en los meses lluviosos son como máximo de 2.085 m³/s, mientras que en los meses de estiaje como mínimo es de 0.210 m³/s, lo cual concuerda con los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz, pero difiere en cierto grado con el de Transferencia de información hidrometeorológica debido a que no cumplen la similitud hidráulica entre sistemas.
- El modelo hidrológico que más se ajusta a los caudales aforados en campo es el de Lutz Scholz, por utilizar más variables en su estudio respecto al modelo de transferencia de información hidrometeorológica, por lo que se podría decir que el modelo Lutz Scholz si es aplicable a cuencas de la región de Cajamarca.

5.2 RECOMENDACIONES

- Como no se cuenta con información de caudales en la microcuenca Toromacho, se recomienda la instalación de una estación hidrométrica. De ser posible se podría instalar una regla limnimétrica en el lugar donde se realizó el aforo “Rio Quengorio” ya que mediante este instrumento se realizarían observaciones diarias y así se tendría una data confiable de caudales en la microcuenca Toromacho.
- Debido a que la red hidrológica y meteorológica en la microcuenca es básica, es necesario la instalación de estaciones pluviométricas dentro del área de estudio, para ello se recomienda que, en coordinación con la población, se evalué la instalación de pluviómetros y pequeñas estaciones meteorológicas en las partes altas de la cuenca, siempre y cuando se cuente con personal técnico y profesional ya que son instrumentos delicados.
- Este modesto trabajo logró estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca Toromacho, como a la vez se transpuso caudales de otra microcuenca, sin embargo a este nivel de estudio no se puede entrar en mayores detalles, por lo cual se recomienda que tomando como base la presente investigación, se elaboren estudios complementarios más detallados (tipo de suelo, infiltración, evaporación, etc.), las cuales deben ser las más representativas de la zona de estudio para luego poder realizar una extrapolación de estos resultados a otras microcuencas con similares características.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F. (1989). Fundamentos de hidrología de superficie. México, 1era. Ed.: LIMUSA.

Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura hidrología Civ-233. Bolivia.

Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (2000). Hidrología Aplicada. Colombia: McGRAW-HILL.

Scholz, L. (1980). Generación de caudales mensuales en la sierra peruana. Meris II. Cuzco.

Villón, M. (2002). Hidrología. Costa Rica: MaxSoft, 2da. Ed.

LINKOGRAFIA

ANA, "Inventario de Fuentes Hídricas superficiales en la microcuenca de la quebrada Toromocho", agosto 2012. Disponible en Web: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/43>

OTROS

Ortiz, O. (2004). Evaluación Hidrológica. Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía (HIDRORED).

Ortiz, O. (2015). "Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica". Investigaciones y Proyectos Hidráulicos.

AAA, V. (2012). "Inventario de Fuentes Hídricas Superficiales en la Cuenca del "Río Chailhuagón". Cajamarca.

Teran, N. (2014). "Voluen de Agua Aprovechable en la Microcuenca del Río Tres Ríos, Usando el Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, Para los Años Hidrológicos 2008-2012" (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Cajamarca.

VII. ANEXOS

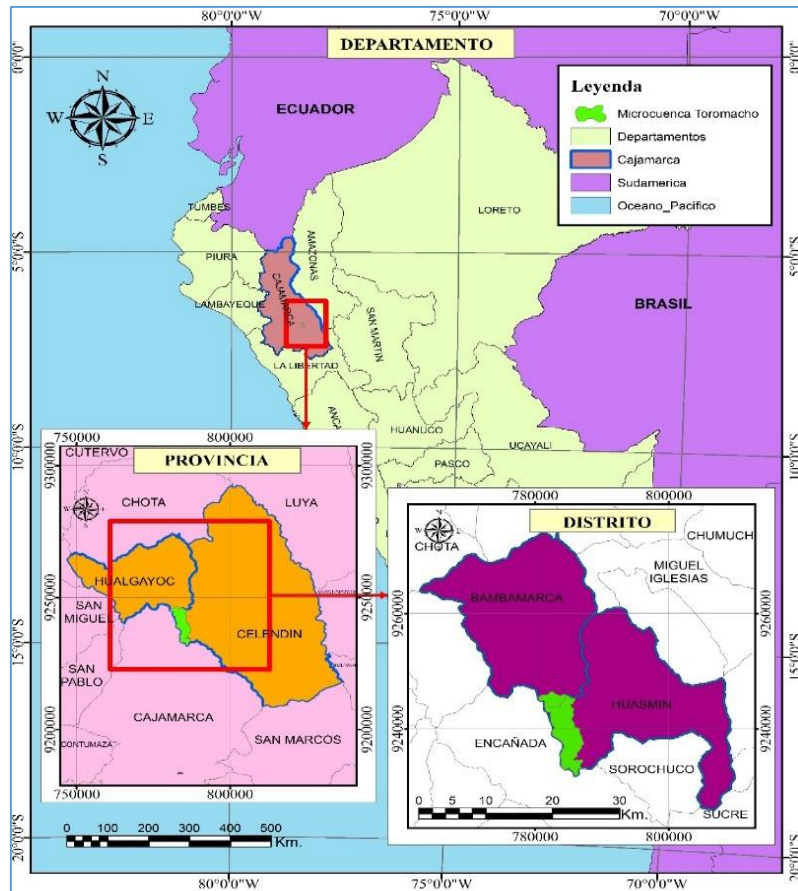


Figura 30. Mapa de Ubicación de la Microcuenca Toromacho.

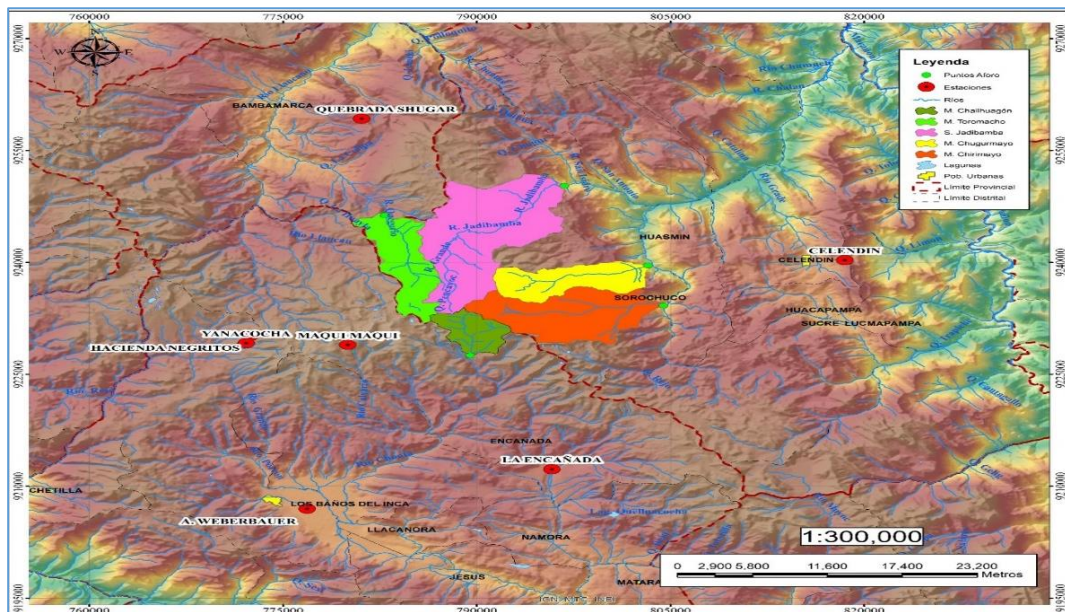


Figura 31. Estaciones Meteorológicas Cercanas a la Microcuenca Toromacho

Tabla 32. Bofedales Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.

Bofedales - Microcuenca Toromacho										
N°	NOMBRE	UBICACIÓN							CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
		GEOGRÁFICA			POLÍTICA				ÁREA	PERIMETRO
		UTM ESTE	UTM NORTE	ALTITUD msnm	DPTO.	PROV.	DISTRITO	CENT. POB.		
									m ²	m
1	Lagunas	786031	9232887	4066	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	20940.70	783.54
2	Negra	785732	9233425	3940	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	30435.36	2138.57
3	Sin Nombre	784009	9233633	4023	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	919.71	121.40
4	La Chica	785154	9233923	3840	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	43796.52	1798.89
5	Las Dos Piedras	784426	9234075	3919	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	8.91	11.00
6	Las Rangreta	784445	9234108	3918	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	5.81	9.18
8	Mamacocha	784962	9234875	3833	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	61915.77	3500.19
9	Sin Nombre	785110	9235359	3815	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	10983.11	553.73
10	Colpa 2	784888	9235556	3833	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	729.34	151.35
11	Colpa 1	784851	9235612	3845	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	45.90	31.18
12	Sin Nombre	784477	9235633	3881	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	53.11	39.94
13	Sin Nombre	785645	9235866	3806	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	15398.61	895.96
14	El Lirio	784547	9235976	3880	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	20.59	23.28
15	Sin Nombre 1	787177	9236244	3762	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	2209.04	212.40
16	Sin Nombre 2	787077	9236339	3759	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	270.72	80.64
17	Sin Nombre	786255	9236409	3790	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	451.26	91.80
18	Sin Nombre	786327	9236602	3792	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	267.68	69.61
19	La Era	784440	9236854	3931	Cajamarca	Celendín	Huasmín	El Alumbre	36.08	23.97
20	Sin Nombre 3	787201	9237447	3613	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	286.68	88.83
21	Sin Nombre	787168	9237462	3780	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	89.02	46.07
22	Sin Nombre 4	787181	9237485	3787	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	81.59	48.81
25	Sin Nombre	786139	9238098	3710	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	127.63	44.20
26	Sin Nombre	786659	9238193	3740	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	83.16	35.34
27	Sin Nombre 5	786847	9238228	3753	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	297.98	175.38
28	Sin Nombre 8	786358	9238234	3726	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Quengorío Bajo	96.59	57.90

29	Sin Nombre	786488	9238236	3730	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	573.46	97.98
30	Sin Nombre 9	786389	9238288	3736	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	259.37	114.92
31	Sin Nombre 6	786897	9238496	3828	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	806.60	129.99
32	Sin Nombre 7	786892	9238525	3828	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	86.65	58.06
33	Sin Nombre 10	785075	9238844	3611	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	335.38	101.60
34	Sin Nombre 11	785459	9239766	3644	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	410.34	130.43
35	Sin Nombre 12	785538	9239768	3655	Cajamarca	Celendin	Huasmin	Quengorio Bajo	2817.15	271.49

Tabla 33. Lagunas Inventariadas por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.

Manantiales - Microcuenca Toromacho											
N°	NOMBRE DE LA LAGUNA	UBICACIÓN							CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
		GEOGRÁFICA			POLÍTICA				ESPEJO DE AGUA	PERIMETRO	PROFUNDIDAD APROXIMADA
		UTM ESTE	UTM NORTE	ALTITUD	DPTO.	PROV.	DISTRITO	CENT. POB.			
		m	m	msnm					km ²	Km	m
1	Seca	785 967	9 233 254	3 967	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Alumbre	0.025	0.878	1.2
2	Negra	785 696	9 233 415	3 940	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Alumbre	0.029	0.806	8.4
3	Chica	785 134	9 233 896	3 840	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Alumbre	0.006	0.319	5.6
4	Mamacocha	784 959	9 234 782	3 831	Cajamarca	Celendín	Huasmín	Alumbre	0.244	2.358	12

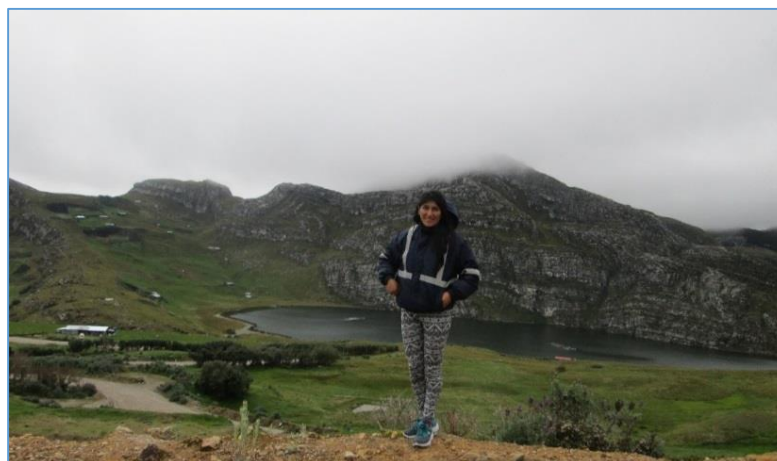


Figura 32. Laguna Namococha.

Tabla 34. Manantiales Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.

Manantiales - Microcuenca Toromacho								
Nº	NOMBRE DEL MANANTIAL	UBICACIÓN						CAUDAL
		GEOGRÁFICA			POLÍTICA			AFORADO
		UTM ESTE	UTM NORTE	ALTITUD	DPTO.	PROV.	DISTRITO	
		m	m	msnm				L/s
1	Sin Nombre 1	785846	9233156	3987	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
2	El Lirio 2	784137	9233339	4009	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
3	El Lirio 1	784133	9233352	4004	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
4	El Chochocón	784615	9233494	3967	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.47
5	El Lirio 2	784045	9233502	4015	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.11
6	El Puquio	784329	9233531	3983	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.025
7	El Cienego	784365	9233582	3982	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.006
8	Sin Nombre 2	785440	9233635	3956	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
9	La Trucha	784460	9233713	3968	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.02
10	Sin Nombre	784580	9233809	3926	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.027
11	Felipa Portal	783924	9233815	4059	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
12	Julio Portal	784347	9233866	3968	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.12
13	Sin Nombre 4	784882	9233888	3850	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.237
14	Sin Nombre	784527	9233947	3909	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.16
15	Sin Nombre 5	784770	9233958	3838	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.380
16	Sin Nombre 3	785419	9233995	3852	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
17	La Huaylla	784660	9234132	3844	Cajamarca	Celendin	Huasmin	1.49
18	Cruzado Portal	784271	9234214	3969	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.13

19	La Rangra	784484	9234413	3860	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.33
20	Sin Nombre 6	784764	9234462	3817	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
21	Santos Garay	784376	9234560	3917	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
22	Martin Garay	784354	9234595	3918	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
23	El Cerrito 2	784543	9234646	3841	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.14
24	Las Cuevas 2	784274	9235061	3931	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.14
25	El Tomate	784792	9235074	3820	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.013
26	Las Cuevas 1	784253	9235077	3928	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.64
27	La Tierra Amarilla	784118	9235086	3961	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.27
28	El Luñe	785288	9235340	3812	Cajamarca	Celendin	Huasmin	1.15
29	La Hierva Buena	785401	9235401	3827	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.16
30	La Totora 2	784623	9235418	3853	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.03
31	La Totora 1	784659	9235489	3853	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.038
32	La Pampa	784273	9235489	3923	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.05
33	Las Cortaderas	784854	9235505	3828	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.07
34	La Piedra	784281	9235508	3919	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.10
35	La Quinoa	784848	9235528	3836	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.1
36	La Peña Blanca	785728	9235565	3882	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.40
37	La Alcantarilla	785542	9235582	3826	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.70
38	La Falda 2	784382	9235607	3898	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.06
39	La Piedra	784846	9235649	3847	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.027
40	Sin Nombre	784429	9235653	3891	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.2
41	Sin Nombre	784430	9235654	3890	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.038
42	La Falda 1	784274	9235685	3924	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.16
43	El Malle	785743	9235724	3844	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.34
44	Baltazar Rojas IV	786052	9235800	3900	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
45	Sin Nombre 1	786806	9235801	3725	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C

46	Baltazar Rojas VIII	785922	9235806	3868	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
47	Baltazar Rojas VII	785942	9235827	3870	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
48	Baltazar Rojas VI	785993	9235831	3877	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
49	Baltazar Rojas V	786090	9235851	3887	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
50	Sin Nombre 7	785697	9235875	3818	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
51	Baltazar Rojas III	786275	9235959	3924	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
52	Victoria Idrogo II	785240	9235982	3831	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
53	Baltazar Rojas II	786086	9235985	3829	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
54	Baltazar Rojas I	785953	9235986	3818	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
55	La Cortadera 1	784503	9236034	3834	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.06
56	La Cortadera 2	784505	9236037	3861	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.07
57	Sin Nombre	787148	9236053	3895	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
58	Victoria Idrogo III	785145	9236110	3852	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
59	Nemesio Idrogo I	785167	9236116	3852	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
60	Nemesio Idrogo II	785454	9236129	3825	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
61	Victoria Idrogo I	784763	9236132	3843	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
62	Basilio Huaman VII	784854	9236159	3842	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
63	Sin Nombre	787244	9236198	3850	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
64	Aurora Idrogo II	785176	9236212	3862	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
65	Chugur	784422	9236226	3869	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.01
66	Basilio Huaman V	784935	9236248	3846	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.03
67	Justino Idrogo III	785571	9236286	3836	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
68	El Derrumbo	784363	9236315	3896	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.031
69	Justino Idrogo I	785393	9236332	3857	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.05
70	Basilio Huaman III	784978	9236345	3859	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.02
71	Basilio Huaman II	784989	9236350	3863	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.23
72	Jose Huaman II	785664	9236351	3838	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C

73	Justino Idrogo II	785568	9236363	3851	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
74	El Aliso	784382	9236386	3889	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.14
75	Basilio Huaman IV	784961	9236389	3862	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.23
76	Aurora Idrogo I	785230	9236436	3886	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.05
77	Eleuterio Idrogo V	785183	9236475	3900	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.01
78	Eleuterio Idrogo VI	785187	9236476	3902	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.07
79	La Peña	784392	9236490	3895	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.01
80	Basilio Huaman I	785238	9236496	3905	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
81	Eleuterio Idrogo IV	785242	9236534	3917	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.02
82	El Cienego	784510	9236534	3863	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.05
83	Basilio Huaman VI	784560	9236583	3847	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
84	Jose Huaman I	785243	9236603	3930	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.05
85	Eleuterio Idrogo III	785254	9236624	3930	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
86	Eleuterio Idrogo II	785318	9236659	3937	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
87	Eleuterio Idrogo I	785122	9236738	3919	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.02
88	Wluder Huaman I	785226	9236782	3898	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
89	La Vira Vira	784431	9236827	3923	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.01
90	El Berro	784408	9236828	3932	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.008
91	Wluder Huaman III	785211	9236836	3907	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.01
92	Wluder Huaman II	785212	9236837	3907	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.08
93	Wluder Huaman IV	785184	9236844	3900	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.22
94	Alejandrina Garay II	785084	9236903	3823	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
95	Alejandrina Garay I	785132	9236963	3818	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
96	La Zarcilleja	784443	9237004	3924	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.03
97	La Cahuiña	784417	9237126	3941	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
98	Rubertina Cruzado II	785060	9237313	3784	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
99	Sin Nombre 2	787267	9237327	3767	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C

100	Rubertina Cruzado I	785067	9237333	3788	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
101	Sin Nombre 3	787243	9237359	3768	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
102	Sin Nombre	786233	9238480	3845	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
103	Sin Nombre 4	786233	9238752	3732	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
104	Sin Nombre 5	785286	9238811	3656	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
105	Sin Nombre 8	785534	9239328	3759	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
106	Sin Nombre 7	785663	9239399	3776	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C
107	Sin Nombre 6	785314	9239870	3640	Cajamarca	Celendin	Huasmin	S/C

Tabla 35. Quebradas Inventariados por la Autoridad Nacional del Agua en la Microcuenca Toromacho.

Quebradas - Microcuenca Toromacho												
N°	NOMBRE DE LA FUENTE	UBICACIÓN									LONGITUD (km)	PENDIENTE PROMEDIO
		GEOGRAFICA						POLITICA				
		NACIENTE			DESEMBOCADURA			DEPART	PROV	DIST		
		ESTE1	NORT1	ALTIT1	ESTE2	NORTE2	ALTITUD2					
1	Sin Nombre 3	786639	9238529	3800	786549	9238207	3735	Cajamarca	Celendín	Huasmin	0.36	18.06
2	Qda. Seca	786095	9232994	4071	786126	9233176	3971	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.27	36.54
3	Sin Nombre 1	785846	9233156	3988	785933	9233210	3966	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.13	17.45
4	Qda. Lag Negra	786524	9233273	4018	786053	9233533	3950	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.64	10.56
5	Sin Nombre 3	786354	9233367	4019	786214	9233546	3982	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.27	13.52
6	Sin Nombre 2	786060	9233378	3978	786056	9233319	3968	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.06	15.71
7	Qda. Rio Blanco	785571	9233471	3940	785181	9233900	3840	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.94	10.70
8	Qda. La Chica	784793	9234461	3840	785167	9233937	3833	Cajamarca	Celendin	Huasmin	1.43	0.46

9	Qda. Mamacocha	784910	9235103	3832	786196	9236287	3796	Cajamarca	Celendin	Huasmin	3.07	1.17
10	Qda. Sin Nombre	784 249	9235368	3920	784 988	9 235 332	3813	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.94	11.38
11	Sin Nombre 6	785538	9235848	3811	785480	9235900	3808	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.08	4.04
12	Sin Nombre	784567	9235985	3874	785214	9237278	3745	Cajamarca	Celendin	Huasmin	1.67	7.70
13	Sin Nombre 4	785437	9236133	3835	785903	9236154	3798	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.54	6.76
14	Qda. Baja	787142	9236252	3766	787079	9236286	3753	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.08	15.96
15	Sin Nombre 5	785319	9236310	3866	785980	9236211	3799	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.80	8.45
16	Sin Nombre 7	784593	9236403	3850	784789	9236476	3805	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.27	16.57
17	Qda. Chica	787500	9236872	3769	787468	9236889	3762	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.04	15.74
18	Sin Nombre 1	787281	9237200	3765	787308	9237256	3759	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.07	8.79
19	Sin Nombre 5	785491	9237949	3680	785504	9238140	3655	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,22	11.36
20	Sin Nombre 6	785107	9238023	3674	785165	9238324	3640	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,33	10.30
21	Sin Nombre 9	784239	9238071	3840	784878	9238666	3630	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,95	22.11
22	Sin Nombre 2	786890	9238517	3828	786767	9238149	3745	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.44	18.81
23	Sin Nombre 3	786829	9238534	3832	786832	9238364	3787	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.19	23.26
24	Sin Nombre 4	786577	9238653	3742	786369	9238241	3727	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.50	3.01
25	Sin Nombre 8	785373	9238709	3685	785294	9238483	3635	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,26	19.23
26	Sin Nombre 7	786233	9238750	3822	785002	9238531	3820	Cajamarca	Celendin	Huasmin	1,49	0.13
27	Qda. Quinuales	785502	9238789	3679	784793	9238923	3596	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.83	9.98
28	Sin Nombre 6	785876	9238806	3716	785860	9238772	3710	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.04	12.89
29	Sin Nombre 10	784128	9238819	3725	784638	9239578	3690	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,98	3.57
30	Sin Nombre 11	783217	9238902	3750	784562	9239909	3560	Cajamarca	Celendin	Huasmin	2,22	8.56
31	Sin Nombre 5	786071	9238915	3748	785723	9238420	3650	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.72	13.48

32	Sin Nombre 12	783990	9239023	3690	784306	9239559	3595	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,68	13.97
33	Sin Nombre 13	783837	9239043	3710	784008	9239184	3660	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,23	21.74
34	Sin Nombre 8	786092	9239236	3826	786037	9239574	3750	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.38	20.08
35	Qda. Peña Blanca	786437	9239279	3852	784635	9240151	3570	Cajamarca	Celendin	Huasmin	2.65	10.64
36	Sin Nombre 9	785982	9239541	3759	785998	9239626	3744	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.11	14.51
37	Sin Nombre 7	785356	9239905	3646	785363	9239816	3633	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0.11	12.56
38	Sin Nombre 15	783351	9240019	3730	783899	9240090	3620	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,62	17.74
39	Sin Nombre 16	783717	9240049	3640	783795	9240044	3625	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,08	18.75
40	Sin Nombre 14	783899	9240090	3625	784614	9240147	3615	Cajamarca	Celendin	Huasmin	0,81	1.23

- Las siguientes tablas, indican las precipitaciones registradas en cada una de las estaciones meteorológicas que se usarán en el modelo, pero como se observa, tenemos una data incompleta que posteriormente serán completadas.

Tabla 36. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Celendín.

Precipitaciones - Celendín												
	Departamento		CAJAMARCA		Provincia		CELENDIN		Distrito		CELENDIN	
	Latitud		6°51'11"		Longitud		78°8'42"		Altitud		2470 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	56.10	76.40	217.50	116.60	14.50	0.60	8.40	2.90	84.30	97.90	149.40	116.90
1966	163.50	62.70	33.30	60.60	55.10	21.10		6.40	5.80	138.40	100.60	43.10
1967		101.60	96.50	107.30	41.40	12.50	30.70	2.40	13.50	124.30	103.40	97.50
1968	134.40	144.00	135.40	38.50	17.60	6.50	4.20	3.30	158.80	76.40	78.40	84.00
1969	15.30	126.30		185.30	4.70	86.80	1.60	7.50	56.60	213.30	308.60	197.90

1970	147.60	51.10	113.60	96.70	42.40	20.40	11.00	2.80	18.30		99.30	126.00
1971	125.10	120.20	144.10		44.30	16.40	5.10	16.80	17.90	131.30	171.40	131.50
1972	41.80	63.70	196.30	184.10	58.40	0.00	0.00	21.40	66.20	31.80	181.40	89.30
1973	75.50	49.10	104.70	163.10	28.50	8.70		6.40	47.00	45.00	73.00	93.70
1974	37.00	210.20	185.10	61.30	0.20	42.80	0.00	42.20	28.50	152.00	109.10	77.30
1975	56.40	209.80	176.20	131.60	104.30	25.60	42.90	48.70	11.70	110.80	52.10	33.80
1976	111.80	87.20	212.70	82.40	46.80	21.00	0.00	19.20	13.90	55.00	43.60	52.10
1977	144.10	123.50	161.00	78.00	8.20	0.00	1.70	0.80	44.60	111.10	136.30	56.70
1978	54.00	50.90	88.40	119.90	93.90	2.50	49.60	2.40	17.80	98.50	72.10	112.50
1979	53.00	98.20	266.10	197.80	2.80	0.50	8.10	37.60	107.30	18.60	27.00	59.20
1980					164.00	18.40	0.00	22.40	16.90	147.00		
1981											140.20	198.70
1982	81.70	60.00										
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996				74.50	28.00	0.00	0.50	0.00	24.40	176.30	62.60	17.20

1997	51.90	109.20	74.20	168.10	15.90	11.20	0.00	0.00	33.50	89.20	119.40	154.10
1998	74.40	156.10	242.40	169.50	49.30	0.00	0.70	0.00	18.30	174.30	91.80	44.80
1999	177.50	319.10	100.40	13.00	54.10	49.20	5.80	6.60	107.80	53.60	130.20	241.90
2000	107.70	224.00	220.60	112.40	45.00	54.80	1.90	9.80	60.70	5.70	53.40	160.40
2001	249.50	134.90	445.00	50.60	39.60	1.30	5.40	0.00	32.20	104.30	162.20	97.00
2002	57.90	90.50	289.10	172.60	27.90	1.90	29.30	0.00	2.00	208.60	122.00	151.80
2003	48.70	71.10	158.60	92.70	27.30	21.20	1.70	0.90	39.50	80.90	95.80	116.40
2004	51.30	63.50	101.70	106.60	32.90	0.00	20.50	2.50	50.30	94.40	225.40	143.20
2005	79.30	103.40	236.50	69.30	16.50	0.00	0.00	0.00	39.00	250.30	26.60	166.70
2006	98.50	136.10	349.80	62.40	3.40	11.80	9.10	3.90	66.30	118.30	123.10	144.60
2007	91.60	17.60	275.80	122.20	27.60	3.00	6.00	9.90	20.00	215.30	152.90	123.20
2008	98.50	180.20	98.80	98.70	48.50	28.00	11.00	21.00	21.00	132.00	142.50	38.80
2009	212.10	75.90	223.50	150.90	71.40	5.80	6.10	0.00	38.20	98.70	139.50	116.00
2010	84.70	200.40	176.30	61.80	69.90	2.80	18.70	3.90	39.00	60.40	123.00	135.10
2011	62.80					1.30	17.70	4.80	40.50	95.30	113.50	173.60
2012	217.70	115.60	127.20	100.00	42.70	3.40		1.70	0.30	142.00	208.10	79.70
2013	76.60	58.90	167.10	66.70	63.00	21.10	16.50	33.20	4.70	162.90	24.30	129.40
2014	78.10	136.70	166.60	84.00	126.80	1.30	0.30	4.40	33.20	70.00	62.20	79.20
2015	179.20	25.20	235.60	114.80	77.30	5.50	3.10		0.60	35.70	96.90	44.30
2016		169.80	130.80	42.90	6.70	2.10	1.80	2.00	30.60	134.00	19.40	213.60
2017	241.50	92.90	300.20	170.70	81.10	16.10	1.20	16.90	20.70	100.00	66.70	172.00

Tabla 37. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Chugur.

Precipitaciones - Chugur												
	Departamento		CAJAMARCA		Provincia		HUALGAYOC		Distrito		CHUGUR	
	Latitud		6°40'0"		Longitud		78°44'0"		Altitud		2744 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	170.90	147.30	284.80	169.30	69.50	47.80	51.00	14.40	192.40	169.70	195.10	129.50
1966	186.30	200.20	143.50	49.00		27.80	2.50	22.10	52.00	280.30	118.30	23.00
1967		148.90	116.10	73.80	105.60	37.00	81.90	44.00	37.10	238.40	20.10	19.40
1968	185.00	100.00	164.30	102.10	43.90	10.00	24.90	58.10	146.90	104.40	42.00	7.80
1969	167.20	23.80	31.60	38.20	52.70	47.30	27.90	62.90	68.70	126.50	185.50	5.40
1970	138.20	43.40	95.00	44.70	190.80	22.40	77.60	7.50	100.30	191.60	142.30	114.30
1971	104.60	78.60	567.30	112.50	85.10	99.90	68.90	13.50	53.80	147.50	39.90	172.50
1972	79.80	133.80	129.40	85.70	184.60	6.20	3.00	61.10	84.80	107.90	143.30	111.50
1973	157.60	124.20	216.30	329.60	43.10	94.80	53.10	92.50	105.50	159.10	102.00	81.40
1974	137.30	242.40	173.30	117.80	60.80	28.80	7.90	5.10	83.10	103.60	126.50	127.20
1975	193.50	279.60	401.00	164.80	180.80	61.60	105.90	18.10	121.60	244.90	86.10	10.20
1976	366.40	190.40	293.10	152.60	79.40	18.20	0.00	19.30	56.30	48.00	42.00	73.30
1977	294.80	169.50	99.40	183.40	89.70	15.90	13.00	5.00	39.70	144.40	255.40	127.70
1978	20.90	73.30	68.00	85.20	62.20	12.10	35.00	0.00	118.00	21.30	82.90	77.70
1979	23.70	42.60	105.60	62.10	82.70	14.30	23.00	12.40	91.10	13.20	13.50	24.10
1980	122.00	68.60	44.60	54.30	97.40	0.00	2.20	0.00	12.00	261.60	192.43	93.00
1981	75.20	186.82	119.00	94.60	78.20	120.10	23.40	49.80	3.40	377.60	93.60	93.60
1982	124.50	186.90	119.70	105.20	166.20	2.40	5.40	0.00	81.00	254.70	187.50	256.30
1983	299.70	156.90	156.80	269.90	315.80	188.50	53.20	82.60	190.00	118.10	53.50	78.30
1984	58.20	189.60	168.60	259.10	135.60	64.50	12.10	1.50	85.20	111.70	69.80	71.40
1985	113.70	76.40	129.20	86.60	102.60	77.20	132.30	18.10	12.00	179.50	130.80	42.10

1986	87.50	119.80	121.50	54.90	139.20	86.30	153.20	0.00	2.00	80.90	189.20	265.60
1987	127.00	160.90	143.50	232.90	30.60	28.00	136.40	77.20	144.90	170.50	250.50	180.40
1988	322.20	406.70	130.10	112.00	141.90	61.10	8.20	9.00	153.10	217.80	145.40	337.10
1989	497.00	546.70	688.50	735.60	190.30	77.00	10.40	22.50	63.80	105.90	6.50	13.30
1990	0.80	2.30	25.40	139.10	8.10	11.10	4.50	3.40	39.00	181.50	121.90	34.20
1991	10.60	63.70	107.20						19.10	42.40	18.10	36.60
1992	53.90	39.40	30.70	26.60	5.20	10.50	0.00	11.20	120.40	62.10	7.50	45.50
1993	76.10	150.90	366.30	389.00	304.90	26.20	52.00	46.30	229.70	380.30	151.30	198.60
1994	338.30	234.20	362.50	256.50	55.60	0.00	0.00	0.00	71.60	86.70	114.10	147.60
1995	77.00	311.30	237.30	120.60	164.00	26.30	53.80	9.20	58.20	206.40	209.20	299.30
1996	118.90	238.30	413.40	220.80	68.60	26.40	25.30	26.50	67.50	308.00	92.30	62.30
1997	86.50	219.50	115.80	146.30	68.70	67.40	0.00	13.10	42.60	117.00	207.60	276.20
1998	168.90	258.00	301.10	277.80	107.90	15.70	0.00	14.30	66.80	165.10	103.60	108.80
1999	160.70	423.60	309.00	135.80	160.10	146.10	30.30	13.80	222.70	134.20	147.90	268.90
2000	81.30	311.60	382.90	145.20	177.10	75.40	7.80	8.00	129.00	51.80	81.50	243.60
2001	202.60	161.90	431.20	127.00	220.00	10.40	11.20	4.70	137.00	140.30	166.30	261.10
2002	131.30	272.90	325.10	238.30	72.20	5.50	16.80	17.60	64.50	240.70	170.40	207.80
2003	168.30	247.60	197.20	134.60	47.70	69.80	5.20	68.90	137.50	93.80	159.00	115.90
2004	116.10	151.90	121.20	115.60	95.20	5.80	74.30	7.10	86.80	189.80	216.20	122.70
2005	110.50	237.80	473.20	61.90	37.10	11.10		2.40	48.00	311.60	117.40	177.80
2006	175.90	328.80	499.10	127.10	51.60	80.70	39.40	32.30	117.00	105.80	199.80	284.10
2007	168.90	93.20	295.60	245.30	93.20	0.80	59.10	39.60	33.00	240.80	242.10	75.20
2008	259.00	473.70	317.80	249.10	103.60	31.70	40.80	20.00	292.20	245.60	120.80	53.80
2009	340.40	213.00	436.90	164.30	157.30	76.40	33.20	15.10	66.50	166.80	209.80	178.80
2010	69.90	237.00	341.30	260.70	134.50	11.70	6.60	8.50	12.10	46.70	30.60	41.10
2011												
2012											234.50	81.20

2013	189.90	159.20	348.00	139.70	208.70	19.70	20.60	64.00	18.50	276.20	44.00	203.80
2014	125.60	347.60	362.50	116.00	161.70	7.10	55.70	46.30	142.40	145.30	170.30	190.30
2015	249.60	108.20	595.30	179.25	155.90	9.60	6.30	10.00	5.50	102.10	154.60	48.20
2016	502.20	284.60	280.20	233.10	43.00	46.70	3.50	59.60	109.30	169.70	36.20	164.20
2017	252.00	307.20	585.50	222.50	178.30	44.20	0.00	77.00	78.70	259.30		

Tabla 38. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Granja Porcón.

Precipitación Mensual - Granja Porcón												
Departamento	CAJAMARCA			Provincia		CAJAMARCA		Distrito		CAJAMARCA		
Latitud	7°2'15"			Longitud		78°37'45"		Altitud		2980 m.s.n.m.		
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965												
1966							4.00	8.20	33.00	189.00	83.00	26.00
1967	269.00	290.00	216.00	85.00	62.00	7.00	30.50	33.00	28.00	188.50	23.00	105.50
1968	102.00	154.50	168.50	82.50	22.00	3.00	11.50	37.50	117.50	158.50	123.00	173.50
1969	79.50	176.50	183.00	167.50	18.50	64.00	5.50	15.00	42.00	105.00	208.00	182.50
1970	107.00	123.50	140.50	127.00	91.00	33.50	22.50	25.00	74.00	122.50	207.00	117.50
1971	140.00	130.50	476.50	153.50	117.50	65.00	72.00	37.50	76.00	220.50	163.00	166.00
1972	104.00	150.00	257.00	149.50	55.20	14.50	0.00	47.00		29.50	174.20	119.70
1973	186.30	103.00	203.00	198.30	62.00	70.60	33.90	124.40	139.40	22.00	173.90	121.30
1974	146.80	112.70	159.70	204.40	51.00	60.00	18.00	59.00	45.00	81.60	62.50	104.00
1975	108.10	23.30	175.20	224.70	61.90	32.50	3.00	53.50	16.00	117.00	91.00	20.00
1976	189.00	135.00	185.00	61.00	58.00	30.00	0.00	12.00	27.00	62.00	26.00	79.00
1977	197.00	236.00	175.00	100.50	29.50	13.50	6.50	2.00	62.50	96.50	149.50	85.00
1978	40.00	105.50	51.50	88.50	88.20	0.00	25.80	0.00	66.90	70.40	191.00	189.50

1979	108.70	144.80	370.20	61.50	54.00	10.80	34.00	40.40	117.30	48.20	27.30	108.10
1980	70.00	37.30	166.90	69.60	73.60	11.80	0.00	5.70	2.20	247.20	221.10	161.00
1981	94.10	257.30	190.00	153.10	65.60	0.00	0.00	0.00	6.50	160.60	60.30	90.80
1982	56.80	19.20	72.20	32.60	34.20							
1983												
1984			15.50	134.00	0.00	0.00	60.00					
1985						0.00	0.00	0.00	0.90	0.60	0.80	0.00
1986	155.00	41.00	6.00	74.20	106.60			50.00	10.90	33.00	51.80	133.20
1987	315.70	118.50	126.50	85.30	68.60	0.00	19.50	0.00	60.50	122.70	161.60	82.00
1988	307.50	176.90	63.60	167.30	18.60	15.60	6.40	5.30	30.60	133.70	112.60	127.60
1989	188.70	216.80	85.00	89.90	18.50	0.00	0.00	0.00	46.50	77.00	51.50	0.00
1990	29.70	85.40	88.60	127.20	33.10	35.60	0.90	0.60	139.70	262.00	250.20	103.60
1991	94.70	355.50	509.60	248.60	287.00	6.30	0.00	0.00	78.70	157.60	221.50	250.10
1992	170.10	74.10	137.10	119.10	107.70	62.40	0.00	24.00	135.50	119.20	75.70	174.10
1993	147.60	190.60	374.30	437.80	102.70	19.80	0.00	18.40	82.60	137.50	206.20	452.60
1994	475.40	373.50	531.90	268.50	329.10	18.60	0.00	22.20	104.80	252.80	210.70	142.50
1995	139.70	228.80	217.70	127.80	112.70	12.60	51.80	48.90	54.90	96.50	125.90	243.90
1996	198.80	407.50	312.70	141.30	59.70	49.70	0.00	20.30	48.50	232.90	80.60	58.60
1997	186.90	190.30	123.20	260.00	81.00	18.50	39.00	9.90	80.50	169.20	301.60	305.10
1998	168.50	380.50	298.70	243.20	85.40	0.00	0.00	14.80	67.60	234.70	158.80	99.00
1999	210.30	494.20	253.50	126.00	166.70	53.90	20.30	6.40	228.30	65.30	138.60	166.40
2000	74.80	237.00	221.10	168.60	160.70	40.70	1.60	16.30	123.20	19.30	62.80	236.50
2001	341.10	227.70	419.20	92.60	88.70	17.60	15.20	0.40	145.20	169.50	156.10	171.80
2002	76.20	188.80	390.10	159.00	38.10	27.80	15.20	2.60	53.30	202.10	226.50	243.00
2003	103.80	134.90	124.30	81.20	76.00	54.40	28.90	15.60	47.20	101.80	112.60	100.00
2004	70.30	230.40	168.20	82.40	75.40	11.70	41.00	19.10	84.80	147.00	168.00	240.90
2005	157.80	231.20	343.30	93.10	91.60	53.70	0.00	7.10	54.40	152.80	28.60	164.80

2006	145.50	188.10	345.70	184.70	62.80	62.00	5.10	15.70	116.20	39.80	158.50	183.60
2007	245.40	64.50	352.30	226.30	57.70	1.10	42.60	20.10	32.80	171.80	211.10	146.40
2008	190.60	291.20	252.40	150.30	76.00	73.30	16.00	11.00	110.90	182.60	127.30	66.40
2009	344.80	197.50	307.30	149.60	127.40	31.30	18.10	8.00	27.00	184.00	187.90	234.80
2010	108.00	169.70	275.70	163.50	83.10	39.40	44.30	33.60	31.20	82.70	96.50	182.60
2011												
2012							0.00	45.80	33.70	137.30	202.90	67.60
2013	141.00	279.90	352.40	196.20	193.40	32.80	17.70	33.80	30.40	174.50	28.00	243.70
2014	137.40	174.90	242.40	103.40	79.30	5.10	9.60	10.50	65.80	97.40	90.30	209.20
2015	367.40	164.00	283.20	111.80	158.40	1.70	9.70	0.40	24.60	88.40	124.50	107.10
2016	166.30	134.30	162.20	138.40	36.80	1.10	0.00	43.40	149.20	39.90	173.80	156.60
2017	235.60	365.60	138.60	170.70	43.90	41.60	0.00	35.20	30.60	105.80	30.10	141.40

Tabla 39. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Maqui Maqui.

Precipitación Mensual - Maqui Maqui												
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	120.00	163.90	168.50	118.20	37.10	5.00	12.90	12.90	83.40	168.50	142.50	153.50
1966	92.30	115.10	148.50	76.40	78.90	5.00	7.40	13.20	24.30	156.90	139.10	114.00
1967	180.50	203.30	178.50	54.70	84.70	25.90	32.60	15.20	43.60	198.00	93.40	128.40
1968	85.20	148.10	155.70	46.80	43.50	8.20	8.80	19.50	84.70	139.30	130.90	155.80
1969	60.90	141.30	164.40	128.80	24.50	44.80	7.70	16.20	32.90	138.30	183.60	229.00
1970	104.90	111.20	162.40	85.50	70.10	45.40	10.20	13.90	32.60	201.40	127.60	142.40
1971	85.80	164.00	269.90	85.80	33.70	29.80	23.00	19.90	48.80	179.00	121.90	152.40
1972	81.40	135.50	181.00	115.60	48.00	13.90	10.40	21.30	50.30	79.80	143.00	139.30
1973	141.70	138.40	169.40	150.80	55.90	63.30	14.90	20.80	151.80	140.30	142.00	159.20

1974	90.60	203.80	167.50	91.70	28.90	40.10	13.20	24.20	66.20	146.60	131.40	160.60
1975	142.10	219.30	229.40	105.30	116.70	25.30	13.80	20.80	76.60	162.70	141.60	157.40
1976	194.90	131.10	163.20	57.80	83.10	51.70	7.50	14.70	22.90	81.20	148.20	134.60
1977	194.10	209.80	196.50	69.00	58.40	21.20	14.10	12.90	29.20	117.20	131.10	153.70
1978	16.50	104.20	145.40	61.20	115.00	12.90	11.30	14.40	43.70	67.90	130.30	134.90
1979	124.70	148.70	206.20	61.40	45.40	8.70	14.10	19.30	57.80	67.90	102.10	136.40
1980	50.20	111.80	154.30	50.60	32.20	35.70	10.20	15.60	6.60	248.00	188.30	184.60
1981	115.80	247.60	176.60	56.70	43.20	18.40	13.80	17.80	38.80	216.60	121.70	188.30
1982	105.90	168.80	160.10	132.90	76.30	20.80	9.30	15.60	74.70	238.50	143.80	169.10
1983	174.00	143.20	202.40	156.50	66.30	25.50	15.90	14.00	34.20	174.10	103.90	194.00
1984	34.70	292.00	186.50	120.90	120.50	56.00	28.20	20.50	62.90	143.00	174.60	182.50
1985	34.60	111.80	139.00	68.00	97.20	5.80	11.70	20.40	63.90	111.40	99.60	131.30
1986	125.20	116.70	171.70	176.60	45.30	6.20	8.50	18.90	4.90	100.60	142.70	140.60
1987	146.10	161.50	140.10	82.30	35.30	13.10	17.00	17.90	67.50	89.70	150.90	148.30
1988	163.50	171.20	143.20	142.50	37.40	16.00	7.40	13.00	56.70	144.00	141.70	149.90
1989	129.10	221.50	180.90	128.40	49.00	38.90	10.20	15.30	90.40	207.60	123.20	101.20
1990	150.30	136.40	150.60	47.90	64.10	55.00	8.10	15.80	35.70	175.30	176.20	157.00
1991	63.60	156.60	192.00	86.50	50.20	6.40	7.70	13.00	19.50	74.40	131.40	156.70
1992	77.00	101.80	155.10	74.40	49.10	48.10	11.50	17.00	69.60	135.20	107.90	124.20
1993	89.70	177.60	253.00	152.60	65.00	8.90	10.30	14.10	87.00	207.00	148.00	166.50
1994	174.40	169.00	212.00	210.90	72.20	11.70	7.40	13.00	22.30	72.70	166.70	197.40
1995	20.60	145.00	154.60	84.50	72.50	14.20	3.90	3.60	22.20	70.40	156.20	168.90
1996	79.00	155.20	184.90	97.80	55.10	22.90	2.80	10.40	29.10	146.30	55.40	83.30
1997	94.20	125.20	74.90	63.50	25.10	9.40	6.10	2.30	25.90	89.70	136.40	118.60
1998	57.40	192.50	161.00	119.40	93.40	5.80	0.40	1.60	18.00	155.40	160.80	47.40
1999	162.40	315.20	137.40	69.60	101.40	93.20	17.00	7.20	123.60	58.00	110.20	238.00
2000	86.40	226.20	196.20	97.60	68.40	26.40	5.00	35.80	136.40	9.60	55.20	147.80

2001	243.20	148.80	257.40	99.60	65.40	6.80	12.80	3.40	72.00	124.60	170.40	193.60
2002	53.00	106.60	193.00	168.60	35.20	15.80	18.40	3.30	40.80	195.60	134.00	207.20
2003	92.40	101.60	113.80	25.60	9.40	13.20	4.40	4.40	13.40	18.00	22.40	118.70
2004	95.70	67.10	110.00	71.50	21.60	7.40	22.10	8.70	55.60	115.60	187.00	203.00
2005	116.30	140.20	325.70	122.90	30.50	17.50	11.40	17.80	36.80	292.40	73.90	229.40
2006	91.40	257.30	270.80	122.40	21.60	58.70	9.70	22.60	33.00	140.00	168.90	276.60
2007	120.10	72.40	236.20	137.40	67.30	6.30	51.00	37.10	33.20	234.00	194.80	108.20
2008	138.20	250.90	167.90	102.90	73.10	29.00	14.00	41.10	90.20	154.20	134.60	124.90
2009	263.70	173.70	256.30	198.40	134.60	74.40	24.90	38.30	44.90	181.60	200.40	170.10
2010	74.70	147.60	241.30	113.30	109.70	22.10	16.80	4.80	27.70	119.60	267.70	221.70
2011	118.60	161.00	251.00	218.90	28.90	13.20	8.90	6.60	74.60	73.10	149.30	191.80
2012	367.50	295.90	134.40	116.80	50.80	7.90	0.00	10.70	3.80	217.90	311.40	71.60
2013	96.80	144.00	172.70	76.50	162.60	9.90	26.70	43.90	12.20	149.10	80.00	161.00
2014	90.40	177.00	219.70	63.80	80.80	13.00	3.30	9.70	42.60	73.20	137.80	202.20
2015	308.50	131.10	239.00	110.00	124.50	9.90	11.10	12.90	47.00	52.30	140.70	157.40
2016												
2017												

Tabla 40. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica Quebrada Shugar.

Precipitación Mensual - Quebrada Shugar												
Departamento	CAJAMARCA			Provincia		HUALGAYOC		Distrito		BAMBAMARCA		
Latitud	6°41'16"			Longitud		78°27'25"		Altitud		3292.7 m.s.n.m.		
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
1971											129.30	118.30
1972	60.40	119.50	202.40	212.20								
1973												
1974												
1975												
1976												
1977												
1978	74.70	85.90	55.90	88.30	61.50	5.80	56.70	1.20	56.50	54.40	105.80	125.30
1979	76.80	99.40	268.50	98.70	44.60	2.60	34.40	48.90	78.10	20.30	58.70	54.80
1980	87.90	82.20	137.50	40.00	31.30	17.60	21.00	11.20	9.50	204.50	214.60	72.30
1981	80.70	195.00	162.60	106.50	77.70	51.80	21.40	96.90	44.50	164.70	85.90	102.00
1982	85.10	95.80	93.30	105.20	129.00	106.20	32.40	0.00	123.70	186.40	119.90	171.50
1983	214.50	37.80	207.00	125.70	49.90	29.20	23.10	26.20	62.70	82.80	100.70	161.90
1984	50.70	249.90	152.60	87.00	95.60	26.90	41.80	33.70	68.80	154.60	72.10	59.20
1985	43.60	64.60	76.80	47.00	32.70	10.70	20.70	18.70	66.10	15.50	47.20	95.90

1986	115.00	99.90	115.60	84.90	46.70	0.00	3.50	40.70	60.10	31.10	69.90	94.30
1987	123.10	115.70	90.00	66.40	26.90	14.40	82.40	0.90	50.40	16.80	126.20	
1988	108.80	172.30	77.20	69.70	30.00	0.00	0.00	0.00	47.90	62.10	118.90	66.10
1989	126.90	98.50	131.10	82.50	7.90	16.00	8.70	0.00	59.50	99.60	56.50	30.80
1990	33.90	24.00	9.30	70.90	49.10	34.60	4.90	6.40	26.60	94.60	98.40	61.30
1991	76.40	67.30	54.10	109.30	17.60	7.40	21.60	0.00	36.40	31.50	55.00	120.20
1992	57.00	61.30	108.10	81.10	22.60	62.20	15.30	33.20	91.80	88.50	53.70	70.60
1993	92.30	55.70	97.50	102.00	76.40	6.50	0.00	22.60	27.20	75.80	81.60	85.10
1994	76.70	88.90	78.20	71.20	27.20	21.90	1.20	2.90	46.70	48.10	63.90	104.40
1995	60.50	43.20	77.60	25.80	61.70	28.10	26.70	0.00	22.80	93.10	88.30	150.90
1996	92.40	135.90	115.60	66.30	28.30	10.30	3.00	17.90	23.50	87.90	26.20	14.90
1997	59.50	44.80	67.70	134.90	24.00	24.60	0.00	14.90	35.20	48.50	96.80	114.50
1998	69.00	100.90	146.00	98.70	48.70	2.60	0.00	4.30	56.80	209.10	73.40	73.40
1999	136.70	284.00	60.50	40.20	82.60	104.50	8.20	5.50	90.90	27.90	145.70	124.00
2000	56.70	181.60	196.30	86.30	94.40	75.90	27.80	6.70	66.30	24.70	122.90	141.50
2001	196.00	65.30	260.50	43.00	52.90	4.50	4.60	0.30	51.20	100.10	150.80	126.70
2002	61.50	136.70	197.60	165.00	68.10	2.80	36.60	0.30	39.30	133.50	154.10	174.60
2003	136.80	152.70	107.70	125.10	49.40	41.60	1.30	41.30	79.10	94.30	115.90	106.80
2004	65.90	80.10	103.50	74.60	67.10	34.80	45.70	20.30	21.20	148.30	148.90	129.00
2005	63.50	144.90	174.50	141.20	11.00	2.90	6.10	3.50	37.10	161.60	56.80	138.90
2006	156.00	130.50	289.20	56.10	10.40	33.70	28.90	3.10	46.40	116.80	112.70	165.40
2007	189.10	55.10	187.80	149.30	29.00	2.30	23.10	38.20	37.00	121.40	151.00	71.90
2008	185.10	249.80	182.70	105.50	69.70	17.00	3.20	27.00	87.50	151.10	98.60	40.40
2009	290.60	141.70	144.10	131.70	91.10	35.10	18.70	6.00	52.20	134.40	156.20	152.60
2010	98.20	116.40	134.50	68.80	71.10	41.00	28.10	3.40	41.50	50.00	104.20	83.60
2011	73.90	63.20		137.70	51.70					70.20	91.70	187.50
2012	202.70	208.90	127.90	113.00	38.90	11.10	0.50	8.70	18.20	95.50	145.60	139.10

2013	133.00	108.40	303.50	109.70	102.00	6.80	17.00	67.30	7.60	135.00	20.30	168.60
2014	162.00	114.60	268.90	71.10	98.80	3.40	13.10	10.10	48.80	43.20	77.70	117.30
2015	156.20	90.50	8.10				10.60	29.40	8.90	49.80	88.40	119.20
2016	93.20		86.50	35.60	18.50	19.80	6.90					
2017	189.90	94.20	234.30	113.50	35.50	3.20	48.50	49.60	49.60	111.20	70.30	89.80

Tabla 41. Estación con Data Incompleta de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quebrada Quilcate.

Precipitación Mensual Quilcate												
Departamento		CAJAMARCA			Provincia		SAN MIGUEL		Distrito		CATILLUC	
Latitud		6°49'22"			Longitud		78°44'38"		Altitud		2930 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965							55.00	5.00	69.00	139.00	123.50	90.50
1966	168.00	42.50	106.00	150.00	89.70	17.60	17.70	17.80	29.50	218.20	109.20	40.00
1967	142.40	177.60	152.20	27.70	40.10	27.50	51.30	16.20	16.10	141.00	77.00	87.40
1968	82.90	76.10	142.60	67.70	65.10	4.20	18.10	33.00	128.70	86.80	47.00	56.90
1969	64.30	109.40	176.60	231.10	49.40	101.30	15.30	38.80	29.50	198.50	144.10	141.30
1970	154.00	76.10	102.50	188.30								
1971			287.80	205.20	7.80	31.80	8.50	39.70	31.10	256.30	88.60	72.50
1972	125.30	41.20	54.50	40.30	28.10	58.00	5.90	22.60	38.20	52.00	111.80	97.90
1973	140.40	45.60	150.20	210.30	80.10	72.90	61.30	52.50	35.40	22.60	61.90	129.10
1974		59.50	57.00	64.50	75.20	83.00	101.50	38.00	70.00	66.50	38.70	53.00
1975	28.50	165.00	175.00	119.50	61.50		25.50	44.00	71.50	54.50	31.70	13.20
1976	36.00	28.00	11.00	3.00	1.00	0.00	2.50	3.00	1.50	5.00	6.50	9.00
1977	11.00	16.50	31.00	16.90	27.50	0.00	1.30	1.00	22.30	61.30	104.50	107.80
1978	106.50	13.50	75.80	36.50	32.00	12.50	8.00	0.00	12.50	18.70	35.70	50.50

1979	58.20	64.30	121.10	52.40	52.80	3.30	16.20	33.00	22.40	46.60	23.80	10.20
1980	29.90	21.10	62.50	7.50	14.50	9.50	0.00	10.30	16.70	76.80	143.10	55.40
1981	39.80	130.60	31.80	49.70	31.50	40.70	12.10	36.70	14.50	96.90	38.90	44.60
1982	28.30	27.90	48.60	82.40	49.20	13.60	13.80	0.00	67.80	63.00	37.80	109.10
1983	54.50	31.00	38.20	20.80	6.80	8.20	17.50	11.50	7.00	40.70	48.30	7146.20
1984	28.10	177.90	92.20	127.20	41.30	21.60	5.00	37.40	53.70	35.90	36.30	43.50
1985	70.20	34.80	43.10	9.50	7.00	0.00	8.30	16.00	43.20	41.70	10.70	25.20
1986	56.30	66.10	21.50	11.20	15.50	18.20	25.70	42.20	37.00	19.20	44.00	54.30
1987	30.50	49.30	155.00	51.50	56.00	20.00	34.00	28.80	11.00	29.00	46.50	31.00
1988	43.00	26.50	60.50	35.00	33.00	30.50	26.20	46.40	53.30	56.40	70.20	27.00
1989	36.30	28.50	32.00	29.20	14.20	12.50	25.00	7.00	17.00	23.50	17.50	9.00
1990	93.60	35.50	8.50	19.00	21.00	9.00	8.50	15.50	27.00	53.00	50.50	31.00
1991	28.00	40.40	80.00	16.20	19.00	2.00	5.00	0.00	4.50	3.00	18.00	43.50
1992	34.00	34.00	28.00	20.50	16.00	15.00	17.50	17.50	30.50	7.00	15.70	27.00
1993	61.00	34.50	72.30	41.00	30.50	29.00	11.50	18.50	58.50	116.00	25.50	119.50
1994	115.00	105.00	170.20	54.70	58.50	18.00	20.50	12.50	23.50	18.50	78.00	61.00
1995	101.80	104.10	177.40	141.10	54.30	9.70	24.20	22.00	20.10	77.00	138.50	201.30
1996	85.40	218.50	224.30	108.80	52.70	15.30	4.70	46.80	56.00	138.60	32.80	48.90
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												

2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012											175.70	99.30
2013	89.00	100.50	240.80	74.80	136.20	42.50	5.30	45.90	8.50	151.30	30.70	111.90
2014	82.80	135.50	222.00	69.90	107.60	1.30	4.10	21.60	21.60	78.60	119.00	125.70
2015	169.60	105.80	285.00	98.00	109.00	6.50	11.90	5.60	21.50	70.90	163.20	39.70
2016	169.20	136.30	60.00	82.80	48.60	23.70	0.10	1.80	33.00	63.40	32.10	109.60
2017	135.20	170.50	331.50	108.90	121.90	43.80	0.20	35.20	70.40	118.90	50.50	141.30

➤ Las siguientes tablas, indican las precipitaciones completas de las estaciones meteorológicas que se usarán en el modelo.

Tabla 42. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Chugur.

Precipitaciones Mensuales - Chugur												
	Departamento		CAJAMARCA		Provincia		HUALGAYOC		Distrito		CHUGUR	
	Latitud		6°40'0"		Longitud		78°44'0"		Altitud		2744 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	170.90	147.30	284.80	169.30	69.50	47.80	51.00	14.40	192.40	169.70	195.10	129.50
1966	186.30	200.20	143.50	49.00	52.63	27.80	2.50	22.10	52.00	280.30	118.30	23.00
1967	123.50	148.90	116.10	73.80	105.60	37.00	81.90	44.00	37.10	238.40	20.10	19.40
1968	185.00	100.00	164.30	102.10	43.90	10.00	24.90	58.10	146.90	104.40	42.00	7.80
1969	167.20	23.80	31.60	38.20	52.70	47.30	27.90	62.90	68.70	126.50	185.50	5.40
1970	138.20	43.40	95.00	44.70	190.80	22.40	77.60	7.50	100.30	191.60	142.30	114.30
1971	104.60	78.60	567.30	112.50	85.10	99.90	68.90	13.50	53.80	147.50	39.90	172.50
1972	79.80	133.80	129.40	85.70	184.60	6.20	3.00	61.10	84.80	107.90	143.30	111.50
1973	157.60	124.20	216.30	329.60	43.10	94.80	53.10	92.50	105.50	159.10	102.00	81.40
1974	137.30	242.40	173.30	117.80	60.80	28.80	7.90	5.10	83.10	103.60	126.50	127.20
1975	193.50	279.60	401.00	164.80	180.80	61.60	105.90	18.10	121.60	244.90	86.10	10.20
1976	366.40	190.40	293.10	152.60	79.40	18.20	0.00	19.30	56.30	48.00	42.00	73.30
1977	294.80	169.50	99.40	183.40	89.70	15.90	13.00	5.00	39.70	144.40	255.40	127.70
1978	20.90	73.30	68.00	85.20	62.20	12.10	35.00	0.00	118.00	21.30	82.90	77.70
1979	23.70	42.60	105.60	62.10	82.70	14.30	23.00	12.40	91.10	13.20	13.50	24.10
1980	122.00	68.60	44.60	54.30	97.40	0.00	2.20	0.00	12.00	261.60	192.43	93.00
1981	75.20	186.82	119.00	94.60	78.20	120.10	23.40	49.80	3.40	377.60	93.60	93.60
1982	124.50	186.90	119.70	105.20	166.20	2.40	5.40	0.00	81.00	254.70	187.50	256.30
1983	299.70	156.90	156.80	269.90	315.80	188.50	53.20	82.60	190.00	118.10	53.50	78.30

1984	58.20	189.60	168.60	259.10	135.60	64.50	12.10	1.50	85.20	111.70	69.80	71.40
1985	113.70	76.40	129.20	86.60	102.60	77.20	132.30	18.10	12.00	179.50	130.80	42.10
1986	87.50	119.80	121.50	54.90	139.20	86.30	153.20	0.00	2.00	80.90	189.20	265.60
1987	127.00	160.90	143.50	232.90	30.60	28.00	136.40	77.20	144.90	170.50	250.50	180.40
1988	322.20	406.70	130.10	112.00	141.90	61.10	8.20	9.00	153.10	217.80	145.40	337.10
1989	497.00	546.70	688.50	735.60	190.30	77.00	10.40	22.50	63.80	105.90	6.50	13.30
1990	0.80	2.30	25.40	139.10	8.10	11.10	4.50	3.40	39.00	181.50	121.90	34.20
1991	10.60	63.70	107.20	24.87	29.17	3.07	7.68	0.00	19.10	42.40	18.10	36.60
1992	53.90	39.40	30.70	26.60	5.20	10.50	0.00	11.20	120.40	62.10	7.50	45.50
1993	76.10	150.90	366.30	389.00	304.90	26.20	52.00	46.30	229.70	380.30	151.30	198.60
1994	338.30	234.20	362.50	256.50	55.60	0.00	0.00	0.00	71.60	86.70	114.10	147.60
1995	77.00	311.30	237.30	120.60	164.00	26.30	53.80	9.20	58.20	206.40	209.20	299.30
1996	118.90	238.30	413.40	220.80	68.60	26.40	25.30	26.50	67.50	308.00	92.30	62.30
1997	86.50	219.50	115.80	146.30	68.70	67.40	0.00	13.10	42.60	117.00	207.60	276.20
1998	168.90	258.00	301.10	277.80	107.90	15.70	0.00	14.30	66.80	165.10	103.60	108.80
1999	160.70	423.60	309.00	135.80	160.10	146.10	30.30	13.80	222.70	134.20	147.90	268.90
2000	81.30	311.60	382.90	145.20	177.10	75.40	7.80	8.00	129.00	51.80	81.50	243.60
2001	202.60	161.90	431.20	127.00	220.00	10.40	11.20	4.70	137.00	140.30	166.30	261.10
2002	131.30	272.90	325.10	238.30	72.20	5.50	16.80	17.60	64.50	240.70	170.40	207.80
2003	168.30	247.60	197.20	134.60	47.70	69.80	5.20	68.90	137.50	93.80	159.00	115.90
2004	116.10	151.90	121.20	115.60	95.20	5.80	74.30	7.10	86.80	189.80	216.20	122.70
2005	110.50	237.80	473.20	61.90	37.10	11.10	1.30	2.40	48.00	311.60	117.40	177.80
2006	175.90	328.80	499.10	127.10	51.60	80.70	39.40	32.30	117.00	105.80	199.80	284.10
2007	168.90	93.20	295.60	245.30	93.20	0.80	59.10	39.60	33.00	240.80	242.10	75.20
2008	259.00	473.70	317.80	249.10	103.60	31.70	40.80	20.00	292.20	245.60	120.80	53.80
2009	340.40	213.00	436.90	164.30	157.30	76.40	33.20	15.10	66.50	166.80	209.80	178.80
2010	69.90	237.00	341.30	260.70	134.50	11.70	6.60	8.50	12.10	46.70	30.60	41.10

2011	22.91	19.60	26.23	42.70	16.03	9.80	4.60	3.20	18.50	21.77	28.43	58.14
2012	62.85	64.77	39.66	35.04	12.06	3.44	0.16	2.70	5.64	29.61	234.50	81.20
2013	189.90	159.20	348.00	139.70	208.70	19.70	20.60	64.00	18.50	276.20	44.00	203.80
2014	125.60	347.60	362.50	116.00	161.70	7.10	55.70	46.30	142.40	145.30	170.30	190.30
2015	249.60	108.20	595.30	179.25	155.90	9.60	6.30	10.00	5.50	102.10	154.60	48.20
2016	502.20	284.60	280.20	233.10	43.00	46.70	3.50	59.60	109.30	169.70	36.20	164.20
2017	252.00	307.20	585.50	222.50	178.30	44.20	0.00	77.00	78.70	259.30	156.20	198.30

Tabla 43. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quilcate

Precipitaciones Mensuales - Quilcate													
Departamento		CAJAMARCA			Provincia			SAN MIGUEL		Distrito		CATILLUC	
Latitud		6°49'22"			Longitud			78°44'38"		Altitud		2930 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	
1965	148.54	128.03	247.55	147.15	60.41	41.55	55.00	5.00	69.00	139.00	123.50	90.50	
1966	168.00	42.50	106.00	150.00	89.70	17.60	17.70	17.80	29.50	218.20	109.20	40.00	
1967	142.40	177.60	152.20	27.70	40.10	27.50	51.30	16.20	16.10	141.00	77.00	87.40	
1968	82.90	76.10	142.60	67.70	65.10	4.20	18.10	33.00	128.70	86.80	47.00	56.90	
1969	64.30	109.40	176.60	231.10	49.40	101.30	15.30	38.80	29.50	198.50	144.10	141.30	
1970	154.00	76.10	102.50	188.30	114.00	13.38	46.36	4.48	59.93	114.48	85.02	68.29	
1971	62.50	46.96	287.80	205.20	7.80	31.80	8.50	39.70	31.10	256.30	88.60	72.50	
1972	125.30	41.20	54.50	40.30	28.10	58.00	5.90	22.60	38.20	52.00	111.80	97.90	
1973	140.40	45.60	150.20	210.30	80.10	72.90	61.30	52.50	35.40	22.60	61.90	129.10	
1974	121.20	59.50	57.00	64.50	75.20	83.00	101.50	38.00	70.00	66.50	38.70	53.00	
1975	28.50	165.00	175.00	119.50	61.50	58.60	25.50	44.00	71.50	54.50	31.70	13.20	
1976	36.00	28.00	11.00	3.00	1.00	0.00	2.50	3.00	1.50	5.00	6.50	9.00	

1977	11.00	16.50	31.00	16.90	27.50	0.00	1.30	1.00	22.30	61.30	104.50	107.80
1978	106.50	13.50	75.80	36.50	32.00	12.50	8.00	0.00	12.50	18.70	35.70	50.50
1979	58.20	64.30	121.10	52.40	52.80	3.30	16.20	33.00	22.40	46.60	23.80	10.20
1980	29.90	21.10	62.50	7.50	14.50	9.50	0.00	10.30	16.70	76.80	143.10	55.40
1981	39.80	130.60	31.80	49.70	31.50	40.70	12.10	36.70	14.50	96.90	38.90	44.60
1982	28.30	27.90	48.60	82.40	49.20	13.60	13.80	0.00	67.80	63.00	37.80	109.10
1983	54.50	31.00	38.20	20.80	6.80	8.20	17.50	11.50	7.00	40.70	48.30	146.20
1984	28.10	177.90	92.20	127.20	41.30	21.60	5.00	37.40	53.70	35.90	36.30	43.50
1985	70.20	34.80	43.10	9.50	7.00	0.00	8.30	16.00	43.20	41.70	10.70	25.20
1986	56.30	66.10	21.50	11.20	15.50	18.20	25.70	42.20	37.00	19.20	44.00	54.30
1987	30.50	49.30	155.00	51.50	56.00	20.00	34.00	28.80	11.00	29.00	46.50	31.00
1988	43.00	26.50	60.50	35.00	33.00	30.50	26.20	46.40	53.30	56.40	70.20	27.00
1989	36.30	28.50	32.00	29.20	14.20	12.50	25.00	7.00	17.00	23.50	17.50	9.00
1990	93.60	35.50	8.50	19.00	21.00	9.00	8.50	15.50	27.00	53.00	50.50	31.00
1991	28.00	40.40	80.00	16.20	19.00	2.00	5.00	0.00	4.50	3.00	18.00	43.50
1992	34.00	34.00	28.00	20.50	16.00	15.00	17.50	17.50	30.50	7.00	15.70	27.00
1993	61.00	34.50	72.30	41.00	30.50	29.00	11.50	18.50	58.50	116.00	25.50	119.50
1994	115.00	105.00	170.20	54.70	58.50	18.00	20.50	12.50	23.50	18.50	78.00	61.00
1995	101.80	104.10	177.40	141.10	54.30	9.70	24.20	22.00	20.10	77.00	138.50	201.30
1996	85.40	218.50	224.30	108.80	52.70	15.30	4.70	46.80	56.00	138.60	32.80	48.90
1997	53.55	135.89	71.69	90.57	42.53	41.73	0.00	8.11	26.37	72.43	128.52	170.99
1998	104.56	159.72	186.40	171.98	66.80	9.72	0.00	8.85	41.35	102.21	64.14	67.36
1999	99.49	262.24	191.29	84.07	99.11	90.45	18.76	8.54	137.87	83.08	91.56	166.47
2000	50.33	192.90	237.04	89.89	109.64	46.68	4.83	4.95	79.86	32.07	50.45	150.81
2001	125.42	100.23	266.94	78.62	136.20	6.44	6.93	2.91	84.81	86.86	102.95	161.64
2002	81.28	168.95	201.26	147.53	44.70	3.40	10.40	10.90	39.93	149.01	105.49	128.64
2003	104.19	153.28	122.08	83.33	29.53	43.21	3.22	42.65	85.12	58.07	98.43	71.75

2004	71.87	94.04	75.03	71.56	58.94	3.59	46.00	4.40	53.74	117.50	133.84	75.96
2005	68.41	147.22	292.95	38.32	22.97	6.87	0.80	1.49	29.72	192.90	72.68	110.07
2006	108.89	203.55	308.98	78.68	31.94	49.96	24.39	20.00	72.43	65.50	123.69	175.88
2007	104.56	57.70	183.00	151.86	57.70	0.50	36.59	24.52	20.43	149.07	149.88	46.55
2008	160.34	293.26	196.74	154.21	64.14	19.62	25.26	12.38	180.89	152.04	74.78	33.31
2009	210.73	131.86	270.47	101.71	97.38	47.30	20.55	9.35	41.17	103.26	129.88	110.69
2010	43.27	146.72	211.29	161.39	83.27	7.24	4.09	5.26	7.49	28.91	18.94	25.44
2011	14.19	12.13	16.24	26.43	9.92	2.30	1.20	0.80	14.50	13.47	17.60	35.99
2012	38.91	40.10	24.55	21.69	7.47	2.13	0.10	1.67	3.49	18.33	175.70	99.30
2013	89.00	100.50	240.80	74.80	136.20	42.50	5.30	45.90	8.50	151.30	30.70	111.90
2014	82.80	135.50	222.00	69.90	107.60	1.30	4.10	21.60	21.60	78.60	119.00	125.70
2015	169.60	105.80	285.00	98.00	109.00	6.50	11.90	5.60	21.50	70.90	163.20	39.70
2016	169.20	136.30	60.00	82.80	48.60	23.70	0.10	1.80	33.00	63.40	32.10	109.60
2017	135.20	170.50	331.50	108.90	121.90	43.80	0.20	35.20	70.40	118.90	50.50	141.30

Tabla 44. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Granja Porcón.

Precipitaciones Mensuales - Granja Porcón												
Departamento	CAJAMARCA			Provincia	CAJAMARCA			Distrito	CAJAMARCA			
Latitud	7°2'15"			Longitud	78°37'45"			Altitud	2980 m.s.n.m.			
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	106.23	91.56	177.03	105.24	43.20	29.71	39.33	3.58	49.34	99.40	88.32	64.72
1966	120.14	30.39	75.80	107.27	64.15	12.59	4.00	8.20	33.00	189.00	83.00	26.00
1967	269.00	290.00	216.00	85.00	62.00	7.00	30.50	33.00	28.00	188.50	23.00	105.50
1968	102.00	154.50	168.50	82.50	22.00	3.00	11.50	37.50	117.50	158.50	123.00	173.50
1969	79.50	176.50	183.00	167.50	18.50	64.00	5.50	15.00	42.00	105.00	208.00	182.50
1970	107.00	123.50	140.50	127.00	91.00	33.50	22.50	25.00	74.00	122.50	207.00	117.50
1971	140.00	130.50	476.50	153.50	117.50	65.00	72.00	37.50	76.00	220.50	163.00	166.00
1972	104.00	150.00	257.00	149.50	55.20	14.50	0.00	47.00	35.40	29.50	174.20	119.70
1973	186.30	103.00	203.00	198.30	62.00	70.60	33.90	124.40	139.40	22.00	173.90	121.30
1974	146.80	112.70	159.70	204.40	51.00	60.00	18.00	59.00	45.00	81.60	62.50	104.00
1975	108.10	23.30	175.20	224.70	61.90	32.50	3.00	53.50	16.00	117.00	91.00	20.00
1976	189.00	135.00	185.00	61.00	58.00	30.00	0.00	12.00	27.00	62.00	26.00	79.00
1977	197.00	236.00	175.00	100.50	29.50	13.50	6.50	2.00	62.50	96.50	149.50	85.00
1978	40.00	105.50	51.50	88.50	88.20	0.00	25.80	0.00	66.90	70.40	191.00	189.50
1979	108.70	144.80	370.20	61.50	54.00	10.80	34.00	40.40	117.30	48.20	27.30	108.10
1980	70.00	37.30	166.90	69.60	73.60	11.80	0.00	5.70	2.20	247.20	221.10	161.00
1981	94.10	257.30	190.00	153.10	65.60	0.00	0.00	0.00	6.50	160.60	60.30	90.80
1982	56.80	19.20	72.20	32.60	34.20	7.16	7.27	0.00	35.70	33.17	19.90	57.45
1983	28.70	16.32	20.11	10.95	3.58	4.32	9.21	6.06	3.69	21.43	25.43	76.98
1984	14.80	93.68	15.50	134.00	0.00	0.00	60.00	19.69	28.28	18.90	19.11	22.91
1985	36.97	18.32	22.70	5.00	3.69	0.00	0.00	0.00	0.90	0.60	0.80	0.00

1986	155.00	41.00	6.00	74.20	106.60	9.58	0.00	50.00	10.90	33.00	51.80	133.20
1987	315.70	118.50	126.50	85.30	68.60	0.00	19.50	0.00	60.50	122.70	161.60	82.00
1988	307.50	176.90	63.60	167.30	18.60	15.60	6.40	5.30	30.60	133.70	112.60	127.60
1989	188.70	216.80	85.00	89.90	18.50	0.00	0.00	0.00	46.50	77.00	51.50	0.00
1990	29.70	85.40	88.60	127.20	33.10	35.60	0.90	0.60	139.70	262.00	250.20	103.60
1991	94.70	355.50	509.60	248.60	287.00	6.30	0.00	0.00	78.70	157.60	221.50	250.10
1992	170.10	74.10	137.10	119.10	107.70	62.40	0.00	24.00	135.50	119.20	75.70	174.10
1993	147.60	190.60	374.30	437.80	102.70	19.80	0.00	18.40	82.60	137.50	206.20	452.60
1994	475.40	373.50	531.90	268.50	329.10	18.60	0.00	22.20	104.80	252.80	210.70	142.50
1995	139.70	228.80	217.70	127.80	112.70	12.60	51.80	48.90	54.90	96.50	125.90	243.90
1996	198.80	407.50	312.70	141.30	59.70	49.70	0.00	20.30	48.50	232.90	80.60	58.60
1997	186.90	190.30	123.20	260.00	81.00	18.50	39.00	9.90	80.50	169.20	301.60	305.10
1998	168.50	380.50	298.70	243.20	85.40	0.00	0.00	14.80	67.60	234.70	158.80	99.00
1999	210.30	494.20	253.50	126.00	166.70	53.90	20.30	6.40	228.30	65.30	138.60	166.40
2000	74.80	237.00	221.10	168.60	160.70	40.70	1.60	16.30	123.20	19.30	62.80	236.50
2001	341.10	227.70	419.20	92.60	88.70	17.60	15.20	0.40	145.20	169.50	156.10	171.80
2002	76.20	188.80	390.10	159.00	38.10	27.80	15.20	2.60	53.30	202.10	226.50	243.00
2003	103.80	134.90	124.30	81.20	76.00	54.40	28.90	15.60	47.20	101.80	112.60	100.00
2004	70.30	230.40	168.20	82.40	75.40	11.70	41.00	19.10	84.80	147.00	168.00	240.90
2005	157.80	231.20	343.30	93.10	91.60	53.70	0.00	7.10	54.40	152.80	28.60	164.80
2006	145.50	188.10	345.70	184.70	62.80	62.00	5.10	15.70	116.20	39.80	158.50	183.60
2007	245.40	64.50	352.30	226.30	57.70	1.10	42.60	20.10	32.80	171.80	211.10	146.40
2008	190.60	291.20	252.40	150.30	76.00	73.30	16.00	11.00	110.90	182.60	127.30	66.40
2009	344.80	197.50	307.30	149.60	127.40	31.30	18.10	8.00	27.00	184.00	187.90	234.80
2010	108.00	169.70	275.70	163.50	83.10	39.40	44.30	33.60	31.20	82.70	96.50	182.60
2011	115.17	98.49	131.84	214.59	80.57	40.10	39.60	26.40	27.60	109.40	142.90	292.20
2012	315.89	325.55	199.32	176.10	60.62	17.30	0.78	45.80	33.70	137.30	202.90	67.60

2013	141.00	279.90	352.40	196.20	193.40	32.80	17.70	33.80	30.40	174.50	28.00	243.70
2014	137.40	174.90	242.40	103.40	79.30	5.10	9.60	10.50	65.80	97.40	90.30	209.20
2015	367.40	164.00	283.20	111.80	158.40	1.70	9.70	0.40	24.60	88.40	124.50	107.10
2016	166.30	134.30	162.20	138.40	36.80	1.10	0.00	43.40	149.20	39.90	173.80	156.60
2017	235.60	365.60	138.60	170.70	43.90	41.60	0.00	35.20	30.60	105.80	30.10	141.40

Tabla 45. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Quebrada Shugar.

Precipitaciones Mensuales - Quebrada Shugar												
Departamento		CAJAMARCA			Provincia		HUALGAYOC		Distrito		BAMBAMARCA	
Latitud		6°41'16"			Longitud		78°27'25"		Altitud		3292.7 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	125.02	107.75	208.33	123.84	50.84	34.97	46.29	4.21	58.07	116.98	103.94	76.16
1966	141.39	35.77	89.21	126.24	75.49	14.81	14.90	14.98	24.83	183.64	91.90	33.66
1967	119.84	149.47	128.09	23.31	33.75	23.14	43.17	13.63	13.55	118.67	64.80	73.56
1968	69.77	64.05	120.01	56.98	54.79	3.53	15.23	27.77	108.31	73.05	39.56	47.89
1969	54.11	92.07	148.63	194.49	41.58	85.25	12.88	32.65	24.83	167.06	121.27	118.92
1970	129.61	64.05	86.26	158.47	95.94	11.26	39.02	3.77	50.43	96.34	71.55	57.47
1971	52.60	39.52	242.21	172.70	6.56	26.76	7.15	33.41	26.17	215.70	129.30	118.30
1972	60.40	119.50	202.40	212.20	23.65	48.81	4.97	19.02	32.15	43.76	94.09	82.39
1973	118.16	38.38	126.41	176.99	67.41	61.35	51.59	44.18	29.79	19.02	52.10	108.65
1974	102.00	50.08	47.97	54.28	63.29	69.85	85.42	31.98	58.91	55.97	32.57	44.60
1975	23.99	138.86	147.28	100.57	51.76	49.32	21.46	37.03	60.17	45.87	26.68	11.11
1976	30.30	23.56	9.26	2.52	0.84	0.00	2.10	2.52	1.26	4.21	5.47	7.57
1977	9.26	13.89	26.09	14.22	23.14	0.00	1.09	0.84	18.77	51.59	87.95	90.72
1978	74.70	85.90	55.90	88.30	61.50	5.80	56.70	1.20	56.50	54.40	105.80	125.30

1979	76.80	99.40	268.50	98.70	44.60	2.60	34.40	48.90	78.10	20.30	58.70	54.80
1980	87.90	82.20	137.50	40.00	31.30	17.60	21.00	11.20	9.50	204.50	214.60	72.30
1981	80.70	195.00	162.60	106.50	77.70	51.80	21.40	96.90	44.50	164.70	85.90	102.00
1982	85.10	95.80	93.30	105.20	129.00	106.20	32.40	0.00	123.70	186.40	119.90	171.50
1983	214.50	37.80	207.00	125.70	49.90	29.20	23.10	26.20	62.70	82.80	100.70	161.90
1984	50.70	249.90	152.60	87.00	95.60	26.90	41.80	33.70	68.80	154.60	72.10	59.20
1985	43.60	64.60	76.80	47.00	32.70	10.70	20.70	18.70	66.10	15.50	47.20	95.90
1986	115.00	99.90	115.60	84.90	46.70	0.00	3.50	40.70	60.10	31.10	69.90	94.30
1987	123.10	115.70	90.00	66.40	26.90	14.40	82.40	0.90	50.40	16.80	126.20	112.30
1988	108.80	172.30	77.20	69.70	30.00	0.00	0.00	0.00	47.90	62.10	118.90	66.10
1989	126.90	98.50	131.10	82.50	7.90	16.00	8.70	0.00	59.50	99.60	56.50	30.80
1990	33.90	24.00	9.30	70.90	49.10	34.60	4.90	6.40	26.60	94.60	98.40	61.30
1991	76.40	67.30	54.10	109.30	17.60	7.40	21.60	0.00	36.40	31.50	55.00	120.20
1992	57.00	61.30	108.10	81.10	22.60	62.20	15.30	33.20	91.80	88.50	53.70	70.60
1993	92.30	55.70	97.50	102.00	76.40	6.50	0.00	22.60	27.20	75.80	81.60	85.10
1994	76.70	88.90	78.20	71.20	27.20	21.90	1.20	2.90	46.70	48.10	63.90	104.40
1995	60.50	43.20	77.60	25.80	61.70	28.10	26.70	0.00	22.80	93.10	88.30	150.90
1996	92.40	135.90	115.60	66.30	28.30	10.30	3.00	17.90	23.50	87.90	26.20	14.90
1997	59.50	44.80	67.70	134.90	24.00	24.60	0.00	14.90	35.20	48.50	96.80	114.50
1998	69.00	100.90	146.00	98.70	48.70	2.60	0.00	4.30	56.80	209.10	73.40	73.40
1999	136.70	284.00	60.50	40.20	82.60	104.50	8.20	5.50	90.90	27.90	145.70	124.00
2000	56.70	181.60	196.30	86.30	94.40	75.90	27.80	6.70	66.30	24.70	122.90	141.50
2001	196.00	65.30	260.50	43.00	52.90	4.50	4.60	0.30	51.20	100.10	150.80	126.70
2002	61.50	136.70	197.60	165.00	68.10	2.80	36.60	0.30	39.30	133.50	154.10	174.60
2003	136.80	152.70	107.70	125.10	49.40	41.60	1.30	41.30	79.10	94.30	115.90	106.80
2004	65.90	80.10	103.50	74.60	67.10	34.80	45.70	20.30	21.20	148.30	148.90	129.00
2005	63.50	144.90	174.50	141.20	11.00	2.90	6.10	3.50	37.10	161.60	56.80	138.90

2006	156.00	130.50	289.20	56.10	10.40	33.70	28.90	3.10	46.40	116.80	112.70	165.40
2007	189.10	55.10	187.80	149.30	29.00	2.30	23.10	38.20	37.00	121.40	151.00	71.90
2008	185.10	249.80	182.70	105.50	69.70	17.00	3.20	27.00	87.50	151.10	98.60	40.40
2009	290.60	141.70	144.10	131.70	91.10	35.10	18.70	6.00	52.20	134.40	156.20	152.60
2010	98.20	116.40	134.50	68.80	71.10	41.00	28.10	3.40	41.50	50.00	104.20	83.60
2011	73.90	63.20	84.60	137.70	51.70	32.10	17.50	1.20	36.40	70.20	91.70	187.50
2012	202.70	208.90	127.90	113.00	38.90	11.10	0.50	8.70	18.20	95.50	145.60	139.10
2013	133.00	108.40	303.50	109.70	102.00	6.80	17.00	67.30	7.60	135.00	20.30	168.60
2014	162.00	114.60	268.90	71.10	98.80	3.40	13.10	10.10	48.80	43.20	77.70	117.30
2015	156.20	90.50	8.10	101.89	113.33	6.76	10.60	29.40	8.90	49.80	88.40	119.20
2016	93.20	136.30	86.50	35.60	18.50	19.80	6.90	1.87	34.31	65.92	33.37	113.95
2017	189.90	94.20	234.30	113.50	35.50	3.20	48.50	49.60	49.60	111.20	70.30	89.80

Tabla 46. Data Completa de Precipitación de la Estación Meteorológica de Celendín.

Precipitaciones Mensuales - Celendín												
	Departamento		CAJAMARCA		Provincia		CELENDIN		Distrito		CELENDIN	
	Latitud		6°51'11"		Longitud		78°8'42"		Altitud		2470 m.s.n.m.	
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1965	56.10	76.40	217.50	116.60	14.50	0.60	8.40	2.90	84.30	97.90	149.40	116.90
1966	163.50	62.70	33.30	60.60	55.10	21.10	15.95	6.40	5.80	138.40	100.60	43.10
1967	105.35	101.60	96.50	107.30	41.40	12.50	30.70	2.40	13.50	124.30	103.40	97.50
1968	134.40	144.00	135.40	38.50	17.60	6.50	4.20	3.30	158.80	76.40	78.40	84.00
1969	15.30	126.30	214.40	185.30	4.70	86.80	1.60	7.50	56.60	213.30	308.60	197.90
1970	147.60	51.10	113.60	96.70	42.40	20.40	11.00	2.80	18.30	83.30	99.30	126.00
1971	125.10	120.20	144.10	84.75	44.30	16.40	5.10	16.80	17.90	131.30	171.40	131.50

1972	41.80	63.70	196.30	184.10	58.40	0.00	0.00	21.40	66.20	31.80	181.40	89.30
1973	75.50	49.10	104.70	163.10	28.50	8.70	43.90	6.40	47.00	45.00	73.00	93.70
1974	37.00	210.20	185.10	61.30	0.20	42.80	0.00	42.20	28.50	152.00	109.10	77.30
1975	56.40	209.80	176.20	131.60	104.30	25.60	42.90	48.70	11.70	110.80	52.10	33.80
1976	111.80	87.20	212.70	82.40	46.80	21.00	0.00	19.20	13.90	55.00	43.60	52.10
1977	144.10	123.50	161.00	78.00	8.20	0.00	1.70	0.80	44.60	111.10	136.30	56.70
1978	54.00	50.90	88.40	119.90	93.90	2.50	49.60	2.40	17.80	98.50	72.10	112.50
1979	53.00	98.20	266.10	197.80	2.80	0.50	8.10	37.60	107.30	18.60	27.00	59.20
1980	15.78	11.13	32.98	3.96	164.00	18.40	0.00	22.40	16.90	147.00	194.39	168.79
1981	21.00	68.91	16.78	26.22	16.62	21.48	6.38	19.37	7.65	51.13	140.20	198.70
1982	81.70	60.00	25.64	43.48	25.96	7.18	7.28	0.00	35.78	33.24	19.95	57.57
1983	59.97	38.15	38.14	55.42	62.43	42.98	22.30	26.80	43.21	32.22	22.35	26.14
1984	23.07	43.15	39.94	53.77	34.90	24.03	16.02	14.41	27.19	31.24	24.84	25.09
1985	31.55	25.85	33.92	27.41	29.85	25.97	34.39	16.94	16.01	41.60	34.16	20.61
1986	27.55	32.48	32.74	22.56	35.45	27.36	37.58	14.18	14.48	26.54	43.09	54.76
1987	33.58	38.76	36.10	49.76	18.85	18.45	35.02	25.97	36.32	40.23	52.45	41.74
1988	63.41	76.32	34.06	31.29	35.86	23.51	15.43	15.55	37.57	47.46	36.39	65.68
1989	90.12	97.71	119.38	126.58	43.25	25.94	15.77	17.61	23.92	30.36	15.17	16.21
1990	14.30	14.53	18.06	35.43	15.41	15.87	14.86	14.70	20.14	41.91	32.80	19.40
1991	15.80	23.91	30.56	17.98	18.63	14.65	15.35	14.18	17.09	20.65	16.94	19.77
1992	22.41	20.20	18.87	18.24	14.97	15.78	14.18	15.89	32.57	23.66	15.32	21.13
1993	25.80	37.23	70.15	73.62	60.76	18.18	22.12	21.25	49.27	72.29	37.29	44.52
1994	65.87	49.96	69.57	53.37	22.67	14.18	14.18	14.18	25.12	27.42	31.61	36.73
1995	25.94	61.74	50.44	32.60	39.24	18.19	22.40	15.58	23.07	45.71	46.14	59.91
1996	137.70	300.42	226.51	74.50	28.00	0.00	0.50	0.00	24.40	176.30	62.60	17.20
1997	51.90	109.20	74.20	168.10	15.90	11.20	0.00	0.00	33.50	89.20	119.40	154.10
1998	74.40	156.10	242.40	169.50	49.30	0.00	0.70	0.00	18.30	174.30	91.80	44.80

1999	177.50	319.10	100.40	13.00	54.10	49.20	5.80	6.60	107.80	53.60	130.20	241.90
2000	107.70	224.00	220.60	112.40	45.00	54.80	1.90	9.80	60.70	5.70	53.40	160.40
2001	249.50	134.90	445.00	50.60	39.60	1.30	5.40	0.00	32.20	104.30	162.20	97.00
2002	57.90	90.50	289.10	172.60	27.90	1.90	29.30	0.00	2.00	208.60	122.00	151.80
2003	48.70	71.10	158.60	92.70	27.30	21.20	1.70	0.90	39.50	80.90	95.80	116.40
2004	51.30	63.50	101.70	106.60	32.90	0.00	20.50	2.50	50.30	94.40	225.40	143.20
2005	79.30	103.40	236.50	69.30	16.50	0.00	0.00	0.00	39.00	250.30	26.60	166.70
2006	98.50	136.10	349.80	62.40	3.40	11.80	9.10	3.90	66.30	118.30	123.10	144.60
2007	91.60	17.60	275.80	122.20	27.60	3.00	6.00	9.90	20.00	215.30	152.90	123.20
2008	98.50	180.20	98.80	98.70	48.50	28.00	11.00	21.00	21.00	132.00	142.50	38.80
2009	212.10	75.90	223.50	150.90	71.40	5.80	6.10	0.00	38.20	98.70	139.50	116.00
2010	84.70	200.40	176.30	61.80	69.90	2.80	18.70	3.90	39.00	60.40	123.00	135.10
2011	62.80	61.85	81.93	131.75	51.06	1.30	17.70	4.80	40.50	95.30	113.50	173.60
2012	217.70	115.60	127.20	100.00	42.70	3.40	0.60	1.70	0.30	142.00	208.10	79.70
2013	76.60	58.90	167.10	66.70	63.00	21.10	16.50	33.20	4.70	162.90	24.30	129.40
2014	78.10	136.70	166.60	84.00	126.80	1.30	0.30	4.40	33.20	70.00	62.20	79.20
2015	179.20	25.20	235.60	114.80	77.30	5.50	3.10	1.50	0.60	35.70	96.90	44.30
2016	199.60	169.80	130.80	42.90	6.70	2.10	1.80	2.00	30.60	134.00	19.40	213.60
2017	241.50	92.90	300.20	170.70	81.10	16.10	1.20	16.90	20.70	100.00	66.70	172.00

Caudales medios mensuales generados para la microcuenca Toromacho.

Tabla 47. Generación de caudales medios mensuales (MMC).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	2.03	2.67	2.19	2.19	0.95	1.38	0.96	0.32	1.39	2.47	1.55	2.55
1966	2.38	1.61	1.35	1.94	0.85	1.03	0.86	0.90	0.66	2.66	1.91	1.45
1967	2.12	2.97	2.52	1.18	1.22	1.20	0.67	0.81	0.12	0.65	0.94	2.03
1968	1.47	1.85	2.17	1.34	0.68	0.66	0.74	0.83	1.21	2.04	0.94	1.83
1969	1.76	2.32	1.99	2.40	0.27	1.27	0.40	0.44	0.77	1.89	2.18	2.75
1970	2.45	2.61	0.02	1.27	1.80	1.18	0.70	1.19	0.65	2.44	1.88	1.98
1971	1.77	2.40	3.02	2.32	0.99	1.23	0.43	0.17	0.74	2.20	1.67	2.69
1972	2.12	1.75	2.61	2.29	0.83	0.79	0.69	0.36	0.58	1.53	1.80	2.01
1973	2.38	2.68	1.50	2.08	1.24	1.00	0.54	0.81	1.14	1.63	1.28	2.09
1974	2.09	1.91	1.91	2.19	0.85	1.22	0.88	0.53	0.84	1.76	1.75	2.06
1975	1.67	3.11	2.47	2.22	1.46	0.98	0.43	0.87	1.19	1.83	1.79	2.05
1976	2.68	2.85	1.45	1.05	1.12	0.94	1.15	0.94	0.31	1.48	1.27	1.81
1977	2.11	2.63	1.10	1.62	0.67	0.74	0.42	0.52	0.74	1.35	1.13	2.03
1978	2.13	1.94	0.83	1.07	1.83	1.19	0.77	0.84	1.45	1.15	2.24	2.24
1979	1.80	2.19	2.25	1.27	0.53	-0.10	0.20	0.86	1.03	1.16	0.80	2.37
1980	1.95	1.13	1.83	1.10	0.67	0.86	0.51	0.51	0.14	2.52	2.51	2.65
1981	2.40	3.09	1.68	1.37	0.42	0.61	0.59	0.48	0.73	3.30	1.11	2.02
1982	1.67	2.88	1.71	1.93	1.15	1.37	0.77	1.13	1.54	3.25	1.56	2.98
1983	2.67	1.62	2.23	2.25	0.86	0.67	0.56	0.46	0.50	1.94	1.36	2.70
1984	1.23	3.03	2.14	1.74	1.62	1.67	0.86	0.49	0.99	2.05	1.85	2.53
1985	1.20	1.04	1.53	1.77	1.15	0.91	0.70	0.69	0.99	1.16	1.55	1.99
1986	2.22	1.76	2.12	2.20	0.95	0.69	0.76	0.41	1.08	1.50	1.72	2.28
1987	2.20	2.30	1.32	1.56	1.00	0.34	0.88	0.83	0.92	0.80	2.04	2.67
1988	2.93	2.66	1.58	2.70	0.60	0.52	0.42	0.86	1.03	1.73	1.65	2.31
1989	2.48	3.14	2.16	2.08	0.37	0.58	0.96	0.53	1.24	2.09	1.18	1.66
1990	2.36	2.18	1.94	1.60	1.11	0.93	-0.03	0.78	0.93	2.04	1.72	1.72
1991	1.71	2.25	2.17	2.21	1.00	1.28	1.18	0.77	0.18	1.07	1.78	2.09
1992	1.79	1.46	1.60	1.47	0.62	1.30	0.91	0.88	1.18	2.03	1.22	1.50
1993	1.92	2.15	2.46	2.05	0.46	0.41	1.12	1.25	1.34	2.58	1.68	1.85
1994	1.85	2.21	2.50	3.05	1.02	0.89	0.63	0.46	0.56	0.83	1.58	2.60
1995	1.13	1.52	1.83	1.95	0.32	0.39	0.92	0.79	0.76	1.15	1.91	2.49
1996	2.16	2.40	2.40	1.47	0.45	1.16	0.20	0.80	0.42	2.03	1.05	1.23
1997	1.45	2.10	1.27	1.55	0.81	0.54	0.46	0.92	0.22	1.43	1.59	1.89
1998	1.57	2.72	1.82	2.10	1.16	1.06	0.43	0.79	0.87	2.79	1.82	1.49
1999	2.76	4.42	1.71	1.67	1.20	1.82	0.64	0.29	1.43	1.11	1.11	2.51
2000	2.19	2.84	2.04	1.40	0.85	1.10	0.66	0.85	1.37	1.01	1.20	1.91
2001	3.04	2.61	3.04	1.56	0.91	1.08	0.47	0.58	0.59	1.98	2.24	2.98
2002	1.89	1.76	2.40	2.98	0.59	1.22	0.43	0.30	0.74	2.04	1.97	2.91

2003	2.45	0.79	1.72	1.08	0.18	0.37	0.19	0.78	0.95	0.97	1.01	2.46
2004	2.18	1.30	1.47	1.46	0.59	0.80	0.49	0.70	0.85	2.05	1.94	2.64
2005	1.85	2.55	2.58	2.88	1.06	0.46	0.51	1.30	0.39	2.84	0.50	2.45
2006	2.06	3.17	3.12	2.43	0.49	1.15	0.95	0.58	0.82	2.08	1.63	3.90
2007	2.96	1.84	2.40	2.21	0.85	1.03	0.64	0.48	1.14	2.37	2.41	2.65
2008	2.55	2.77	1.87	1.74	1.40	1.42	0.90	1.64	1.04	2.26	1.63	2.16
2009	3.76	3.02	2.44	3.09	1.44	1.58	0.61	0.80	0.59	1.92	2.54	3.34
2010	1.81	2.60	2.46	1.92	0.64	1.06	0.41	0.63	0.79	1.00	2.47	2.91
2011	2.43	2.79	2.23	2.84	0.73	0.72	0.23	0.50	1.29	1.39	1.66	3.18
2012	4.98	4.14	1.45	2.19	0.63	0.54	0.97	0.99	0.39	2.14	2.32	2.23
2013	1.87	1.61	2.27	1.66	2.09	0.93	1.67	1.17	0.51	2.58	1.09	2.52
2014	2.18	2.78	2.88	2.20	1.32	1.04	-0.31	0.45	0.65	1.05	1.57	2.99
2015	3.57	2.71	1.51	1.51	1.44	1.05	0.46	0.89	1.14	1.65	1.93	2.09
2016	2.59	1.71	1.15	1.23	0.50	0.65	0.51	0.65	0.86	1.84	1.09	2.30
2017	2.90	3.35	3.00	2.32	1.25	0.72	1.12	1.25	1.11	2.07	0.63	1.88
PROMEDIO	2.18	2.36	2.00	1.92	0.92	0.94	0.64	0.73	0.84	1.83	1.63	2.33
DESVIACION	0.64	0.72	0.59	0.54	0.42	0.38	0.33	0.29	0.37	0.64	0.47	0.53

Tabla 48. Generación de caudales medios mensuales (m³/seg).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	0.76	1.10	0.82	0.84	0.36	0.53	0.36	0.12	0.54	0.92	0.60	0.95
1966	0.89	0.67	0.50	0.75	0.32	0.40	0.32	0.34	0.25	0.99	0.74	0.54
1967	0.79	1.23	0.94	0.45	0.46	0.46	0.25	0.30	0.04	0.24	0.36	0.76
1968	0.55	0.76	0.81	0.52	0.25	0.25	0.28	0.31	0.47	0.76	0.36	0.68
1969	0.66	0.96	0.74	0.93	0.10	0.49	0.15	0.16	0.30	0.70	0.84	1.03
1970	0.91	1.08	0.01	0.49	0.67	0.46	0.26	0.44	0.25	0.91	0.72	0.74
1971	0.66	0.99	1.13	0.89	0.37	0.48	0.16	0.06	0.28	0.82	0.65	1.00
1972	0.79	0.72	0.98	0.88	0.31	0.31	0.26	0.14	0.22	0.57	0.70	0.75
1973	0.89	1.11	0.56	0.80	0.46	0.39	0.20	0.30	0.44	0.61	0.49	0.78
1974	0.78	0.79	0.71	0.85	0.32	0.47	0.33	0.20	0.32	0.66	0.68	0.77
1975	0.62	1.29	0.92	0.85	0.54	0.38	0.16	0.33	0.46	0.68	0.69	0.77
1976	1.00	1.18	0.54	0.40	0.42	0.36	0.43	0.35	0.12	0.55	0.49	0.68
1977	0.79	1.09	0.41	0.63	0.25	0.29	0.16	0.19	0.29	0.50	0.44	0.76
1978	0.80	0.80	0.31	0.41	0.68	0.46	0.29	0.32	0.56	0.43	0.87	0.84
1979	0.67	0.90	0.84	0.49	0.20	-0.04	0.07	0.32	0.40	0.43	0.31	0.89
1980	0.73	0.47	0.68	0.42	0.25	0.33	0.19	0.19	0.05	0.94	0.97	0.99
1981	0.89	1.28	0.63	0.53	0.16	0.24	0.22	0.18	0.28	1.23	0.43	0.75
1982	0.62	1.19	0.64	0.74	0.43	0.53	0.29	0.42	0.59	1.21	0.60	1.11
1983	1.00	0.67	0.83	0.87	0.32	0.26	0.21	0.17	0.19	0.72	0.52	1.01
1984	0.46	1.25	0.80	0.67	0.61	0.64	0.32	0.18	0.38	0.76	0.71	0.94
1985	0.45	0.43	0.57	0.68	0.43	0.35	0.26	0.26	0.38	0.43	0.60	0.74

1986	0.83	0.73	0.79	0.85	0.36	0.27	0.29	0.15	0.42	0.56	0.66	0.85
1987	0.82	0.95	0.49	0.60	0.37	0.13	0.33	0.31	0.36	0.30	0.79	1.00
1988	1.09	1.10	0.59	1.04	0.23	0.20	0.16	0.32	0.40	0.65	0.64	0.86
1989	0.93	1.30	0.81	0.80	0.14	0.23	0.36	0.20	0.48	0.78	0.45	0.62
1990	0.88	0.90	0.72	0.62	0.41	0.36	-0.01	0.29	0.36	0.76	0.67	0.64
1991	0.64	0.93	0.81	0.85	0.37	0.49	0.44	0.29	0.07	0.40	0.69	0.78
1992	0.67	0.60	0.60	0.57	0.23	0.50	0.34	0.33	0.45	0.76	0.47	0.56
1993	0.72	0.89	0.92	0.79	0.17	0.16	0.42	0.47	0.52	0.96	0.65	0.69
1994	0.69	0.91	0.93	1.18	0.38	0.34	0.24	0.17	0.21	0.31	0.61	0.97
1995	0.42	0.63	0.68	0.75	0.12	0.15	0.34	0.30	0.29	0.43	0.74	0.93
1996	0.80	0.99	0.90	0.57	0.17	0.45	0.07	0.30	0.16	0.76	0.41	0.46
1997	0.54	0.87	0.47	0.60	0.30	0.21	0.17	0.34	0.09	0.53	0.61	0.71
1998	0.58	1.12	0.68	0.81	0.43	0.41	0.16	0.30	0.34	1.04	0.70	0.56
1999	1.03	1.83	0.64	0.64	0.45	0.70	0.24	0.11	0.55	0.41	0.43	0.94
2000	0.82	1.18	0.76	0.54	0.32	0.42	0.24	0.32	0.53	0.38	0.46	0.71
2001	1.13	1.08	1.13	0.60	0.34	0.42	0.18	0.22	0.23	0.74	0.86	1.11
2002	0.71	0.73	0.90	1.15	0.22	0.47	0.16	0.11	0.29	0.76	0.76	1.09
2003	0.91	0.33	0.64	0.42	0.07	0.14	0.07	0.29	0.37	0.36	0.39	0.92
2004	0.81	0.54	0.55	0.56	0.22	0.31	0.18	0.26	0.33	0.76	0.75	0.98
2005	0.69	1.05	0.96	1.11	0.40	0.18	0.19	0.48	0.15	1.06	0.19	0.91
2006	0.77	1.31	1.17	0.94	0.18	0.44	0.36	0.21	0.32	0.78	0.63	1.46
2007	1.10	0.76	0.90	0.85	0.32	0.40	0.24	0.18	0.44	0.88	0.93	0.99
2008	0.95	1.15	0.70	0.67	0.52	0.55	0.34	0.61	0.40	0.84	0.63	0.81
2009	1.41	1.25	0.91	1.19	0.54	0.61	0.23	0.30	0.23	0.72	0.98	1.25
2010	0.68	1.08	0.92	0.74	0.24	0.41	0.15	0.24	0.31	0.37	0.95	1.09
2011	0.91	1.16	0.83	1.10	0.27	0.28	0.09	0.19	0.50	0.52	0.64	1.19
2012	1.86	1.71	0.54	0.85	0.24	0.21	0.36	0.37	0.15	0.80	0.90	0.83
2013	0.70	0.67	0.85	0.64	0.78	0.36	0.62	0.44	0.20	0.96	0.42	0.94
2014	0.82	1.15	1.07	0.85	0.49	0.40	-0.11	0.17	0.25	0.39	0.61	1.12
2015	1.33	1.12	0.56	0.58	0.54	0.41	0.17	0.33	0.44	0.62	0.74	0.78
2016	0.97	0.71	0.43	0.48	0.19	0.25	0.19	0.24	0.33	0.69	0.42	0.86
2017	1.08	1.38	1.12	0.90	0.47	0.28	0.42	0.47	0.43	0.77	0.24	0.70
PROMEDIO	0.81	0.98	0.75	0.74	0.34	0.36	0.24	0.27	0.32	0.68	0.63	0.87
DESVIACION	0.24	0.30	0.22	0.21	0.16	0.15	0.12	0.11	0.14	0.24	0.18	0.20

Prueba de bondad de ajuste del registro de caudales

MES:	ENERO		
N =	53	$\Delta \max$	0.1303
\bar{x} =	0.82	α	5%
S=	0.24	Δo	0.187
$\Delta \max$	<	Δo	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z= (X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.41	0.02	-1.701	0.045	0.026
2	0.44	0.04	-1.586	0.056	0.019
3	0.44	0.06	-1.561	0.059	0.004
4	0.59	0.07	-0.971	0.166	0.092
5	0.60	0.09	-0.938	0.174	0.082
6	0.61	0.11	-0.879	0.190	0.079
7	0.61	0.13	-0.874	0.191	0.061
8	0.63	0.15	-0.806	0.210	0.062
9	0.64	0.17	-0.734	0.232	0.065
10	0.65	0.19	-0.727	0.234	0.048
11	0.65	0.20	-0.708	0.239	0.036
12	0.66	0.22	-0.655	0.256	0.034
13	0.67	0.24	-0.650	0.258	0.017
14	0.68	0.26	-0.586	0.279	0.020
15	0.68	0.28	-0.583	0.280	0.002
16	0.69	0.30	-0.537	0.296	0.001
17	0.69	0.31	-0.526	0.299	0.016
18	0.71	0.33	-0.458	0.323	0.010
19	0.71	0.35	-0.454	0.325	0.027
20	0.71	0.37	-0.452	0.325	0.045
21	0.74	0.39	-0.339	0.367	0.022
22	0.74	0.41	-0.328	0.371	0.036
23	0.75	0.43	-0.279	0.390	0.036
24	0.76	0.44	-0.278	0.390	0.054
25	0.76	0.46	-0.241	0.405	0.058
26	0.77	0.48	-0.223	0.412	0.070
27	0.77	0.50	-0.206	0.418	0.082
28	0.79	0.52	-0.154	0.439	0.080
29	0.79	0.54	-0.131	0.448	0.089
30	0.83	0.56	0.022	0.509	0.047
31	0.83	0.57	0.027	0.511	0.063
32	0.83	0.59	0.028	0.511	0.081
33	0.83	0.61	0.034	0.514	0.097

14	0.80	0.26	-0.730	0.233	0.027
15	0.81	0.28	-0.701	0.242	0.036
16	0.86	0.30	-0.487	0.313	0.017
17	0.88	0.31	-0.442	0.329	0.014
18	0.89	0.33	-0.375	0.354	0.020
19	0.92	0.35	-0.285	0.388	0.036
20	0.95	0.37	-0.179	0.429	0.059
21	0.96	0.39	-0.145	0.442	0.053
22	0.97	0.41	-0.106	0.458	0.050
23	0.97	0.43	-0.099	0.461	0.035
24	0.97	0.44	-0.098	0.461	0.016
25	0.98	0.46	-0.066	0.474	0.011
26	0.99	0.48	-0.038	0.485	0.003
27	0.99	0.50	-0.013	0.495	0.005
28	1.00	0.52	-0.001	0.500	0.019
29	1.01	0.54	0.042	0.517	0.020
30	1.01	0.56	0.050	0.520	0.036
31	1.02	0.57	0.087	0.535	0.039
32	1.04	0.59	0.145	0.558	0.035
33	1.05	0.61	0.204	0.581	0.030
34	1.06	0.63	0.244	0.596	0.033
35	1.08	0.65	0.300	0.618	0.030
36	1.08	0.67	0.326	0.628	0.039
37	1.10	0.69	0.371	0.645	0.040
38	1.11	0.70	0.409	0.659	0.045
39	1.13	0.72	0.488	0.687	0.035
40	1.13	0.74	0.513	0.696	0.045
41	1.15	0.76	0.579	0.719	0.041
42	1.18	0.78	0.664	0.747	0.031
43	1.24	0.80	0.906	0.818	0.021
44	1.25	0.81	0.957	0.831	0.016
45	1.27	0.83	1.008	0.843	0.010
46	1.27	0.85	1.017	0.845	0.006
47	1.28	0.87	1.035	0.850	0.021
48	1.33	0.89	1.221	0.889	0.000
49	1.33	0.91	1.251	0.895	0.013
50	1.36	0.93	1.340	0.910	0.016
51	1.46	0.94	1.702	0.956	0.011
52	1.56	0.96	2.072	0.981	0.018
53	1.80	0.98	2.966	0.998	0.017

MES: MARZO

N = 53 Δ max 0.0580

\bar{x} = 0.94 α 5%

S = 0.23 Δ o 0.187

Δ max < Δ o **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.20	0.02	-3.249	0.001	0.018
2	0.55	0.04	-1.693	0.045	0.008
3	0.59	0.06	-1.554	0.060	0.005
4	0.61	0.07	-1.446	0.074	0.000
5	0.70	0.09	-1.041	0.149	0.056
6	0.71	0.11	-0.998	0.159	0.048
7	0.71	0.13	-0.986	0.162	0.032
8	0.73	0.15	-0.930	0.176	0.028
9	0.74	0.17	-0.864	0.194	0.027
10	0.75	0.19	-0.840	0.200	0.015
11	0.75	0.20	-0.809	0.209	0.006
12	0.77	0.22	-0.731	0.232	0.010
13	0.78	0.24	-0.683	0.247	0.006
14	0.78	0.26	-0.678	0.249	0.010
15	0.80	0.28	-0.601	0.274	0.004
16	0.80	0.30	-0.582	0.280	0.016
17	0.83	0.31	-0.472	0.318	0.004
18	0.83	0.33	-0.468	0.320	0.014
19	0.84	0.35	-0.434	0.332	0.020
20	0.84	0.37	-0.417	0.338	0.032
21	0.87	0.39	-0.293	0.385	0.004
22	0.87	0.41	-0.290	0.386	0.021
23	0.87	0.43	-0.272	0.393	0.033
24	0.90	0.44	-0.142	0.443	0.001
25	0.91	0.46	-0.122	0.451	0.012
26	0.93	0.48	-0.025	0.490	0.009
27	0.95	0.50	0.041	0.516	0.016
28	0.95	0.52	0.045	0.518	0.001
29	0.95	0.54	0.062	0.525	0.012
30	0.96	0.56	0.110	0.544	0.012
31	0.98	0.57	0.196	0.578	0.004
32	0.99	0.59	0.251	0.599	0.007
33	1.01	0.61	0.317	0.624	0.013
34	1.03	0.63	0.404	0.657	0.027
35	1.05	0.65	0.516	0.697	0.049

36	1.05	0.67	0.517	0.697	0.031
37	1.06	0.69	0.539	0.705	0.020
38	1.06	0.70	0.547	0.708	0.004
39	1.06	0.72	0.561	0.713	0.010
40	1.07	0.74	0.599	0.725	0.015
41	1.09	0.76	0.692	0.756	0.004
42	1.10	0.78	0.728	0.767	0.011
43	1.12	0.80	0.805	0.790	0.007
44	1.12	0.81	0.811	0.791	0.023
45	1.12	0.83	0.817	0.793	0.040
46	1.12	0.85	0.821	0.794	0.058
47	1.14	0.87	0.887	0.812	0.058
48	1.25	0.89	1.393	0.918	0.029
49	1.26	0.91	1.455	0.927	0.020
50	1.33	0.93	1.744	0.959	0.033
51	1.34	0.94	1.790	0.963	0.019
52	1.38	0.96	1.963	0.975	0.012
53	1.39	0.98	2.007	0.978	0.004

MES: ABRIL

$N = 53$ $\Delta \max = 0.0793$
 $\bar{x} = 0.77$ $\alpha = 5\%$
 $S = 0.18$ $\Delta o = 0.187$
 $\Delta \max < \Delta o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.47	0.02	-1.630	0.052	0.033
2	0.49	0.04	-1.556	0.060	0.023
3	0.49	0.06	-1.554	0.060	0.005
4	0.49	0.07	-1.548	0.061	0.013
5	0.51	0.09	-1.400	0.081	0.012
6	0.53	0.11	-1.308	0.095	0.016
7	0.57	0.13	-1.111	0.133	0.004
8	0.60	0.15	-0.922	0.178	0.030
9	0.60	0.17	-0.913	0.181	0.014
10	0.61	0.19	-0.866	0.193	0.008
11	0.61	0.20	-0.856	0.196	0.008
12	0.62	0.22	-0.843	0.200	0.023
13	0.63	0.24	-0.761	0.223	0.017
14	0.63	0.26	-0.753	0.226	0.034
15	0.63	0.28	-0.738	0.230	0.047

16	0.65	0.30	-0.654	0.257	0.040
17	0.66	0.31	-0.617	0.269	0.046
18	0.67	0.33	-0.561	0.287	0.046
19	0.67	0.35	-0.543	0.294	0.058
20	0.67	0.37	-0.531	0.298	0.073
21	0.68	0.39	-0.497	0.310	0.079
22	0.69	0.41	-0.422	0.337	0.071
23	0.71	0.43	-0.331	0.370	0.055
24	0.71	0.44	-0.324	0.373	0.071
25	0.73	0.46	-0.183	0.427	0.036
26	0.74	0.48	-0.168	0.433	0.048
27	0.74	0.50	-0.131	0.448	0.052
28	0.75	0.52	-0.090	0.464	0.055
29	0.79	0.54	0.128	0.551	0.014
30	0.81	0.56	0.227	0.590	0.034
31	0.82	0.57	0.265	0.604	0.030
32	0.82	0.59	0.280	0.610	0.018
33	0.83	0.61	0.338	0.632	0.021
34	0.83	0.63	0.355	0.639	0.009
35	0.84	0.65	0.375	0.646	0.002
36	0.84	0.67	0.413	0.660	0.006
37	0.84	0.69	0.424	0.664	0.021
38	0.86	0.70	0.487	0.687	0.017
39	0.86	0.72	0.539	0.705	0.017
40	0.89	0.74	0.654	0.743	0.003
41	0.89	0.76	0.682	0.752	0.007
42	0.90	0.78	0.752	0.774	0.004
43	0.91	0.80	0.776	0.781	0.015
44	0.92	0.81	0.843	0.800	0.014
45	0.93	0.83	0.878	0.810	0.023
46	0.93	0.85	0.923	0.822	0.030
47	0.97	0.87	1.120	0.869	0.002
48	1.02	0.89	1.405	0.920	0.031
49	1.04	0.91	1.506	0.934	0.027
50	1.13	0.93	1.990	0.977	0.051
51	1.13	0.94	2.030	0.979	0.034
52	1.15	0.96	2.128	0.983	0.020
53	1.18	0.98	2.289	0.989	0.007

MES:	MAYO		
N =	53	Δ max	0.1034
\bar{x} =	0.49	α	5%
S=	0.13	Δ o	0.187
Δ max	<	Δ o	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.26	0.02	-1.758	0.039	0.021
2	0.30	0.04	-1.479	0.070	0.033
3	0.33	0.06	-1.244	0.107	0.051
4	0.34	0.07	-1.177	0.120	0.045
5	0.35	0.09	-1.099	0.136	0.043
6	0.37	0.11	-0.944	0.172	0.061
7	0.37	0.13	-0.942	0.173	0.043
8	0.37	0.15	-0.936	0.175	0.027
9	0.37	0.17	-0.889	0.187	0.020
10	0.38	0.19	-0.834	0.202	0.017
11	0.38	0.20	-0.823	0.205	0.001
12	0.39	0.22	-0.768	0.221	0.001
13	0.39	0.24	-0.755	0.225	0.015
14	0.39	0.26	-0.742	0.229	0.030
15	0.40	0.28	-0.729	0.233	0.045
16	0.40	0.30	-0.722	0.235	0.061
17	0.41	0.31	-0.642	0.260	0.054
18	0.41	0.33	-0.634	0.263	0.070
19	0.41	0.35	-0.622	0.267	0.085
20	0.42	0.37	-0.552	0.290	0.080
21	0.42	0.39	-0.549	0.291	0.098
22	0.44	0.41	-0.377	0.353	0.054
23	0.44	0.43	-0.363	0.358	0.068
24	0.45	0.44	-0.271	0.393	0.051
25	0.46	0.46	-0.195	0.423	0.040
26	0.47	0.48	-0.185	0.427	0.055
27	0.47	0.50	-0.172	0.432	0.068
28	0.47	0.52	-0.170	0.433	0.086
29	0.47	0.54	-0.145	0.442	0.095
30	0.48	0.56	-0.108	0.457	0.099
31	0.48	0.57	-0.062	0.475	0.099
32	0.49	0.59	-0.002	0.499	0.093
33	0.49	0.61	0.037	0.515	0.097
34	0.50	0.63	0.108	0.543	0.087
35	0.50	0.65	0.112	0.545	0.103

36	0.53	0.67	0.275	0.608	0.058
37	0.53	0.69	0.341	0.633	0.052
38	0.54	0.70	0.348	0.636	0.068
39	0.56	0.72	0.540	0.705	0.017
40	0.58	0.74	0.669	0.748	0.008
41	0.58	0.76	0.676	0.750	0.009
42	0.59	0.78	0.768	0.779	0.001
43	0.59	0.80	0.805	0.790	0.007
44	0.61	0.81	0.896	0.815	0.000
45	0.61	0.83	0.957	0.831	0.003
46	0.62	0.85	1.009	0.844	0.008
47	0.68	0.87	1.429	0.924	0.053
48	0.70	0.89	1.628	0.948	0.059
49	0.71	0.91	1.654	0.951	0.044
50	0.71	0.93	1.687	0.954	0.028
51	0.73	0.94	1.867	0.969	0.025
52	0.76	0.96	2.050	0.980	0.017
53	0.89	0.98	3.033	0.999	0.017

MES: JUNIO

N =	53	$\Delta \text{ max}$	0.0728
\bar{x} =	0.44	α	5%
S =	0.10	$\Delta \circ$	0.187
$\Delta \text{ max}$	<	$\Delta \circ$	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.19	0.02	-2.481	0.007	0.012
2	0.28	0.04	-1.607	0.054	0.017
3	0.30	0.06	-1.412	0.079	0.023
4	0.31	0.07	-1.246	0.106	0.032
5	0.33	0.09	-1.105	0.135	0.042
6	0.33	0.11	-1.084	0.139	0.028
7	0.33	0.13	-1.066	0.143	0.014
8	0.33	0.15	-1.055	0.146	0.002
9	0.33	0.17	-1.044	0.148	0.018
10	0.35	0.19	-0.922	0.178	0.007
11	0.36	0.20	-0.831	0.203	0.001
12	0.37	0.22	-0.717	0.237	0.015
13	0.37	0.24	-0.654	0.257	0.016
14	0.38	0.26	-0.598	0.275	0.016
15	0.38	0.28	-0.573	0.283	0.006

16	0.39	0.30	-0.530	0.298	0.002
17	0.39	0.31	-0.498	0.309	0.006
18	0.39	0.33	-0.475	0.318	0.016
19	0.39	0.35	-0.458	0.324	0.028
20	0.40	0.37	-0.433	0.333	0.038
21	0.40	0.39	-0.369	0.356	0.033
22	0.40	0.41	-0.340	0.367	0.040
23	0.41	0.43	-0.316	0.376	0.050
24	0.43	0.44	-0.134	0.447	0.002
25	0.43	0.46	-0.127	0.449	0.013
26	0.43	0.48	-0.123	0.451	0.030
27	0.43	0.50	-0.063	0.475	0.025
28	0.44	0.52	0.008	0.503	0.015
29	0.44	0.54	0.011	0.504	0.033
30	0.44	0.56	0.011	0.504	0.051
31	0.44	0.57	0.032	0.513	0.061
32	0.44	0.59	0.050	0.520	0.073
33	0.45	0.61	0.144	0.557	0.054
34	0.47	0.63	0.305	0.620	0.010
35	0.48	0.65	0.380	0.648	0.000
36	0.48	0.67	0.401	0.656	0.011
37	0.48	0.69	0.422	0.664	0.022
38	0.49	0.70	0.496	0.690	0.014
39	0.49	0.72	0.560	0.712	0.010
40	0.50	0.74	0.603	0.727	0.014
41	0.50	0.76	0.627	0.735	0.025
42	0.51	0.78	0.669	0.748	0.029
43	0.51	0.80	0.672	0.749	0.047
44	0.52	0.81	0.774	0.780	0.034
45	0.53	0.83	0.905	0.817	0.016
46	0.54	0.85	1.042	0.851	0.001
47	0.54	0.87	1.056	0.854	0.016
48	0.56	0.89	1.233	0.891	0.002
49	0.58	0.91	1.372	0.915	0.008
50	0.59	0.93	1.550	0.939	0.014
51	0.62	0.94	1.832	0.967	0.022
52	0.64	0.96	1.991	0.977	0.014
53	0.75	0.98	3.114	0.999	0.018

MES: JULIO

N =	53	$\Delta \max$	0.0799
\bar{x} =	0.36	α	5%
S =	0.09	Δo	0.187
$\Delta \max$	<	Δo	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.13	0.02	-2.572	0.005	0.013
2	0.20	0.04	-1.831	0.034	0.003
3	0.24	0.06	-1.377	0.084	0.029
4	0.24	0.07	-1.364	0.086	0.012
5	0.26	0.09	-1.137	0.128	0.035
6	0.27	0.11	-1.052	0.146	0.035
7	0.29	0.13	-0.822	0.205	0.076
8	0.29	0.15	-0.745	0.228	0.080
9	0.30	0.17	-0.742	0.229	0.062
10	0.30	0.19	-0.689	0.246	0.060
11	0.30	0.20	-0.668	0.252	0.048
12	0.31	0.22	-0.552	0.291	0.068
13	0.31	0.24	-0.540	0.294	0.054
14	0.31	0.26	-0.540	0.295	0.035
15	0.31	0.28	-0.539	0.295	0.017
16	0.32	0.30	-0.489	0.312	0.016
17	0.32	0.31	-0.456	0.324	0.009
18	0.32	0.33	-0.413	0.340	0.007
19	0.33	0.35	-0.393	0.347	0.005
20	0.33	0.37	-0.392	0.348	0.023
21	0.34	0.39	-0.216	0.415	0.026
22	0.34	0.41	-0.199	0.421	0.014
23	0.34	0.43	-0.198	0.422	0.004
24	0.35	0.44	-0.166	0.434	0.010
25	0.35	0.46	-0.081	0.468	0.005
26	0.35	0.48	-0.077	0.469	0.012
27	0.36	0.50	-0.057	0.477	0.023
28	0.36	0.52	-0.021	0.492	0.027
29	0.36	0.54	0.019	0.508	0.029
30	0.37	0.56	0.085	0.534	0.022
31	0.37	0.57	0.117	0.547	0.027
32	0.37	0.59	0.131	0.552	0.041
33	0.38	0.61	0.152	0.560	0.051
34	0.38	0.63	0.192	0.576	0.053
35	0.39	0.65	0.282	0.611	0.037

36	0.40	0.67	0.396	0.654	0.013
37	0.40	0.69	0.405	0.657	0.028
38	0.40	0.70	0.461	0.678	0.026
39	0.41	0.72	0.518	0.698	0.024
40	0.41	0.74	0.524	0.700	0.041
41	0.41	0.76	0.594	0.724	0.035
42	0.42	0.78	0.643	0.740	0.038
43	0.43	0.80	0.716	0.763	0.033
44	0.43	0.81	0.721	0.765	0.050
45	0.43	0.83	0.808	0.790	0.043
46	0.44	0.85	0.843	0.800	0.052
47	0.44	0.87	0.853	0.803	0.067
48	0.44	0.89	0.894	0.814	0.075
49	0.45	0.91	1.006	0.843	0.065
50	0.46	0.93	1.051	0.853	0.073
51	0.47	0.94	1.231	0.891	0.054
52	0.47	0.96	1.235	0.892	0.071
53	0.76	0.98	4.450	1.000	0.019

MES: AGOSTO

N =	53	Δ max	0.0860
\bar{x} =	0.37	α	5%
S =	0.07	Δ o	0.187
Δ max	<	Δ o	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)-P(X)
1	0.26	0.02	-1.728	0.042	0.024
2	0.26	0.04	-1.716	0.043	0.006
3	0.26	0.06	-1.631	0.051	0.004
4	0.27	0.07	-1.553	0.060	0.014
5	0.29	0.09	-1.184	0.118	0.026
6	0.30	0.11	-1.060	0.144	0.033
7	0.31	0.13	-1.024	0.153	0.023
8	0.31	0.15	-0.983	0.163	0.015
9	0.31	0.17	-0.982	0.163	0.004
10	0.32	0.19	-0.836	0.202	0.016
11	0.32	0.20	-0.818	0.207	0.003
12	0.32	0.22	-0.760	0.224	0.001
13	0.32	0.24	-0.757	0.224	0.016
14	0.32	0.26	-0.743	0.229	0.031
15	0.33	0.28	-0.735	0.231	0.047

16	0.33	0.30	-0.726	0.234	0.062
17	0.34	0.31	-0.570	0.284	0.030
18	0.34	0.33	-0.516	0.303	0.030
19	0.35	0.35	-0.429	0.334	0.018
20	0.35	0.37	-0.367	0.357	0.014
21	0.35	0.39	-0.315	0.376	0.013
22	0.35	0.41	-0.312	0.377	0.030
23	0.36	0.43	-0.266	0.395	0.031
24	0.36	0.44	-0.261	0.397	0.048
25	0.37	0.46	-0.136	0.446	0.017
26	0.37	0.48	-0.119	0.453	0.029
27	0.37	0.50	-0.083	0.467	0.033
28	0.38	0.52	0.095	0.538	0.019
29	0.38	0.54	0.109	0.543	0.006
30	0.39	0.56	0.167	0.566	0.011
31	0.39	0.57	0.205	0.581	0.007
32	0.39	0.59	0.296	0.616	0.024
33	0.40	0.61	0.315	0.623	0.012
34	0.40	0.63	0.326	0.628	0.002
35	0.40	0.65	0.362	0.641	0.007
36	0.40	0.67	0.386	0.650	0.016
37	0.40	0.69	0.393	0.653	0.032
38	0.40	0.70	0.411	0.659	0.044
39	0.40	0.72	0.414	0.661	0.062
40	0.41	0.74	0.509	0.695	0.046
41	0.41	0.76	0.554	0.710	0.049
42	0.41	0.78	0.577	0.718	0.060
43	0.42	0.80	0.601	0.726	0.070
44	0.42	0.81	0.609	0.729	0.086
45	0.43	0.83	0.789	0.785	0.048
46	0.44	0.85	0.957	0.831	0.021
47	0.45	0.87	1.067	0.857	0.013
48	0.46	0.89	1.281	0.900	0.011
49	0.46	0.91	1.294	0.902	0.005
50	0.49	0.93	1.770	0.962	0.036
51	0.50	0.94	1.839	0.967	0.023
52	0.51	0.96	2.012	0.978	0.015
53	0.60	0.98	3.275	0.999	0.018

MES: SEPTIEMBRE

N =	53	Δ max	0.0793
\bar{x} =	0.47	α	5%
S=	0.12	Δ o	0.187
Δ max	<	Δ o	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.24	0.02	-1.937	0.026	0.008
2	0.26	0.04	-1.830	0.034	0.003
3	0.28	0.06	-1.665	0.048	0.008
4	0.30	0.07	-1.498	0.067	0.007
5	0.30	0.09	-1.472	0.070	0.022
6	0.30	0.11	-1.472	0.071	0.041
7	0.33	0.13	-1.188	0.117	0.012
8	0.34	0.15	-1.129	0.129	0.019
9	0.35	0.17	-1.063	0.144	0.023
10	0.37	0.19	-0.888	0.187	0.002
11	0.38	0.20	-0.758	0.224	0.020
12	0.39	0.22	-0.707	0.240	0.017
13	0.41	0.24	-0.570	0.284	0.043
14	0.41	0.26	-0.566	0.286	0.026
15	0.41	0.28	-0.545	0.293	0.015
16	0.41	0.30	-0.529	0.298	0.002
17	0.41	0.31	-0.509	0.306	0.009
18	0.41	0.33	-0.498	0.309	0.024
19	0.43	0.35	-0.393	0.347	0.005
20	0.43	0.37	-0.352	0.362	0.008
21	0.43	0.39	-0.350	0.363	0.026
22	0.43	0.41	-0.333	0.370	0.038
23	0.44	0.43	-0.294	0.384	0.042
24	0.44	0.44	-0.282	0.389	0.055
25	0.44	0.46	-0.260	0.398	0.065
26	0.44	0.48	-0.248	0.402	0.079
27	0.46	0.50	-0.100	0.460	0.040
28	0.46	0.52	-0.092	0.463	0.055
29	0.47	0.54	-0.043	0.483	0.054
30	0.48	0.56	0.036	0.514	0.041
31	0.49	0.57	0.134	0.553	0.021
32	0.50	0.59	0.198	0.579	0.014
33	0.51	0.61	0.343	0.634	0.023
34	0.51	0.63	0.349	0.636	0.007
35	0.52	0.65	0.397	0.654	0.006

16	0.63	0.30	-0.681	0.248	0.048
17	0.63	0.31	-0.660	0.255	0.060
18	0.64	0.33	-0.606	0.272	0.061
19	0.64	0.35	-0.605	0.273	0.079
20	0.64	0.37	-0.598	0.275	0.095
21	0.71	0.39	-0.290	0.386	0.003
22	0.73	0.41	-0.227	0.410	0.003
23	0.75	0.43	-0.114	0.455	0.029
24	0.77	0.44	-0.025	0.490	0.046
25	0.79	0.46	0.044	0.518	0.055
26	0.81	0.48	0.142	0.557	0.075
27	0.82	0.50	0.169	0.567	0.067
28	0.82	0.52	0.178	0.571	0.052
29	0.83	0.54	0.223	0.588	0.051
30	0.83	0.56	0.250	0.599	0.043
31	0.84	0.57	0.257	0.601	0.027
32	0.85	0.59	0.310	0.622	0.029
33	0.86	0.61	0.348	0.636	0.025
34	0.86	0.63	0.368	0.643	0.014
35	0.86	0.65	0.378	0.647	0.001
36	0.86	0.67	0.383	0.649	0.018
37	0.88	0.69	0.472	0.682	0.004
38	0.92	0.70	0.619	0.732	0.028
39	0.92	0.72	0.632	0.736	0.014
40	0.92	0.74	0.638	0.738	0.003
41	0.96	0.76	0.795	0.787	0.027
42	0.97	0.78	0.838	0.799	0.021
43	0.97	0.80	0.877	0.810	0.013
44	0.99	0.81	0.945	0.828	0.013
45	1.00	0.83	0.984	0.837	0.004
46	1.00	0.85	1.009	0.844	0.008
47	1.02	0.87	1.062	0.856	0.014
48	1.04	0.89	1.154	0.876	0.013
49	1.06	0.91	1.255	0.895	0.012
50	1.13	0.93	1.575	0.942	0.016
51	1.23	0.94	2.031	0.979	0.034
52	1.24	0.96	2.058	0.980	0.017
53	1.24	0.98	2.081	0.981	0.000

16	0.80	0.30	-0.596	0.276	0.021
17	0.81	0.31	-0.510	0.305	0.010
18	0.81	0.33	-0.501	0.308	0.025
19	0.81	0.35	-0.501	0.308	0.044
20	0.82	0.37	-0.472	0.318	0.052
21	0.83	0.39	-0.391	0.348	0.041
22	0.84	0.41	-0.355	0.361	0.046
23	0.84	0.43	-0.340	0.367	0.059
24	0.85	0.44	-0.294	0.384	0.060
25	0.86	0.46	-0.204	0.419	0.044
26	0.87	0.48	-0.169	0.433	0.049
27	0.87	0.50	-0.153	0.439	0.061
28	0.87	0.52	-0.141	0.444	0.074
29	0.89	0.54	-0.010	0.496	0.041
30	0.90	0.56	0.012	0.505	0.051
31	0.90	0.57	0.034	0.514	0.060
32	0.90	0.59	0.054	0.522	0.071
33	0.94	0.61	0.268	0.605	0.006
34	0.95	0.63	0.334	0.631	0.001
35	0.95	0.65	0.352	0.637	0.011
36	0.95	0.67	0.354	0.638	0.028
37	0.97	0.69	0.442	0.671	0.015
38	0.98	0.70	0.531	0.702	0.001
39	0.98	0.72	0.539	0.705	0.017
40	1.01	0.74	0.690	0.755	0.014
41	1.02	0.76	0.787	0.784	0.025
42	1.06	0.78	1.009	0.843	0.066
43	1.07	0.80	1.059	0.855	0.059
44	1.07	0.81	1.065	0.857	0.042
45	1.07	0.83	1.091	0.862	0.029
46	1.07	0.85	1.092	0.863	0.011
47	1.07	0.87	1.092	0.863	0.008
48	1.09	0.89	1.207	0.886	0.003
49	1.10	0.91	1.254	0.895	0.012
50	1.10	0.93	1.283	0.900	0.026
51	1.12	0.94	1.397	0.919	0.026
52	1.16	0.96	1.613	0.947	0.016
53	1.42	0.98	3.219	0.999	0.018

VIII. PANEL FOTOGRAFICO



Figura 33. Sección de Aforo - Rio Quengorio



Figura 34. Traje Impermeable utilizado para realizar los aforos en el Rio Quengorio



Figura 35. Aforo realizado en el mes de marzo de 2017, en época de lluvias.



Figura 36. Aforo realizado en el Rio Quengorío, en época de estiaje (2017).



Figura 37. Aforo Realizado en el mes de enero de 2018



Figura 38. Laguna Namococha – Celendín a 3831 m.s.n.m.