

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA
MICROCUENCA DEL RIO EL TUYO EN EL DISTRITO DE CATILLUC,
PROVINCIA DE SAN MIGUEL – CAJAMARCA, 2017”**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

JHEIMMY FRANK JULCAMORO ISPILCO

Asesorado por:

Dr. ING. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA - PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

A Francisco Huamán Vidaurre Dr. Ing; asesor de esta investigación, por sus consejos y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

A Oswaldo Ortiz Vera Ph.D. Ing; jurado de tesis, por su disposición y apoyo al desarrollo del presente trabajo.

A Gaspar Méndez Cruz Dr. Ing; jurado, por sus valiosos comentarios al presente documento.

A Luis León Chávez Dr. Ing; jurado, por su apoyo y comentarios al presente trabajo.

A José Armas Vía Ing.; coordinador de proyección social de nuestra universidad, por dar inicio a este proyecto y tener la buena disposición en el desarrollo de este trabajo.

A Gilberto Cruzado Vásquez Dr.; co-asesor de esta investigación, por sus consejos y apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

A la junta de usuarios “Tres Ríos” por facilitarme las necesidades y recursos que han sido necesarias en esta investigación, en especial al Sr. Daniel Ramos.

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a la vida, que me ha permitido llegar hasta aquí, por brindarme la salud y las fuerzas para superar las adversidades que a diario se presentan.

Especialmente a mis padres Valentín Julcamoro Gonzáles y María Ispilco Portal, 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 mi tío Ismael Julcamoro Gonzáles, por dejar en mi vida la enseñanza de que todo se puede y es posible con esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanas Yesenia, Magaly y Melissa, por su apoyo incondicional, deseando que con este logro alcanzado pueda incentivarlas y marcar el camino de sus vidas.

A mis abuelos Simona (Q.E.P.D) y Valentín, 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 hombre trabajador y de bien.

A mi compañera de vida Lizeth, por estar siempre a mi lado, compartiendo mis alegrías y penas, ayudándome en los momentos difíciles con su sabiduría y sus conocimientos.

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

Gracias.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN	12
1.3. ALCANCES	13
1.4. OBJETIVOS	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. ANTECEDENTES	14
2.2. CUENCA HIDROLÓGICA	15
2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	23
2.4. TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	24
2.5. CICLO HIDROLÓGICO COMO SISTEMA.....	42
2.6. MODELO DETERMINÍSTICO - ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ.....	43
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS.....	57
2.8. MEDICIÓN DEL ESCURRIMIENTO	60
III. MATERIAL Y MÉTODOS	64
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	64
3.2. MATERIALES	66
3.3. TRATAMIENTO CARTOGRÁFICO	67
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	67
3.5. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES.....	69
3.6. GENERACIÓN DE CAUDALES	71
3.7. OFERTAS HÍDRICAS GENERADAS CON EL MODELO	73
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO	74
4.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	77
4.3. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES.....	82
4.4. GENERACIÓN DE CAUDALES	88
4.5. OFERTAS HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL TUYO	91
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1. CONCLUSIONES.....	92
5.2. RECOMENDACIONES.....	94
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

ANEXOS	97
A.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	97
A.2. PERIODO REGISTRO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA	98
A.3. CONSISTENCIA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA	101
A.4. COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA INFORMACIÓN	111
A.5. REGISTRO CONSISTENTE, COMPLETO Y EXTENDIDO	113
A.6. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA MICROCUENCA	117
A.7. GENERACIÓN DE DESCARGAS CON MODELO ESTOCÁSTICO	120
A.8. REGISTRO DE DESCARGAS DE LOS AFOROS REALIZADOS	123
A.9. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO DE CAUDALES	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grilla de análisis de una cuenca según Horton	17
Figura 2: Jerarquización de cauces mediante el método de Horton.	20
Figura 3: Flujograma para el tratamiento de la información hidrometeorológica.....	25
Figura 4: Flujograma para el análisis de saltos.	26
Figura 5: Flujograma para el análisis de tendencias.....	31
Figura 6: Representación del ciclo hidrológico.	42
Figura 7: Modelo de balance hídrico simple.	42
Figura 8: Esquema del sistema hidrológico.....	43
Figura 9: Área para cada estación en el método de Thiessen.	46
Figura 10: Método de aforo por flotadores.....	61
Figura 11: Demarcación política de la microcuenca “El Tuyo”.....	65
Figura 12: Demarcación hidrográfica de la microcuenca “El Tuyo”	65
Figura 13: Ubicación referencial de la microcuenca “El Tuyo”	66
Figura 14: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.	68
Figura 15: Curva hipsométrica - frecuencia de altitudes.....	76
Figura 16: Perfil longitudinal del cauce principal del Río “El Tuyo”	76
Figura 17: Orden de la red hídrica del Río “El Tuyo”.....	76
Figura 18: Polígonos de Thiessen en la microcuenca “El Tuyo”	83
Figura 19: Precipitación media mensual areal en la microcuenca “El Tuyo”	84
Figura 20: Precipitaciones medias mensuales en la microcuenca “El Tuyo”.....	85
Figura 21: Distribución de los coeficientes de agotamiento en la microcuenca “El Tuyo”	87
Figura 22: Caudales generados para el año promedio en la microcuenca “El Tuyo”	88
Figura 23: Caudales para un periodo extendido en la microcuenca “El Tuyo”	89
Figura 24: Disponibilidad de agua en la microcuenca “El Tuyo”	91
Figura 25: Pluviogramas anuales de las estaciones en la microcuenca “El Tuyo”	101
Figura 26: Análisis de correlación de las estaciones por grupos.	103
Figura 27: Análisis de doble masa por grupos.	105
Figura 28: Pluviogramas de las estaciones seleccionadas (Originales).....	108
Figura 29: Pluviogramas de las estaciones seleccionadas (corregidas).....	110
Figura 30: Pluviogramas de las estaciones corregidas y/o extendidas.	111
Figura 31: Caudal: 2.875 m ³ /s del aforo (04/03/17) – 2563 msnm.	125
Figura 32: Caudal: 2.720 m ³ /s del aforo (11/03/17) – 2564 msnm.	125
Figura 33: Caudal: 2.602 m ³ /s del aforo (29/03/17) – 2565 msnm.	126
Figura 34: Caudal: 2.321 m ³ /s del aforo (01/04/17) – 2564 msnm.	126
Figura 35: Caudal: 1.648 m ³ /s del aforo (26/04/17) – 2564 msnm.	126
Figura 36: Mapa topográfico de la microcuenca del río “El Tuyo”.	133
Figura 37: Mapa hidrográfico de la microcuenca del río “El Tuyo”.....	134
Figura 38: Modelo de elevación en la microcuenca del río “El Tuyo”.	135
Figura 39: Mapa de pendientes en la microcuenca del río “El Tuyo”.....	136
Figura 40: Mapa de formaciones geológicas en la microcuenca del río “El Tuyo”.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de una cuenca según su pendiente.....	18
Tabla 2: Precipitación mensual en función a la altitud media de la cuenca	46
Tabla 3: Precipitación mensual promedio de las Estaciones Correlacionadas	47
Tabla 4: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias.	53
Tabla 5: Ejemplo de series para la regresión múltiple.....	55
Tabla 6: Valores críticos de “ Δ_0 ”	58
Tabla 7: Niveles de persistencia.	60
Tabla 8: Factores de corrección de velocidad.	62
Tabla 9: Principales parámetros de la microcuenca “El Tuyo”	75
Tabla 10: Grupo de análisis de las estaciones meteorológicas.....	78
Tabla 11: Selección de estaciones meteorológicas a trabajar.	78
Tabla 12: Análisis de saltos y tendencias de la estación base (Chugur).	79
Tabla 13: Análisis de saltos y tendencias de las estaciones en estudio.	80
Tabla 14: Resumen de la completación y extensión de la información meteorológica.	81
Tabla 15: Precipitación media mensual por cada estación meteorológica.	82
Tabla 16: Incidencia de áreas por estación meteorológica.	83
Tabla 17: Precipitación media mensual.....	83
Tabla 18: Precipitación mensual para el año promedio.....	83
Tabla 19: Coeficientes para la generación de registros de precipitación.	83
Tabla 20: Precipitación media mensual areal en la microcuenca “El Tuyo”	84
Tabla 21: Temperatura media anual por estaciones.	84
Tabla 22: Coeficiente de escorrentía.	85
Tabla 23: Precipitación efectiva promedio en la microcuenca “El Tuyo”	85
Tabla 24: Periodos del ciclo hidrológico en la microcuenca “El Tuyo”	86
Tabla 25: Retención en la microcuenca “El Tuyo”	86
Tabla 26: Coeficiente de agotamiento.	86
Tabla 27: Valores de la relación de caudales del flujo base.....	86
Tabla 28: Valores del gasto de la retención en la microcuenca “El Tuyo”	87
Tabla 29: Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca.	87
Tabla 30: Valores del abastecimiento de la retención en la microcuenca “El Tuyo”	87
Tabla 31: Caudales generados para el Año Promedio en la microcuenca “El Tuyo”	88
Tabla 32: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.....	89
Tabla 33: Caudales aforados en el río “El Tuyo”	90
Tabla 34: Estaciones meteorológicas identificadas.	97
Tabla 35: Ubicación estaciones meteorológicas identificadas.	97
Tabla 36: Periodo de registro estaciones Chugur - Hualgayoc	98
Tabla 37: Periodo de registro estaciones Quilcate 309 - Quilcate 153205.....	99
Tabla 38: Periodo de registro estaciones Rupahuasi - Quebrada Honda.....	100
Tabla 39: Precipitación total mensual (mm) - Estación Chugur.	113
Tabla 40: Precipitación total mensual (mm) - Estación Hualgayoc.	114
Tabla 41: Precipitación total mensual (mm) - Estación Quilcate.....	115
Tabla 42: Precipitación total mensual (mm) - Estación Rupahuasi.....	116
Tabla 43: Planilla de precipitaciones mensuales en la microcuenca “El Tuyo” (mm).....	117
Tabla 44: Planilla de precipitación media areal generadas en la microcuenca (mm).....	118
Tabla 45: Planilla de precipitaciones efectivas en la microcuenca “El Tuyo” (mm).....	119
Tabla 46: Números aleatorios normalmente distribuidos.....	120

Tabla 47: Generación de descargas por el modelo estocástico (mm/mes)	121
Tabla 48: Generación de descargas por el modelo estocástico (m ³ /s).....	122
Tabla 49: Control de caudales en el mes de marzo de 2017 en el río El Tuyo	123
Tabla 50: Control de caudales en el mes de abril de 2017 en el río El Tuyo	124
Tabla 51: Distribución Normal - Prueba de Smirnov Kolmogorov.	127

RESUMEN

En el Perú, la escasez de información de escorrentías en los cauces de las redes hidrográficas, dificulta el planeamiento, diseño y operación de los proyectos de aprovechamiento hídrico, siendo las microcuencas hidrológicas altoandinas las más perjudicadas por ser las más alejadas del sistema hidrográfico. El objeto de este trabajo fue utilizar un modelo hidrológico aplicable a la microcuenca del río El Tuyo, estimando la disponibilidad de agua con la que cuenta dicha microcuenca. Para ello, se procesó la información cartográfica, del mismo modo, la información hidrológica fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos convirtiéndolo en un producto apto para el diseño y permita de esta manera, aplicar el modelo que 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. Éstos caudales, evaluados con los aforos realizados en los meses de marzo y abril, los cuales fueron $2.75 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.88 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, han sido superados, mostrando que la metodología del modelo tiene ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca. Por otro lado, del análisis de las descargas medias mensuales generadas se ha determinado que la masa anual media en la microcuenca del Río El Tuyo es de $8.37 \text{ m}^3/\text{s}$, y se concluye que, con un período de retorno de 5 años, se espera alcanzar caudales medios mensuales que superen los $10.53 \text{ m}^3/\text{s}$ anuales.

Palabras clave: Microcuenca El Tuyo, Modelo Lutz Scholz, Caudales Medios Mensuales.

ABSTRACT

In Peru, the scarcity of information on runoff in the channels of hydrographic networks makes it difficult to plan, design and operate hydroelectric projects, with high hydrological micro-watershed being the most disadvantaged because they are farthest from the hydrographic system. The objective of this work was to use a more appropriate hydrological model applicable to the micro-watershed of the river El Tuyo, estimating the availability of water with that micro-watershed. For this, the cartographic information was processed, in the same way, the hydrological information was analyzed, processed and synthesized by means of its statistical parameters converting it into a suitable product for the design and allows in this way, to apply the model that consists of transforming the average precipitation Monthly in monthly average flows through submodels such as effective precipitation, expense and retention supply. It was determined that the average monthly flows generated by the deterministic-stochastic Lutz Scholz model show a direct relationship with precipitation, being higher in the rainy months and lower in the dry season. These flow rates, evaluated with the measurements carried out in march and april, which were $2.75 \text{ m}^3/\text{s}$ and $1.88 \text{ m}^3/\text{s}$ respectively, have been overcome, showing that the model methodology has certain restrictions regarding the geomorphology of the micro-watershed. On the other hand, the average annual mass of the El Tuyo river micro-watershed has been determined to be $8.37 \text{ m}^3/\text{s}$, and it is concluded that, with a return period of 5 years, it is expected reaching average monthly flows that exceed $10.53 \text{ m}^3/\text{s}$ per year.

Key words: Watershed El Tuyo, Hydrological Model, Average Monthly Flow.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Chancay – Lambayeque pertenece a la Vertiente del Pacífico, abarca un área de 2,330 km², donde se encuentra el Proyecto Tinajones. Tiene como afluente principal el río Chancay, que aporta una caudal medio de 32.3 m³/s; desde su nacimiento en la cordillera occidental de los Andes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Posee una longitud de 203.93 km y en su recorrido recibe aportes eventuales de 24 ríos secundarios. La oferta media anual disponible es de 1173.70 MMC, y está comprendida por agua superficial, subterránea y agua de retorno.

La inadecuada gestión de los recursos hídricos en dicha cuenca, debido a la débil articulación institucional, insuficientes recursos económicos, escasa valoración y mínima reacción ante eventos extremos, origina una inapropiada gestión y administración para el aprovechamiento óptimo, originando un creciente deterioro de la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Frente a esta problemática, se dio origen a la formación del Plan Participativo de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca Chancay - Lambayeque, aprobado con R.J. N° 118-2014-ANA, que tiene por finalidad: “Alcanzar el uso sostenible de los recursos hídricos, así como, el incremento de las disponibilidades para lograr la satisfacción de las demandas de agua en cantidad, calidad y oportunidad, en el corto y largo plazo; en armonía con el desarrollo nacional, regional y local, articulando y compatibilizado su gestión con las políticas económicas, sociales, y ambientales”

Entendiendo que dicha cuenca 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 del río El Tuyo, 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.

De este modo, nos permite realizar el estudio en la microcuenca del río El Tuyo, que es fuente de agua importante para la zona urbana y zona rural del Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel, Departamento de Cajamarca; con el fin de tener un mejor conocimiento acerca de la disponibilidad del recurso hídrico

1.1. PROBLEMA

La falta de información hidrométrica en el municipio de Catilluc, 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, entre otros). Este problema atraviesa el distrito de Catilluc y es común en distintas regiones de nuestro país.

Pregunta principal: ¿Cuál es la disponibilidad de agua en la microcuenca del río El Tuyo, utilizando el modelo determinístico - estocástico Lutz Scholz?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El río El Tuyo es una fuente de agua para la zona rural y urbana del distrito de Catilluc, es por ello, que existe la preocupación de los pobladores debido a los conflictos y problemas en la eficiente distribución del recurso hídrico producidos por la escasez del agua, 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.

Una de las líneas de 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.

La investigación sirve como línea base para otros estudios y proyectos respecto al aprovechamiento del agua, aportando con recomendaciones en beneficio de las entidades encargadas de la administración hídrica en la comunidad.

1.3. ALCANCES

Está orientado a generar caudales medios mensuales que permiten estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca del río El Tuyo mediante el modelo hidrológico Lutz Scholz, utilizando como datos de entrada la precipitación y los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca del Río “El Tuyo” utilizando el modelo determinístico – estocástico Lutz Scholz.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar y procesar la información cartográfica.
- Recopilar y procesar la información hidrológica.
- Aplicar los modelos determinísticos parciales.
- Generar los caudales medios mensuales para el año promedio y para un periodo extendido.
- Estimar la oferta hídrica en la microcuenca del río El Tuyo para uso agrícola, doméstico, hidroenergético e industrial.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En la zona no se ha encontrado estudios similares, sin embargo, se han encontrado documentos que pueden aportar de sobremanera al desarrollo de este estudio, a continuación, se presenta algunos estudios relacionados al tema a desarrollar.

En 1999 se ha desarrollado la tesis de grado: “*Balance Hidrológico de la Subcuenca Tatora - Cajabamba*”, a cargo de Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín, ex alumno de la Universidad Nacional de Cajamarca. La investigación se elaboró con el ánimo de solucionar la carencia del recurso hídrico con fines de agricultura, se realizó el balance hídrico; generando caudales mensuales promedio haciendo uso del modelo hidrológico elaborado por Lutz Scholz.

En 2005 se ha desarrollado la tesis de grado: “*Generación De Descargas Mensuales En Subcuencas De La Cuenca Del Río Santa Utilizando El Método De Lutz Scholz*”, a cargo de Niciaceno Edilberto Tarazona Santos de la Universidad Agraria La Molina. Lima. En dicha tesis se ha podido analizar el desarrollo secuencial de los modelos determinísticos para la generación de caudales del año promedio y el modelo estocástico para la generación de las series extendidas.

En 2009 se ha desarrollado un “*Estudio Geológico en el Departamento de Cajamarca*” a cargo del Dr. Gilberto Cruzado Vásquez, docente de la Universidad Nacional de Cajamarca. En dicho estudio se indica que las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca, se encuentran relacionadas a su origen, a su tectónica y a su cronología, siendo el Complejo Marañón el más antiguo y corresponde al Precámbrico, esta información es útil para la investigación a realizar.

En 2014 se ha desarrollado la tesis de grado: “*Volumen De Agua Aprovechable En La Microcuenca Del Río Tres Ríos, Usando El Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, Para Los Años Hidrológicos 2008-2012*”, a cargo de César Nixon Terán Guevara, ex alumno de la Universidad Nacional de Cajamarca. En dicha tesis se ha concluido que el volumen para el periodo extendido, se ajusta a 89.6% respecto al observado, mientras que el volumen generado para el año promedio y el volumen calculado de caudales observados se ajusta en un 99.6 %.

2.2. CUENCA HIDROLÓGICA

El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca, es por ello que cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, situación debida principalmente a los parámetros geomorfológicos.

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS O DE SUPERFICIE

Según (Cahuana Andía, 2009)

a. 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.

En la actualidad existen gran variedad de programas que nos permiten determinar con mayor precisión longitudes y superficies de las cuencas. Entre ellos, se tienen:

- SIG, s: ILWIS, ARGIS, IDRISI, ETC.
- CAD, s: AUTO CAD, LANDDESKTOP, VECTOR WORK, ETC.

b. 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, para calcularlo se puede usar los mismos paquetes computacionales que para el área.

PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

Según (Cahuana Andía, 2009)

a. Factor de forma (K_t)

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

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

Donde:

K_t : Factor de forma.

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

A : Área de la cuenca, en Km^2 .

L : Longitud de máximo recorrido, en Km.

b. Coeficiente de Gravelius (K_c)

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 Km^2

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).

c. Longitud de máximo recorrido (L)

Es la longitud de la línea, medida sobre el cauce principal, entre el punto de efluencia y un punto sobre la divisoria de aguas que sea de máxima distancia.

PARÁMETROS DE RELIEVE

Según (Villón Béjar, 2002)

Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros que han sido desarrollados por varios autores; entre los más utilizados son: pendiente cuenca, índice de pendiente, curvas hipsométricas, histograma de frecuencias y relación de relieve.

a. Pendiente media de la cuenca (S_c)

La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

• **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.

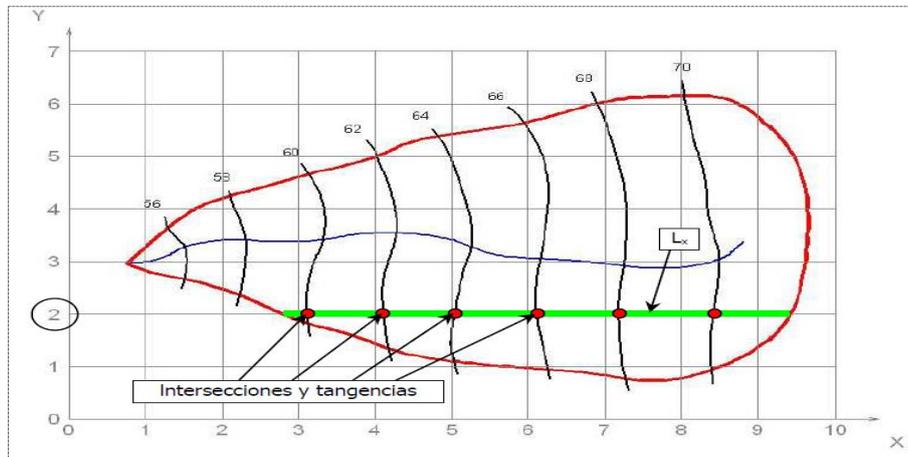


Figura 1: Grilla de análisis de una cuenca según Horton

La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se calcula:

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

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

Donde:

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

$N_{x,y}$: Número total de intersecciones y tangencias de líneas de la malla con curvas de nivel, en el sentido “X y Y”,

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

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

Horton considera que la pendiente media puede determinarse como:

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

Donde:

S_c : Pendiente media de la cuenca.

θ : Ángulo dominante entre las líneas de malla y curvas 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 “ $\text{Sec}(\theta) = 1$ ” 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 1 propuesto por R. Heras:

Tabla 1: Clasificación de una cuenca según su pendiente.

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

Fuente: R Heras

b. 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.

c. 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:

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

Donde:

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.

a. 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 Vera, 2014)

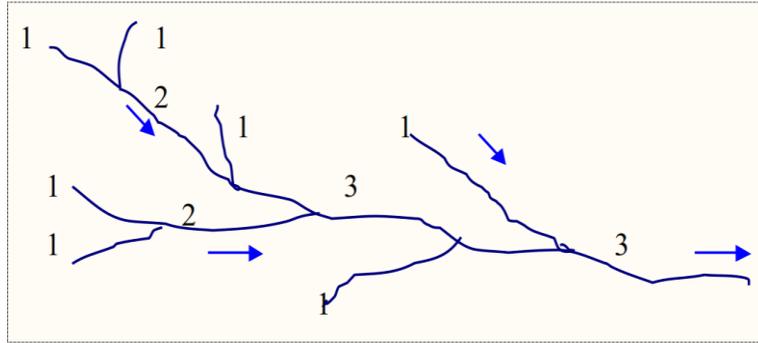


Figura 2: Jerarquización de cauces mediante el método de Horton.

b. Densidad de corrientes (D_c)

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:

D_c : Densidad de corrientes, cauces o ríos, (Km^2)

A : Área de la cuenca, (Km^2)

N_s : Número de corrientes permanentes e intermitentes (unidades)

c. Densidad de drenaje (D_d)

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)

d. Tiempo de concentración (T_c)

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.

e. 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 de la pendiente uniforme**

Este método es recomendable usar preferentemente en tramos cortos.

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

Donde

- S : Pendiente cauce principal.
 H : Diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en Km
 L : Longitud del cauce, en Km

Relación de confluencias

La disposición o configuración espacial de la red de drenaje superficial se puede representar cuantitativamente mediante la razón o relación de confluencias promedio de la ecuación (11), el valor promedio de la relación de confluencias explica, en cierta medida, la configuración espacial de la red de drenaje y se refleja en la geometría del hidrograma de escorrentía, de modo muy similar a la geometría de la cuenca, (Chow et tal., 1994).

$$R_{ci} = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad ; \quad R_c = \frac{1}{n} \sum R_{ci} \quad (11)$$

Donde:

R_{ci} : Relación de confluencia parcial.

N_i : Número de cursos de orden i .

N_{i+1} : Número de cursos de orden inmediatamente superior.

R_c : Relación de confluencias promedio.

n : Número de relación de confluencias parciales calculadas.

Coefficiente orográfico

El coeficiente orográfico es el resultado de relacionar el cuadrado de la altitud media y la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal, expresada mediante la ecuación (12). Parámetro adimensional asociado con la capacidad o potencial de erosión hídrica y de transporte de sedimentos de los sistemas hidrológicos altoandinos. (Henaos, 1988)

Se considera aquí, por razones obvias, que el coeficiente orográfico constituye el parámetro adimensional de relieve más importante que controla el potencial o poder degradante de los sistemas hidrológicos.

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (12)$$

Donde:

C_o : Coeficiente orográfico.

H : Altitud media.

A : Área proyectada sobre un plano horizontal.

2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

a. Precipitación

El parámetro más importante de los modelos hidrológicos es la precipitación, constituye la masa de agua inicial de entrada al sistema hidrológico. (Huamán Vidaurre, 2013)

b. 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)

Según (Huamán Vidaurre, 2013)

- **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 a las 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 Vera, 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)

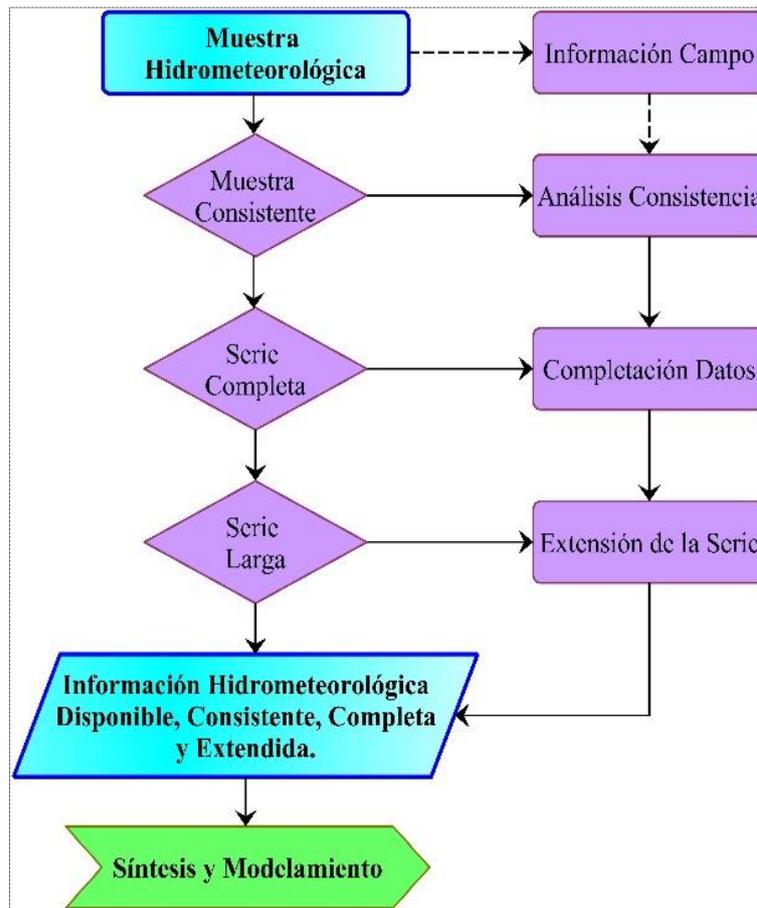


Figura 3: Flujograma para el tratamiento de la información hidrometeorológica.

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

(Ortiz Vera, 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.

a. Análisis de Saltos

Definición

Se llama salto a la forma determinística transitoria, que permiten a una serie temporal pasar de un estado a otro, como respuesta a ciertos cambios propiciados por el hombre, debido al continuo desarrollo y explotación de los recursos hidráulicos en la cuenca o a cambios violentos ocurridos en la naturaleza.

Procedimiento de análisis

El procedimiento de análisis consiste en la realización de tres actividades básicas: identificación, cuantificación y corrección de saltos.

En la figura 3 se presenta el esquema simplificado para el análisis de saltos que consiste en la realización de tres actividades principales: (1) *Identificación de salto*, (2) *Evaluación - cuantificación* y (3) *Corrección y/o eliminación*.

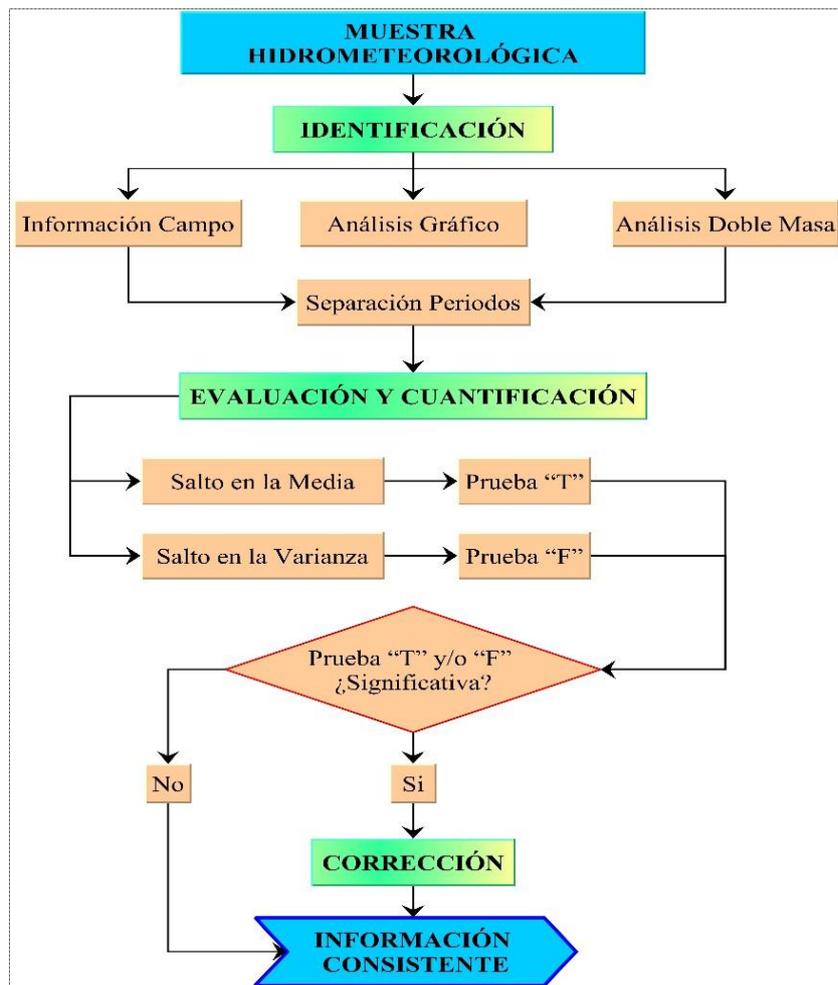


Figura 4: Flujograma para el análisis de saltos.

a.1. Identificación de saltos

En esta etapa se realiza la identificación de saltos, la causa de su origen y, mediante la combinación de tres criterios: a) información de campo, b) análisis gráfico y, c) análisis de doble masa se puede determinar si el error es de tipo natural o artificial.

Análisis Gráfico

Consiste en un análisis visual de la información original; para lo cual la información hidrometeorológica se grafica en coordenadas cartesianas representando en el eje de las ordenadas el valor de la información (precipitación, descargas, etc.) y en el eje de las abscisas el tiempo cronológico respectivo (anuales, mensuales, semanales, diarios).

Este primer análisis sirve para tener una primera aproximación acerca de la bondad de los datos y separar los periodos dudosos de los confiables para tenerlos en cuenta en el análisis de doble masa y en las pruebas de consistencia.

Análisis de Doble Masa

El análisis de doble masa se realiza para la determinación de la consistencia de la información, mas 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.

a.2. 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:

1. Formulación de la hipótesis:

La hipótesis planteada **HP**, respecto a la homogeneidad de medias es: “Las medias muestrales de los datos correspondientes a los periodos dudoso y fiable son equivalentes estadísticamente a un nivel de confianza de $100-\alpha$ ”

La hipótesis alterna **HA** queda definida así: “Las medias muestrales de los datos correspondientes a los periodos dudoso y fiable no son equivalentes estadísticamente a un nivel de confianza de $100-\alpha$ ”

Estadísticamente, las hipótesis anteriores se expresan como sigue:

$$HP: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \quad HA: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

2. Determinación del T tabular “T_t”

El número de grados de libertad total se expresa:

$$GL = n_1 + n_2 - 2 \quad (13)$$

3. Determinación del T calculado “T_c”

El estadístico “T_c” se calcula mediante las expresiones siguientes:

$$T_c = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{S_d} \quad (14)$$

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{X}_1)^2 \quad (17)$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_2 - \bar{X}_2)^2 \quad (18)$$

Donde:

S_d : Desviación estándar de las diferencias de las medias.

S_p : Desviación estándar ponderada.

$\bar{X}_1; \bar{X}_2$: Media muestral del periodo 1 y 2 respectivamente.

$S_1; S_2$: Desviación estándar muestral del periodo 1 y 2.

$X_1; X_2$: Datos de la serie analizada del periodo 1 y 2

$n_1; n_2$: Número de datos del periodo 1 y 2 respectivamente.

4. Criterios de aceptación o rechazo

Si $|T_c| \leq T_t, (\alpha = 5\%) \leftrightarrow$ *Aceptar HP* Medias son iguales

$|T_c| > T_t, (\alpha = 5\%) \leftrightarrow$ *Aceptar HA* Medias son diferentes

En el primer caso, se dice que la prueba **T** es no significativa y, en el segundo caso, la prueba puede ser significativa o altamente significativa. En este último caso, implica corregir la información, eliminando el salto del periodo dudoso y sin tener que recurrir a la prueba **F**.

Consistencia en la Desviación Estándar

La homogeneidad de las varianzas se verifica mediante la prueba “F” de Fisher, según el siguiente procedimiento:

1. Formulación de la Hipótesis

Similarmente a como se procedió en la prueba de T, las hipótesis de esta prueba se plantean estadísticamente de la siguiente manera:

$$HP: S_1^2 = S_2^2 ; (\alpha = 5\%)$$

$$HA: S_1^2 \neq S_2^2 ; (\alpha = 5\%)$$

2. Determinación del F calculado “F_c”

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \leftrightarrow \text{sí : } S_1^2 > S_2^2 \quad (19.a)$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \leftrightarrow \text{sí : } S_2^2 > S_1^2 \quad (19.b)$$

3. Determinación del F tabular “F_t”

Los grados de libertad y el nivel de significación se expresan de la siguiente manera:

$$\text{Sí : } S_1^2 > S_2^2 \quad G.L.N = n_1 - 1 ; G.L.D = n_2 - 1 \quad (20.a)$$

$$\text{Sí : } S_2^2 > S_1^2 \quad G.L.N = n_2 - 1 ; G.L.D = n_1 - 1 \quad (20.b)$$

Donde:

$G.L.N$: Grados de libertad del numerador.

$G.L.D$: Grados de libertad del denominador.

4. Criterios de aceptación o rechazo

$$F_c \leq F_t, (95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } H_P(\text{muestra consistente})$$

$$F_c > F_t, (95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } H_A(\text{muestra inconsistente})$$

a.3. Corrección de datos

- Si el periodo 1 es el dudoso y el periodo 2 es el confiable:

$$X'_t = \left(\frac{x_t - \bar{X}_1}{S_1} \right) S_2 + \bar{X}_2 \quad (21.a)$$

- Si el periodo 1 es el confiable y el periodo 2 es el dudoso:

$$X'_t = \left(\frac{x_t - \bar{X}_2}{S_2} \right) S_1 + \bar{X}_1 \quad (21.b)$$

Donde:

X'_t : Dato a corregir.

X_t : Dato corregido.

b. Análisis de Tendencias

Definición

Se llama tendencia a la componente determinística que provoca un cambio continuo en un registro histórico correspondiente a una serie hidrometeorológica. Por ejemplo, cambio ascendente o descendente continuo en la temperatura, precipitación o escorrentía.

Las tendencias por lo general, pueden ser aproximadas por la ecuación de regresión lineal y en algunos casos por polinomios que representan tendencia curvilínea o exponencial. Las tendencias, al igual que los saltos, se presentan en la media y en la varianza.

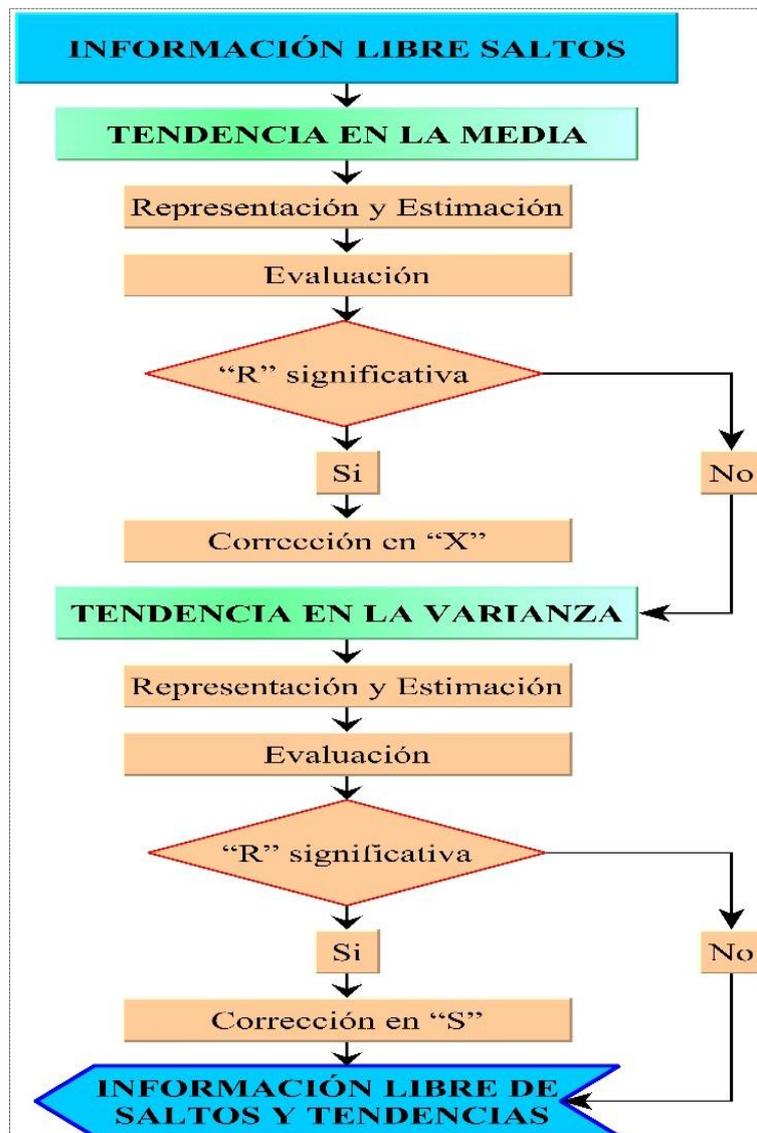


Figura 5: Flujograma para el análisis de tendencias.

Procedimiento de Análisis

Un esquema simplificado para el análisis de tendencias en datos hidrometeorológicos se presenta en la figura 5. Previamente al desarrollo del esquema se ha analizado y corregido los saltos existentes para luego analizar la tendencia en la media y en la desviación estándar en ese orden; justificándolo físicamente con la información de campo obtenida y evaluando su significación mediante un procedimiento estadístico.

b.1. Tendencia en la Media

Representación

La tendencia en la media puede expresarse en forma general por el siguiente polinomio:

$$T_{m_{p,t}} = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (22)$$

Para muchos casos para estimar esta tendencia es suficiente la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_{m_{p,t}} = A_m + B_m t \quad (23)$$

Donde:

$T_{m_{p,t}}$: Tendencia en la media de la información hidrometeorológica corregida o sin salto (proceso estocástico no estacionario)

$A_m + B_m$: Coeficientes de la ecuación de regresión.

t : Tiempo tomado como la variable independiente en el análisis de regresión para evaluar la tendencia, y su valor se halla:

$p = 1, 2, \dots, n$: número de años del registro τ

$\tau = 1, 2, \dots, w$: periodo básico e igual a 365, 52 ó 12, según que la serie sea diaria, semanal o anual, respectivamente.

Estimación

Con la información que se tiene se calcula los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple dados en la ecuación:

$$A_m = \bar{T}_{m,p,t} - B_m \bar{t} \quad (24)$$

$$B_m = R \frac{S_{Tm}}{S_t} \quad (25)$$

$$R = \frac{\overline{t * T_{m,p,t}} - \bar{t} * \bar{T}_{m,p,t}}{S_t * S_{Tm}} \quad (26)$$

$$T_{m,p,t} = X'_t \quad (27)$$

$$\bar{T}_{m,p,t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{m,p,t})_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X'_t)_i \quad (28)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (29)$$

$$\overline{t * T_{m,p,t}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{m,p,t})_i * t_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X'_t)_i * t_i \quad (30)$$

$$S_{Tm}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(T_{m,p,t})_i - \bar{T}_m]^2 = S_{X'_t} \quad (31)$$

$$S_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (32)$$

Donde:

$\bar{T}_{m,p,t}$: Promedio de la tendencia e igual al promedio de los datos corregidos.

\bar{t} : Promedio del tiempo “t”.

$\overline{t * T_{m,p,t}}$: Promedio del producto de la tendencia por el tiempo.

S_{Tm} : Desviación estándar de la tendencia en la media.

S_t : Desviación estándar del tiempo “t”.

R : Coeficiente de correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración.

Evaluación

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de regresión “Bm” o el coeficiente de correlación “R”. En este caso se analiza R según el estadístico "T" de Student, desarrollando los siguientes pasos:

1. Formulación de la hipótesis

$$HP: R = 0; (\alpha = 5\%) \quad HA: R \neq 0; (\alpha = 5\%)$$

2. Cálculo del T calculado “T_c”

$$T_c = \frac{R(n-2)^{\frac{1}{2}}}{(1-R^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (33)$$

Donde:

T_c : Valor del estadístico T calculado.

n : Número de datos.

R : Coeficiente de correlación lineal.

3. Determinación del T tabular “T_t”

$$GL = n - 2; (\alpha = 5\%) \quad (34)$$

4. Criterios de aceptación o rechazo

$$|T_c| \leq T_t (\alpha = 95\%) \text{ Aceptar } HP(\text{prueba no significativa})$$

$$|T_c| > T_t (\alpha = 95\%) \text{ Aceptar } HA(\text{prueba significativa})$$

Eliminación de la Tendencia en la Media

Si R resulta significativo entonces la tendencia es significativa siendo necesaria su corrección respectiva, mediante la siguiente ecuación:

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - T_{m_{p,t}} \quad (35)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - (A_m + B_m t) \quad (36)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - T_{m_{p,t}} + \bar{T}_m \quad (37)$$

$$Y_{p,t} = X'_{p,t} - (A_m + B_m t) + \bar{T}_m \quad (38)$$

Donde:

$Y_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media.

$X'_{p,t}$: Serie corregida de saltos.

$T_{m,p,t}$: Tendencia en la media.

\bar{T}_m : Promedio de la tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de salto.

b.2. Tendencia en la Varianza

Representación

La tendencia por lo general se presenta en los datos semanales o mensuales no así en anuales. Esta tendencia al igual que la media puede ser aproximada por la ecuación de regresión polinomial tal como:

$$T_{S_{p,t}} = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \quad (39)$$

$$T_{S_{p,t}} = A_s + B_s t \quad (40)$$

Donde:

$T_{S_{p,t}}$: Tendencia en la desviación estándar.

τ : 1,2,3, . . . , n

n : Número total de años.

A_s, B_s : Coeficiente de la ecuación de regresión que debe ser estimado.

Estimación

Para estimar la tendencia en la desviación estándar se procede en la forma siguiente:

1. A la información sin tendencia en la media se divide en varios periodos (años).
2. Para cada periodo (año) se calcula su desviación estándar respectiva, obteniéndose tantos valores de desviación estándar como periodos agrupados se disponga, según:

$$S_p = \left[\frac{1}{w-1} \sum_{i=1}^w (Y_{p,t} - \bar{Y}_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (41)$$

Donde:

S_p : Desviación Estándar para el período p (año p).

$Y_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media.

\bar{Y}_p : Promedio del periodo p.

w : 12, 52, 365 o si el análisis es con información mensual, semanal o diaria.

p : 1,2,3... n

3. Se determina los parámetros de regresión lineal simple de la ecuación (82), a partir de las desviaciones anuales “ S_p ” y el tiempo “ t ” (en años):

$$A_s = \bar{T}_{S_{p,t}} - B_s \bar{t} \quad (42)$$

$$B_s = R \frac{S_{T_s}}{S_t} \quad (43)$$

$$R = \frac{\overline{t * T_{S_{p,t}}} - \bar{t} * \bar{T}_{S_{p,t}}}{S_t * S_{T_s}} \quad (44)$$

$$\bar{T}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_p)_i \quad (45)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (46)$$

$$\overline{t * T_{S_{p,t}}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_p)_i * t_i \quad (47)$$

$$S_{T_s}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(S_p)_i - \bar{S}_p]^2 \quad (48)$$

$$S_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (49)$$

Donde:

R : Coeficiente correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración para el período p (año p).

\bar{T}_s : Promedio de la tendencia.

\bar{t} : Promedio del tiempo cronológico.

S_{T_s} : Desviación Estándar de la tendencia en la media.

S_t : Desviación Estándar del tiempo t.

Evaluación

Para averiguar si la tendencia es significativa se analiza el coeficiente de correlación "R" según el estadístico "T" de Student tal como se mostró para la tendencia en la media.

1. Formulación de la Hipótesis

$$HP: R = 0; (\alpha = 5\%) \quad HA: R \neq 0; (\alpha = 5\%)$$

2. Cálculo del estadístico Tc según: (T calculado)

$$T_c = \frac{R(n-2)^{\frac{1}{2}}}{(1-R^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (50)$$

3. Determinación del T tabular "Tt":

$$GL = n - 2; (\alpha = 5\%) \quad (51)$$

4. Criterios de aceptación o rechazo:

$$|T_c| \leq T_t, (\alpha = 95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HP("R" \text{ no significativa})$$

$$|T_c| > T_t, (\alpha = 95\%) \leftrightarrow \text{Aceptar } HA("R" \text{ significativa})$$

Eliminación de la tendencia en la varianza

Si el coeficiente de correlación resulta significativo en la prueba estadística, entonces la tendencia en la desviación estándar es significativa siendo necesario su corrección de la forma siguiente:

$$Z_{p,t} = \frac{Y_{p,t} - T_{m_{p,t}}}{T_{S_{p,t}}} \quad (52)$$

$$Z_{p,t} = \left[\frac{Y_{p,t} - T_{m_{p,t}}}{T_{S_{p,t}}} \right] * \bar{T}_{S_{p,t}} + \bar{T}_{m_{p,t}} \quad (53)$$

$$Z_{p,t} = \left[\frac{Y_{p,t} - (A_m + B_m t)}{A_s + B_s t} \right] * \bar{T}_{S_{p,t}} + \bar{T}_{m_{p,t}} \quad (54)$$

Donde:

$Z_{p,t}$: Serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar.

$T_{m_{p,t}}$: Tendencia en la media.

$T_{S_{p,t}}$: Tendencia en la desviación estándar.

COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE DATOS

Según: (Ortiz Vera, 1995)

a. Definiciones

La extensión de información, es el proceso de transferencia de información desde una estación con “*largo*” registro histórico a otra con “*corto*” registro. La completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan “*huecos*” que existen en un registro de datos. La completación es un caso particular de la extensión.

b. Metodologías

La completación y la extensión de series históricas se realiza con datos consistentes, es decir, después de haber analizado la confiabilidad de las muestras. Dicho en otras palabras, para esta etapa (completación y/o extensión), la muestra debe estar libre de saltos y de tendencias.

- **Método Promedio Aritmético**

Este método es aplicado por lo general para estimar los valores mensuales y anules faltantes. Se debe verificar que los promedios anuales o mensuales de cada una de las estaciones auxiliares no debe exceder en más del 10% de la registrada en la estación incompleta (respecto al promedio encontrado).

$$P_x = \frac{\sum P_i}{n} \quad (55)$$

Donde:

P_x : Precipitación mensual faltante (mm).

P_i : Precipitación mensual en la estación “i” (mm).

n : Número de estaciones con registros incompletos.

- **Ecuación regresión lineal simple (RLS)**

La ecuación de RLS se expresa en la forma modelo matemático o de modo estadístico, mediante las expresiones:

$$Y_i = a + bX_i \quad \text{Modelo Matemático} \quad (56)$$

$$Y_i = a + bx_i + \varepsilon_i \quad \text{Modelo Estadístico} \quad (57)$$

Donde:

Y_i : Variable dependiente.

X_i : Variable Independiente.

ε_i : Residuo que queda de la variable “y” que no ha sido considerado en “x”.

a, b : Parámetros de la ecuación de regresión.

Hipótesis

Para que el proceso de inferencia sea válido es necesario que las variables cumplan ciertas condiciones a las que se denomina suposiciones. La estimación de los parámetros es:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (58)$$

$$b = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum(X_i - \bar{X})} \quad (59)$$

$$R = b \frac{S_x}{S_y} = \frac{\overline{XY} - \bar{X} * \bar{Y}}{S_x * S_y} \quad (60)$$

Donde:

R : Coeficiente correlación.

S_x : Desviación estándar de X.

S_y : Desviación estándar de Y.

Prueba del grado de asociación

Para probar el grado de asociación de las variables Y, X se hace uso del coeficiente de correlación, siguiendo los siguientes pasos:

1. Planteamiento de la Hipótesis:

$$HP: R = 0; (\alpha = 5\%)$$

$$HA: R \neq 0; (\alpha = 5\%)$$

Estas expresiones se leen: “el coeficiente de correlación lineal “R” es estadísticamente igual a cero o estadísticamente diferente de cero, respectivamente”

2. Determinación de los T teórico “ T_t ” y T calculado “ T_c ”:

$$T_c = \frac{R(n-2)^{\frac{1}{2}}}{(1-R^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (61)$$

3. Criterios de aceptación o rechazo:

$$|T_c| \leq T \leftrightarrow \text{Aceptar } HP; (\text{VARIABLES NO ASOCIADAS})$$

$$|T_c| > T_t \leftrightarrow \text{Aceptar } HA; (\text{VARIABLES ASOCIADAS})$$

- **Regresión no lineal simple**

Existen varias relaciones no lineales, que con un artificio adecuado pueden reducirse a relaciones lineales. Entre los principales modelos de regresión usados en hidrología, podemos mencionar: logarítmica, potencial, exponencial.

- Regresión logarítmica:

$$Y = a + bLN(X) \quad (62)$$

- Regresión potencial:

$$Y = aX^b \quad (63)$$

- Regresión exponencial :

$$Y = ab^X \quad (64)$$

- **Método de la generación aleatoria**

Este método consiste en extender la serie de datos estandarizados mediante la generación de números aleatorios normalmente distribuidos con media 0 y variancia 1, su ecuación es:

$$Y_{p,t} = M_{\tau}(y) + S_{\tau}(y) * \xi_{(p,\tau)} \quad (65)$$

Dónde: $\xi_{p,t}$ es la variable aleatoria normal e independiente con media cero y variancia unitaria. Para el año “p” y del mes “t”.

EXTENSIÓN DE SERIES CORTAS

Según (Ortiz Vera, 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.

2.5. 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)

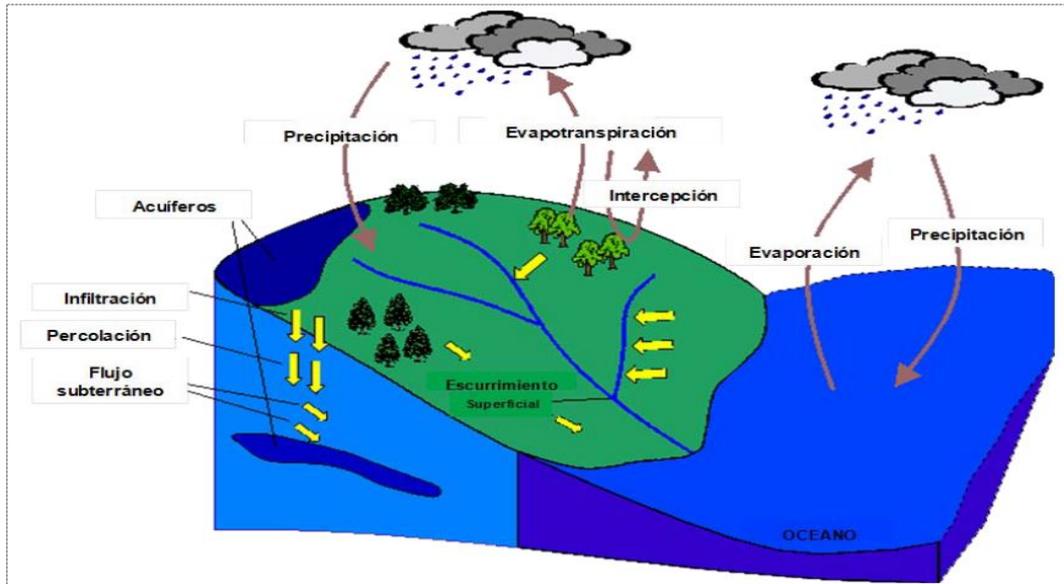


Figura 6: Representación del ciclo hidrológico.

a. 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 7, 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)

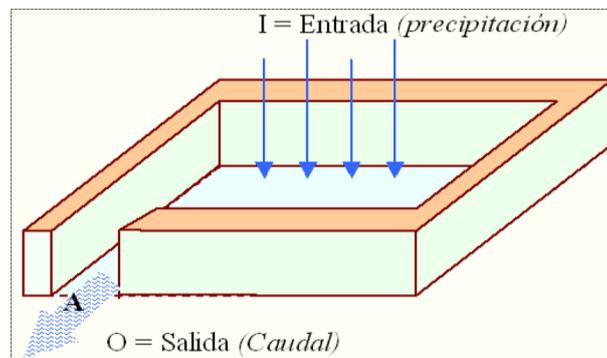


Figura 7: Modelo de balance hídrico simple.

b. 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 8 se representa este concepto en forma esquemática.

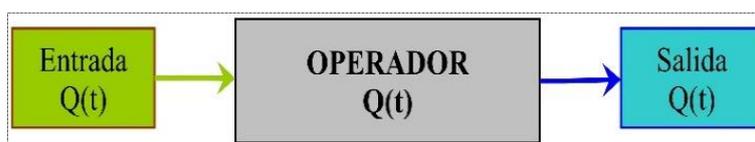


Figura 8: Esquema del sistema hidrológico.

2.6. MODELO DETERMINÍSTICO - ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ

Según (Scholz, 1980)

a. 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 en hidrología Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana entre 1979 y 1980 en el marco de la 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 esorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos estocásticos 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 combinando (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.

b. Ecuación del balance hídrico

La ecuación fundamental del balance hídrico mensual, expresada en mm/mes se puede describir en la forma siguiente, propuesta por Fisher:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (66)$$

Dónde:

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 $C*P$, donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total.

c. Precipitación sobre la cuenca

- **Método Polígonos de Thiessen**

Este método es aplicado a zonas con una distribución irregular de las estaciones y en dónde los accidentes topográficos no juegan un papel importante en la distribución de la precipitación. (Livia R, 2003)

La precipitación media, viene a ser el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} * \sum_{i=1}^n A_i * P_i \quad (67)$$

Donde

P_{med} : Precipitación Media

A_T : Área total de la cuenca.

A_i : Área del polígono correspondiente a la estación “i”.

P_i : Precipitación media en la estación “i”.

n : Número de Estaciones tomadas en cuenta.

Para su cálculo se define la zona de influencia de cada estación dentro de la cuenca, para lo cual se trazan triángulos que ligan las estaciones más próximas entre sí, estas líneas se bisecan con perpendiculares, formando con éstas una serie de polígonos, cada uno de los cuales contiene una estación (figura 9)

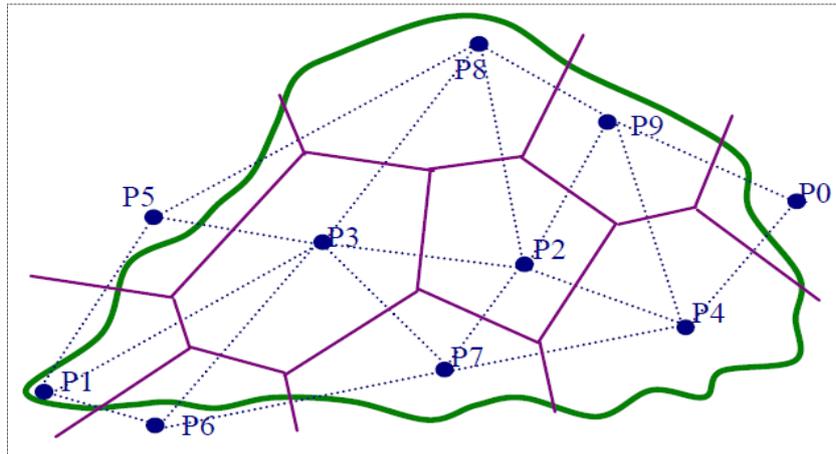


Figura 9: Área para cada estación en el método de Thiessen.

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

- Se unen los pluviómetros adyacentes con líneas rectas.
- Se trazan mediatrices a las líneas que unen los pluviómetros.
- Se prolongan las mediatrices hasta el límite de la cuenca.
- Se calcula el área formada por las mediatrices para cada pluviómetro

- **Precipitación mensual para el año promedio (PMP)**

Las precipitaciones mensuales se calculan en función de la altitud media (H) de la cuenca en estudio, fueron obtenidos mediante correlación de 15 estaciones de Cajamarca (período 1965-1992) y son los siguientes:

Tabla 2: Precipitación mensual en función a la altitud media de la cuenca

Mes	Ecuación lineal
Enero	$P_p = -19.59 + 0.0367 H$
Febrero	$P_p = -24.25 + 0.0436 H$
Marzo	$P_p = - 50.12 + 0.0493 H$
Abril	$P_p = - 68.16 + 0.0466 H$
Mayo	$P_p = - 95.87 + 0.0448 H$
Junio	$P_p = - 70.07 + 0.0297 H$
Julio	$P_p = - 26.59 + 0.0120 H$
Agosto	$P_p = - 35.54 + 0.0156 H$
Setiembre	$P_p = - 60.22 + 0.0302 H$
Octubre	$P_p = - 38.57 + 0.0386 H$
Noviembre	$P_p = - 35.85 + 0.0377 H$
Diciembre	$P_p = - 39.26 + 0.0391 H$

Fuente: (Vásquez Chuquilín, 1999)

- **Precipitación promedio de las estaciones correlacionadas (PMPC)**

Tabla 3: Precipitación mensual promedio de las Estaciones Correlacionadas

PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LAS ESTACIONES CORRELACIONADAS (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
100.14	105.30	102.95	73.44	39.36	16.16	9.31	10.79	36.31	80.66	82.08	86.70	743.20

Fuente: (Vásquez Chuquilín, 1999)

Las tablas 2 y 3 son aplicables a cuencas con altitudes mayores a 2,500 m.s.n.m.

- **Coefficientes para la generación de registros de precipitación**

El registro de precipitación mensual conocido, es afectado por cada coeficiente en el mes respectivo, obteniéndose de esta forma el **registro generado** para la cuenca en estudio con el mismo período de información. Del registro generado se determina la precipitación media (de enero a diciembre) de todos los años (período igual al de la información).

$$CP_i = \frac{PMP_i}{PMPC_i} \quad (68)$$

Donde:

CP_i : Coeficiente para la generación de registros de precipitación del mes “i”.

PMP_i : Precipitación del mes “i” para el año promedio (mm/año).

$PMPC_i$: Precipitación del mes “i” de las Estaciones correlacionadas (mm/año).

d. Coeficiente 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:

$$C = \frac{P - D}{P} - \frac{D}{P} \quad (69)$$

Donde:

C : Coeficiente de escurrimiento.

P : Precipitación total anual (mm/año).

D : Déficit de escurrimiento (mm/año).

Aplicando la fórmula de Turc a las observaciones en las 19 cuencas de las cuales se dispone de registros hidrometeorológicos, se constata que mediante la fórmula (70) se puede calcular el déficit de escurrimiento solamente en el norte del país, en la región de Cajamarca, con una precisión satisfactoria.

$$D = \frac{P}{(0.9 + (P/L)^2)^{0.5}} \quad (70)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3 \quad (71)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln (H) \quad (72)$$

Donde:

- L : Coeficiente de temperatura.
- T : Temperatura media anual. (°C).
- H : Altitud media de la cuenca.

e. 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 escurrimiento.

$$PE_i = C * PT_c \quad (73)$$

Donde:

- PE_i : Precipitación efectiva del mes “i” (mm/año)
- PT_c : Precipitación total generada. (mm/año)
- C : Coeficiente de escurrimiento.

f. 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:

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (74)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (75)$$

Dónde:

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 todos los valores de “G” o “A” respectivamente, se halla la retención total de la cuenca durante el año promedio en la dimensión 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: **43 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.

$$R = \frac{(C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN)}{AR} \quad (76)$$

Donde:

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

g. Almacenamiento hídrico

El experto 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 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:**

$$LA = -750 * I + 350 \quad (77)$$

Donde:

LA : Almacenamiento de acuíferos (mm/año)

LA : (200-300 mm/año)

I : Pendiente del cauce principal ($I \leq 15\%$)

- **Lagunas y pantanos:**

$$LL = 500 \text{ (mm/año)} \quad (78)$$

Donde:

LL : Almacenamiento de lagunas y pantanos (mm/año)

- **Nevados:**

$$LN = 500 \text{ (mm/año)} \quad (79)$$

Donde:

LN : Almacenamiento de nevados (mm/año)

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. El almacenamiento a corto plazo, intercepción, no se toma en consideración estacionaria de valores mensuales, sino que ya está incluido en la precipitación efectiva.

h. Coeficiente 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 ($>10^\circ\text{C}$) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.034 \quad (80)$$

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

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.030 \quad (81)$$

Cuencas con agotamiento mediano: Cuya retención es alrededor de (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.026 \quad (82)$$

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

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.023 \quad (83)$$

Donde:

- R : Retención de la cuenca (mm/año)
- AR : Área de la cuenca (Km²)
- α : Coeficiente de agotamiento por día

i. Relación de caudales del flujo base (b₀)

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:

$$Q_t = Q_0 * e^{-\alpha(t)} \quad (84)$$

$$b_0 = e^{-\alpha(t)} \quad (85)$$

Donde:

- Q_t : Descarga en el tiempo “t”
- Q₀ : Descarga inicial.
- b₀ : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior (Q_t/ Q₀)
- α : Coeficiente de agotamiento
- t : Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa el proceso de agotamiento de la reserva termina y parte de las lluvias más abundantes entra en los almacenes hídricos. El proceso de abastecimiento se muestra por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. Analizando los hidrogramas de la contribución de la retención a los caudales, se constata que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa y cuando los almacenes naturales: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados ya están recargados parcialmente, la restitución acaba poco a poco.

j. Gasto de la retención “G_i”

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 “b_i”*. 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:

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} * R \quad (86)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

b₀ : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

b_m : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ($\sum b_{oi}$).

b_{oi} : Relación entre el caudal del mes “i” y el caudal inicial (Q_i / Q₀).

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

k. Abastecimiento de la retención “A_i”

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 “a_i”*.

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: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias.

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

Fuente: (Scholz, 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. Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i(\%) * R \quad (87)$$

Donde:

- A_i : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva
- a_i : Coeficiente de abastecimiento (%)
- R : Retención de la cuenca (mm/año)

I. 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.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (88)$$

Dónde:

- CM_i : Caudal del mes “i” (mm/mes)
- PE_i : Precipitación Efectiva del mes “i” (mm/mes)
- G_i : Gasto de la retención del mes “i” (mm/mes)
- A_i : Abastecimiento de la retención del mes “i” (mm/mes)

m. Generación de caudales para periodos extendidos

Un método apropiado para la generación de caudales para periodos extendidos, consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden (ecuación 89) con una variable de impulso, que vendría a ser la precipitación efectiva (ecuación 90)

Ecuación general del modelo markoviano:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (89)$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t) \quad (90)$$

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

$$Z = (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \quad (91)$$

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

$$Q_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t + (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \quad (92)$$

Donde:

Q_t : Caudal del mes “t”.

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

PE_t : Precipitación efectiva del mes “t”.

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”.

El proceso de generación requiere de un valor inicial (Q_{t-1}), el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.

- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor (Q_0), sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

La precipitación efectiva de cada mes se ha calculado según el ítem 2.6. (e), los valores de los coeficientes $B_{1,2,3}$, S , r se calculan al desarrollar la regresión múltiple con los datos de caudales mensuales para el año promedio.

Por motivos didácticos se presenta la metodología del análisis de regresión múltiple:

- **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 " Q_t " como valor dependiente y " Q_{t-1} , PE_t " como valores independientes.

Ejemplo: sea " Q_t " los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes " t " del año promedio, y " PE_t " 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 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}

Las ecuaciones normales para estimar el cálculo de las variables $B_{1,2,3}$, son:

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (93)$$

$$\sum (Q_t * Q_{t-1}) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} * PE_t) \quad (94)$$

$$\sum (Q_t * PE_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} * PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (95)$$

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

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t \quad (96)$$

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (97)$$

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:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(e^2)}{n - p}} \quad (98)$$

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

$$r = \left[1 - \frac{S^2}{S_{Q_t}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (99)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n - 1} [\sum(Q_t^2 - n * (\bar{Q}_t)^2)] \quad (100)$$

Donde:

n : Número de grupos de la muestra (para nuestro caso 12)

p : Número de parámetros a estimar (para nuestro caso 3)

n. Restricciones del modelo

- Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- Los registros generados en el período de secas presentan una mayor confiabilidad que los valores generados para la época lluviosa.
- La aplicación del modelo se restringe a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca)

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS

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.(Chávarri Velarde, 2004)

Según (Villón Béjar, 2002)

a. Prueba de bondad de ajuste

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.

b. 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:

$$\Delta = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (101)$$

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:

$$P(\Delta \geq \Delta_o) = \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_1 \quad (102.a)$$

$$P(\Delta < \Delta_o) = 1 - \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_0 \quad (102.b)$$

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

Tabla 6: Valores críticos de “ Δ_o ”

Tamaño Muestral "N"	Nivel de Significación " 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 Béjar, 2002)

La tabla 6 muestra los valores críticos de “ Δ_o ” 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:

$$P(x) = \frac{M}{N + 1} \quad (103)$$

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} ”

$$\Delta_{max} = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (104)$$

- Calcular el valor crítico del estadístico “ Δ ”, es decir “ Δ_o ”, para un $\alpha = 5\%$ y $N = \text{número de datos}$. Los valores de “ Δ_o ”, se muestran en la tabla 6.
- Comparar el valor del estadístico “ Δ_{max} ”, con el valor crítico “ Δ_o ”, de la tabla 6, con los siguientes criterios de decisión, deducidos de la ecuación (102)

$$\Delta < \Delta_o \Rightarrow \text{El ajuste es bueno} \quad (105.a)$$

$$\Delta \geq \Delta_o \Rightarrow \text{El ajuste no es bueno} \quad (105.b)$$

c. Utilidad

Según, (Chávarri Velarde, 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.

d. Persistencia de descargas

La persistencia de un caudal se refiere a las probabilidades de un determinado caudal de ser igualado o superado. La persistencia mensual, indica el número de veces que una determinada descarga, de un mes dado, es igualada o superada durante el período de registro.

Este número de veces puede convertirse en probabilidades de ocurrencia, expresando así la persistencia en estos términos. Para determinar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia se hace con la fórmula de Weibull; de la ecuación (103) se deduce que:

$$m = f (N + 1) \quad (106)$$

Donde:

f : Frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

N : Número de datos.

m : Número de orden.

Los registros de precipitación de un determinado mes o época son bastante susceptibles de análisis probabilístico, semejante al descrito para las lluvias anuales, sin embargo, en este caso interesa por lo general construir gráficas que indiquen las lluvias mensuales para determinadas probabilidades de ocurrencia, por ejemplo, para 50%, 75%, 80%, 90%, y 95%.

Es así que, para proyectos de irrigación, se utilizan valores de precipitación con probabilidad de ocurrencia o persistencia correspondiente al 75% y para proyectos hidroenergéticos, se utiliza el 95%.

A continuación, se muestra los niveles de persistencia para diferentes usos:

Tabla 7: Niveles de persistencia.

Oferta Hídrica	
Uso	Nivel Persistencia
Agrícola - Pecuario	75%
Doméstico - Poblacional	80%
Industrial	90%
Hidroenergético	95%

2.8. MEDICIÓN DEL ESCURRIMIENTO

La hidrometría, es la rama de la hidrología que estudia la medición del escurrimiento. Para este mismo fin es usual emplear otro término denominado *aforo*. Aforar una corriente, significa determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento dado.

Existen diversos métodos para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más utilizados son: método del flotador, método volumétrico, método del correntómetro o molinete, método de la trayectoria. (Villón Béjar, 2002)

a. Método Flotador

Según, (Chamorro de Rodríguez, 2011)

- **Generalidades**

Una forma de aproximar el valor del caudal de un cauce, es realizar el aforo con flotadores. (figura 10). El método de aforo por flotadores, es un método de campo, sencillo y rápido para estimar el caudal de agua que pasa en una sección transversal del río. Con este método se calcula las velocidades superficiales de la corriente de un canal o río, utilizando materiales sencillos (flotadores) que se puedan visualizar y cuya recuperación no sea necesaria.

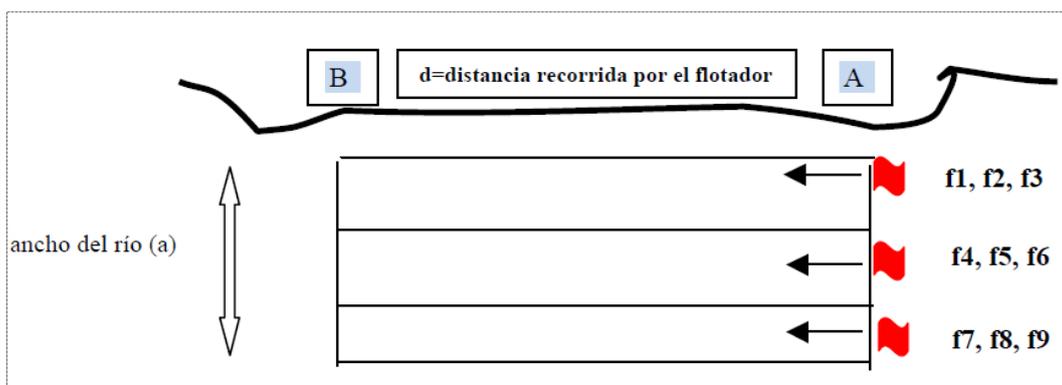


Figura 10: Método de aforo por flotadores.

Este método se fundamenta en que los objetos se mueven a la misma velocidad que el agua, en la cual flotan, por consiguiente, medir la velocidad del objeto flotante es medir la de la línea de flujo en la cual se mueven. Este método no deberá ser empleado cuando se tema que la medida podría ser afectada por el viento.

- **Aplicación del método**

- Cuando no se cuente con un correntómetro o equipos de aforo.
- En periodo de máximas avenidas de los ríos y peligra el equipo de correntómetro.
- Cuando existe peligro para ingresar al agua el observador hidrológico.
- Cuando los niveles de agua son muy bajos y no permite medir con el correntómetro.
- Cuando existen algas o sedimentos que impide que se haga mediciones con el correntómetro.
- Cuando se desea conocer el caudal de la corriente en forma aproximada sin tener que recurrir a la construcción de una estación hidrométrica costosa.

- **Velocidad superficial de la corriente (V_s)**

- En el tramo seleccionado ubicar dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medir la distancia (D).
- Medir con un cronómetro el tiempo (T), que tarda en desplazarse el flotador en el tramo AB. Entonces la velocidad superficial está dada por la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{D}{T_p} \quad (107)$$

Donde:

V_s : Velocidad expresada en metros sobre segundos. (m/s).

D : Distancia recorrida del flotador desde A hasta B. (m)

T_p : Tiempo promedio que recorren los flotadores. (s)

- **Velocidad media (V_m)**

Este valor es la velocidad corregida del flujo de agua en cada sección y es igual a la velocidad del flotador o superficial (V_s) multiplicada por un coeficiente que existe entre la velocidad media de la sección y la superficial, para los diferentes tipos de cauces.

$$V_m = f_c * V_s \quad (108)$$

Donde:

V_m : Velocidad media en metros sobre segundos. (m/s).

V_s : Velocidad superficial en metros sobre segundos. (m/s).

f_c : Factor de corrección.

Tabla 8: Factores de corrección de velocidad.

Tipos de Arroyo	F.C	Precisión
Canal Revestido en Concreto: con lados y lechos lisos. Profundidad agua > 15 cm.	0.80 - 0.85	Buena
Canal de Tierra : Profundidad del agua > 15 cm.	0.70 – 0.75	Razonable
Río o Riachuelo, de lecho parejo y liso.	0.50 - 0.65	Razonable
Arroyo rápido y turbulento.	0.45	Mala
Arroyo muy poco profundo: de lecho rocoso.	0.25	Muy Mala

Fuente: (Manual de Hidrometría, 2005)

- **Cálculo de la profundidad media (h_p)**

Dividir el ancho del río en partes iguales (cinco como mínimo), realizando el sondeo para medir las diferentes profundidades y así obtener el promedio. La fórmula es la siguiente:

$$h_p = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n} \quad (109)$$

Donde:

h_p : Profundidad media en un tramo del río. (m)

$h_{1,2,3,\dots,n}$: Profundidades en un tramo del río. (m)

n : Cantidad de profundidades divididas.

- **Área promedio del tramo seleccionado**

$$A_p = \frac{A_A + A_B}{2} \quad (110)$$

$$A_{A,B} = h_{p(A,B)} * a_{A,B} \quad (111)$$

Donde:

$a_{A,B}$: Ancho en los tramos A y B del río. (m)

$h_{p(A,B)}$: Profundidad promedio en los tramos A y B del río. (m)

$A_{A,B}$: Área en la sección A y B de los tramos del río. (m^2)

A_P : Área promedio en la sección A y B del río. (m^2)

- **Cálculo del caudal (Q)**

Se calcula la velocidad media (V_m) de la corriente y el área de la sección transversal (A), luego con estos valores, se calcula el caudal con la fórmula siguiente:

$$Q = V_m * A \quad (112)$$

Donde:

A : Área de la sección, en metros cuadrados. (m^2)

V_m : Velocidad media del agua. (m/s)

Q : Caudal de agua. (m^3/s)

CAPÍTULO III

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca del río El Tuyo pertenece a la cuenca Chancay – Lambayeque, está situada en la parte norte del territorio peruano y su ubicación geográfica, demarcación hidrográfica, demarcación política y ubicación referencial es la siguiente:

a. Ubicación Geográfica

Coord. UTM Norte : 9'245,461.715 m – 9'254,092.563 m.

Coord. UTM Este : 743,660.068 m – 756,720.486 m.

Latitud Sur : 6°49'16" - 6°44'33".

Longitud Oeste : 78°47'43" - 78°40'39".

b. Demarcación Política:

Políticamente la microcuenca se encuentra en:

Departamento : Cajamarca.

Provincia : San Miguel.

Distrito : Catilluc.

(Apreciar la figura 11)

c. Demarcación Hidrográfica:

Ideográficamente la microcuenca del río El Tuyo tiene como límites:

Por el Norte : Cuenca Chamaya y Cuenca Motupe.

Por el Sur : Cuenca Jequetepeque.

Por el Este : Intercuenca Alto Marañón

Por el Oeste : Cuenca Zaña y el Océano Pacífico.

(Apreciar la figura 12)

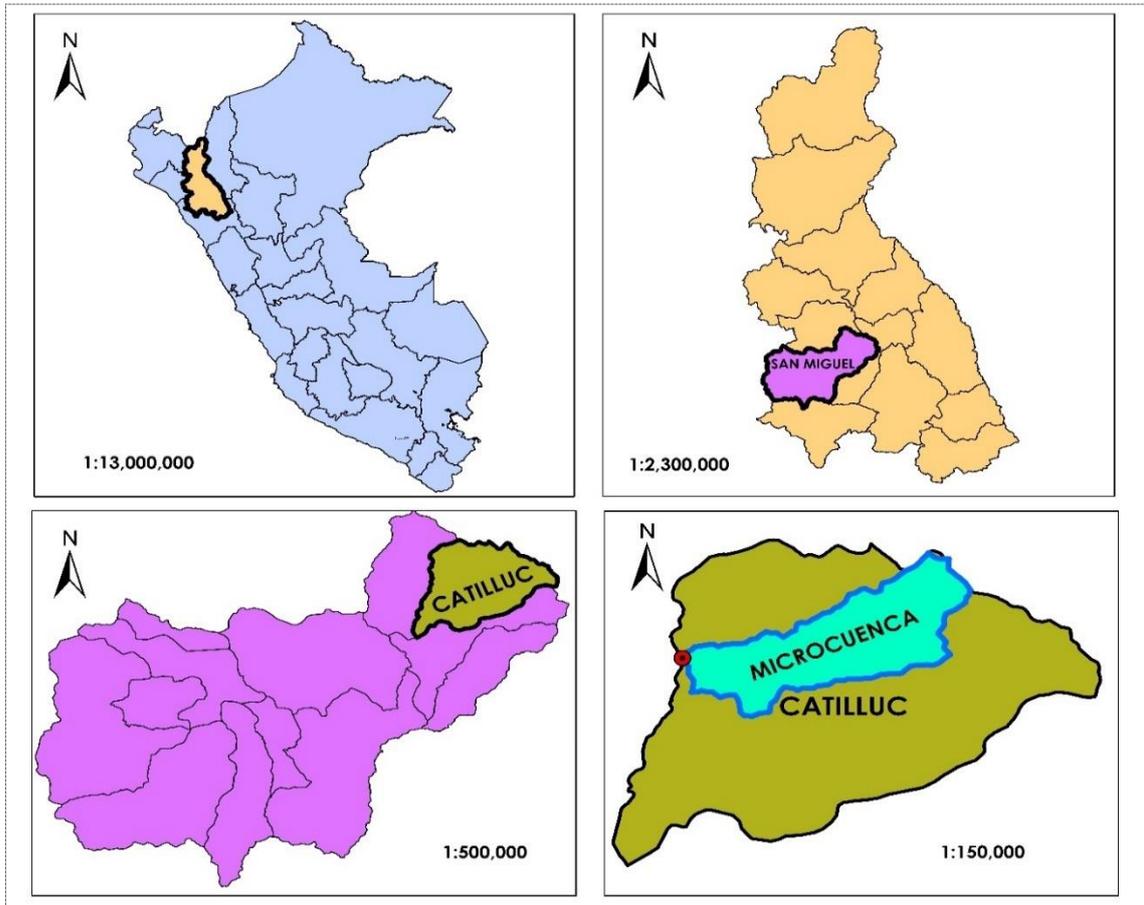


Figura 11: Demarcación política de la microcuenca “El Tuyo”

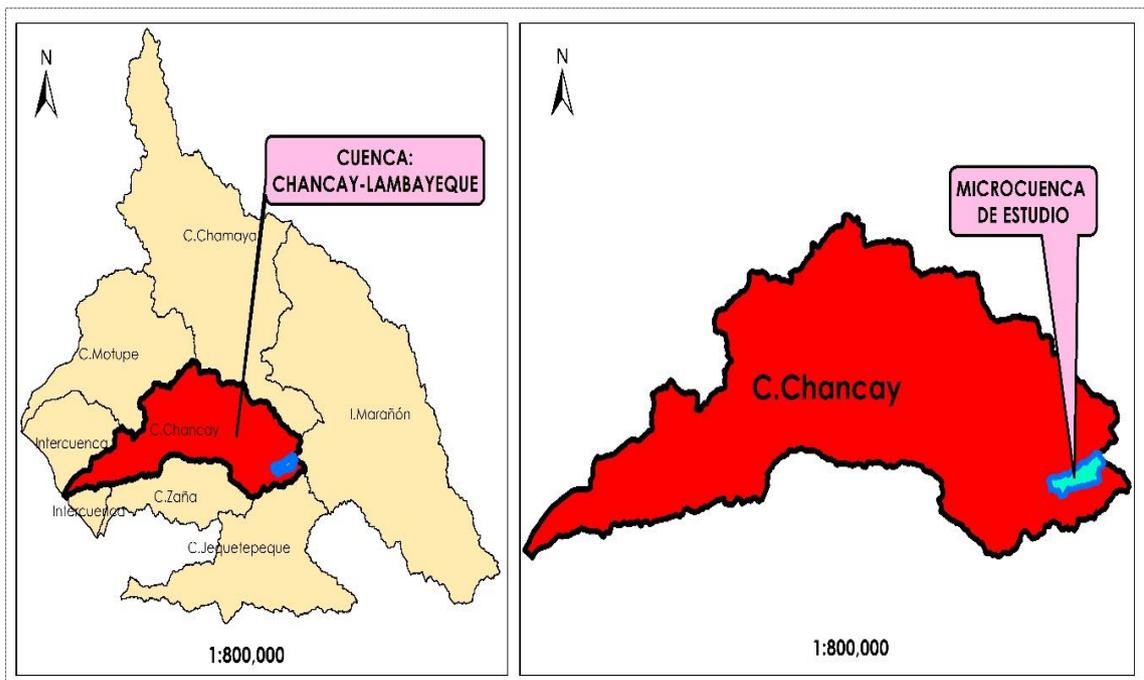


Figura 12: Demarcación hidrográfica de la microcuenca “El Tuyo”

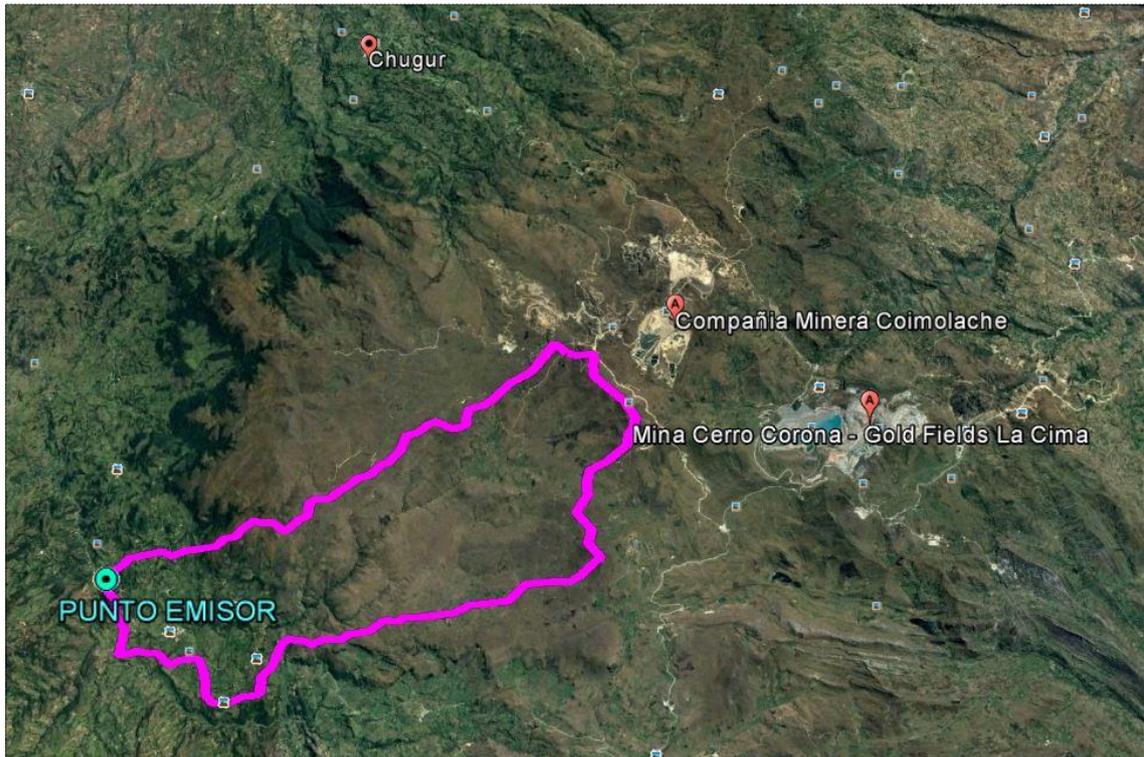


Figura 13: Ubicación referencial de la microcuenca “El Tuyo”

3.2. MATERIALES

- Carta Nacional 14F - Chota.
- Estaciones meteorológicas.
- Gps, cámara fotográfica, cronómetro.

Equipo de gabinete

- Programa de computo Microsoft Office para el análisis de la información estadística, redacción y presentación de la tesis.
- Softwares: ArcMap 10.3, Autocad 2017, para la digitalización de los planos.

3.3. TRATAMIENTO CARTOGRÁFICO

El protocolo establecido para el tratamiento de la información cartográfica es la siguiente:

- Utilización del mapa cartográfico 14F – Chota, a escala 1:100 000 proporcionados por una misma institución, (IGN, Perú), las cuales fueron digitalizadas con curvas cada 50 m. Los mapas de redes hidrográficas y meteorológicas fueron elaborados en función de cartas digitalizadas y presentadas a escala 1:50 000.
- Delimitación de la cuenca basada en el principio de la red de flujo, considerando que la línea divisoria de aguas es teóricamente una línea neutral de flujo.
- 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
- Estimación de la pendiente de la microcuenca usando el criterio de Horton mediante la ecuación (5).
- Estimación de la altitud media sobre el nivel del mar, mediante el método de momentos estáticos de Varignon, de la ecuación (6).
- Jerarquización de la red hidrográfica siguiendo el criterio de Horton descrito en el esquema de la Figura 2 de la sección anterior.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Recopilación de la información meteorológica

En la microcuenca del río “El Tuyo” existen alrededor de diez (10) estaciones meteorológicas, las mismas que fueron instaladas por instituciones tales como: Senamhi, Minera La Zanja y la Administración Nacional del Agua. (Ver tabla 34 del anexo A.1)

Las principales características de estas estaciones tales como ubicación, periodo de funcionamiento, entre otros, se presentan en la tabla 35 del anexo A.1, sin embargo, puede mencionarse que el punto más bajo de registro se encuentra a una altura de 2590 msnm (Estación Chugur - convencional) y el más alto a 3815 msnm (Estación Hualgayoc).

El registro con que se cuenta es de precipitaciones diarias, los periodos de registro de dichas estaciones se presentan en las tablas: 36, 37 y 38 del anexo A.2.

Con la finalidad de tener datos confiables se han obviado las estaciones ubicadas en la Minera La Zanja, puesto que se tiene información meteorológica de los últimos 3 años de actualidad (2014-2016) y además dichos datos son poco confiables.

Del mismo modo se obviaron las estaciones: Quebrada Honda y Quilcate-153205 después de haber realizado un análisis visual gráfico, análisis de doble masa y un análisis de correlación entre sus variables, quedando finalmente con la información meteorológica de las estaciones: Hualgayoc-363, Quilcate-309, Rupahuasi-339 y la estación automática Chugur.

La distribución espacial de las cuatro estaciones utilizadas en la presente investigación se muestra en la figura 14.

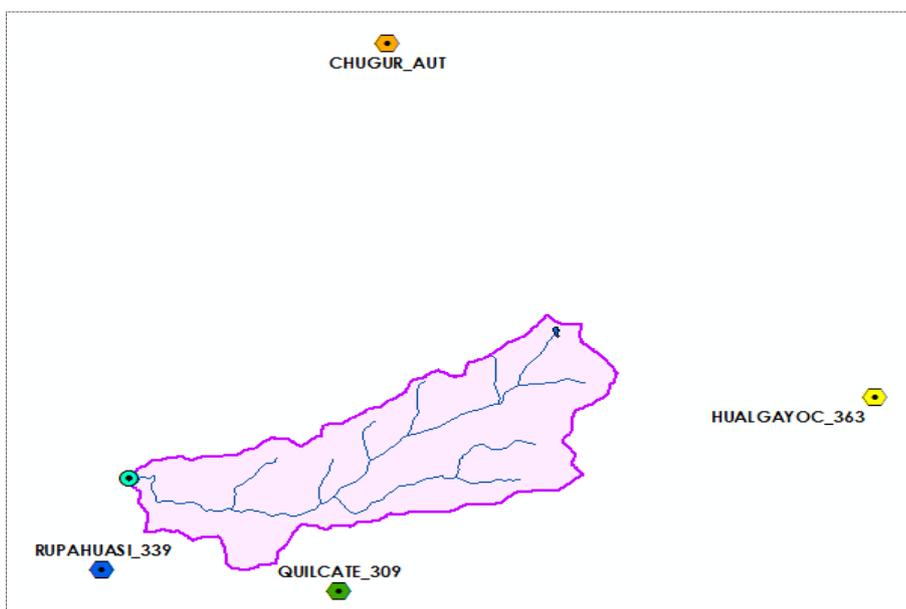


Figura 14: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.

Procesamiento de la información meteorológica

El tratamiento de datos meteorológicos se realizó de forma clásica, es decir de forma secuencial, para lo cual en el Capítulo II (Ítem 2.4) se ha realizado una amplia revisión bibliográfica de las metodologías existentes, planteando una secuencia de cálculos; los mismos que consideramos parte del trabajo de investigación literaria.

La parte esencial de este análisis estadístico se detalla a continuación:

- La información recopilada fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos (media, desviación estándar) convirtiéndolo en un producto elaborado apto para el diseño.
- Se ha escogido como estación base a la estación automática Chugur, con la que se ha completado algunos datos faltantes y se ha extendido los valores de precipitación, alcanzando una data de 53 años; esta extensión se ha realizado para las estaciones de Hualgayoc, Quilcate y Rupahuasi.
- El análisis de consistencia, completación y extensión de la información pluviométrica se muestran en los anexos A.3, A.4 y A.5, respectivamente.

3.5. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES

En esta etapa el modelo toma prestado varios submodelos parciales para la generación de variables meteorológicas, sin embargo, no es rígido ni específica que modelo parcial debe usarse, dicha decisión es tomada en base a la experiencia y el conocimiento de la fisiografía de la cuenca, haciendo las aclaraciones que dichas ecuaciones generadas sólo son válidas para una determinada zona. A continuación, se describen los principales modelos parciales empleados, los cuales son propuestos por Lutz Scholz y algunos propuestos en base al conocimiento de la zona en estudio:

Precipitación media mensual areal

El registro obtenido de las estaciones es de precipitaciones diarias; y después de ser extendido, se procesó la información hasta obtener datos medios mensuales. (Ver tabla 15)

La estimación de la precipitación fue obtenida por la metodología de Polígonos de Thiessen discutidos en el capítulo anterior, mediante la ecuación (67); para lo cual se ha usado datos de las estaciones: Hualgayoc, Quilcate y Rupahuasi. (Ver tabla 17)

La precipitación mensual para el año promedio (PMP) fue obtenida reemplazando la altitud media de la cuenca ($H_m = 3462$ msnm) en las ecuaciones de la tabla 2, descrito en el marco teórico ítem 2.6. (c) (Ver tabla 18).

Con los valores obtenidos según la tabla 18; se efectúa la división de valores, mes a mes con los valores de la tabla 3, según la ecuación 68. De esta manera se obtienen los coeficientes (CP) para la generación de registros de precipitación (Ver tabla 19).

El registro de precipitación mensual conocido (tabla 43 del anexo A.6), es afectado por cada coeficiente en el mes respectivo, obteniéndose de esta forma el registro generado para la microcuenca en estudio con el mismo período de información. (Ver tabla 44 del anexo 7.6)

Del registro generado se determina la precipitación media (de enero a diciembre) de todos los años (período igual al de información), siendo ésta la precipitación media mensual areal en la microcuenca del río El Tuyo. (Ver tabla 20).

Coefficiente de escorrentía

La temperatura media anual de las estaciones, se ha obtenido a partir de datos diarios que han sido discutidos en el capítulo anterior según se muestra en el ítem 2.3. (Ver tabla 21).

Con la precipitación total anual, se procede el cálculo del coeficiente de temperatura y el déficit de escurrimiento mediante las ecuaciones (70 y 71).

El coeficiente de escorrentía se estimó únicamente con el método de L-Turc discutidos en el capítulo anterior, mediante la ecuación (69). (Ver tabla 22).

Precipitación Efectiva

El término “*precipitación efectiva*” implica sólo la fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa, para lo cual el registro de precipitación mensual areal es afectado por el coeficiente de escorrentía, según la ecuación (73); obteniéndose de esta forma, el registro de precipitación efectiva para la microcuenca en estudio. (Ver tabla 45 del anexo A.6)

Del registro generado se determina la precipitación media (de enero a diciembre) de todos los años (período igual al de información), siendo ésta la precipitación efectiva promedio en la microcuenca del río El Tuyo. (Ver tabla 23).

Retención en la cuenca

Del análisis de los registros pluviométricos de las estaciones de la microcuenca, se ha podido determinar la duración de los periodos de avenidas y estiaje del ciclo hidrológico. (Tabla 24)

La retención de la cuenca (R) se produce en los almacenes naturales: acuíferos, nevados, lagunas y pantanos, se estimó mediante la ecuación (76) utilizando los parámetros geomorfológicos de la microcuenca. (Ver tabla 25).

La retención en la microcuenca se asemeja a una cuenca con agotamiento rápido, la ecuación utilizada para el cálculo del coeficiente de agotamiento es la (81). (Ver tabla 26).

Con el coeficiente de agotamiento hallado, se utilizó la ecuación (85) para obtener la relación de caudales del flujo base en los meses de estiaje. (Ver tabla 27).

El gasto de la retención de la cuenca, es el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo fue mediante la ecuación (86). (Ver tabla 28).

El abastecimiento de la retención durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. De la tabla 4, descrita en el capítulo anterior, obtenemos los coeficientes de abastecimiento que le corresponden a la región de Cajamarca (Ver tabla 29).

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación efectiva. Se calcula mediante la ecuación (87). (Ver tabla 30).

3.6. GENERACIÓN DE CAUDALES

Caudales mensuales para el año promedio

La generación de caudales medios mensuales para el año promedio, se estimó mediante el balance hídrico, según la ecuación (88) discutido en el capítulo anterior.

Para convertir los caudales a (m^3/s) se multiplica los caudales medios mensuales en (mm/mes) por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60 min y 60 seg.

Caudales mensuales para un periodo extendido

El modelo hidrológico de Lutz Scholz permite *estimar* los caudales del año promedio de la microcuenca del río “El Tuyo”. Como se indica en el capítulo anterior el periodo extendido es generado por un Proceso Markoviano de primer orden tomando como variable de impulso a la precipitación efectiva.

El protocolo establecido para la generación de caudales para un periodo extendido, se resume en las siguientes actividades:

- Con los caudales generados para el año promedio se calcula los parámetros de regresión lineal múltiple mediante un cálculo de regresión con “ Q_t ” como valor dependiente y “ Q_{t-1} y PE_t ”, como valores independientes. Asimismo, se determinó los caudales estimados (\hat{Q}_t) y los coeficientes estadísticos de la correlación múltiple. (Ver tabla 32)

- Se calculó la precipitación efectiva a partir de la precipitación media para un periodo de 53 años a partir de 1964 hasta el año 2016. (Ver tabla 45 del anexo A.6)
- Se generó números aleatorios normalmente distribuidos para un mismo periodo que la precipitación efectiva, con distribución normal de media igual a “0” y desviación estándar igual a “1”. (Ver tabla 46 del anexo A.7)
- Se calculó los caudales generados para el periodo extendido según la ecuación (92) (Ver las tablas 47 y 48, del anexo A.7)

Caudales aforados por el método de flotadores

En la presente investigación se utilizó este método porque no se tuvo el acceso a un correntómetro, se realizaron las mediciones de aforos en un punto específico del río El Tuyo; en el paraje denominado “Chauflagón”, con coordenadas (743 584.00 E; 9 248 875.00 N) – WGS 1984-17S durante los meses de marzo y abril del presente año.

La secuencia del aforo se detalla a continuación, siguiendo el protocolo descrito en el marco teórico ítem (2.8)

- Se escogió un tramo recto adecuado, A (punto inicial) y B (punto final), donde el agua fluya naturalmente, con pocas piedras y troncos. Medimos el ancho del río y la distancia que recorrerán los flotadores desde el punto A hasta B.
- Se utilizaron tres flotadores, lanzándolos cada uno de ellos en un mínimo de cinco veces antes de pasar por el punto A, con la finalidad de que cada flotador alcance una velocidad constante y se establezca su trayectoria.
- Es importante medir los tiempos con la mayor exactitud posible, se resalta que los días donde hubo vientos fuertes no se realizó el aforo, con la finalidad que los flotadores no se desviaran en su trayectoria.
- La velocidad superficial y velocidad media vienen dadas por las ecuaciones (107) y (108), el factor de corrección fue seleccionado de la tabla 8.
- Se dividió el ancho del río en siete partes iguales, midiendo las diferentes profundidades y así se obtuvo el promedio, aplicando la ecuación (109). El área promedio se calculó mediante las ecuaciones (110) y (111).
- Teniendo todas las variables se procedió al cálculo del caudal del río, expresado por la ecuación (112).

3.7. OFERTAS HÍDRICAS GENERADAS CON EL MODELO

Los caudales mensuales generados por el modelo estocástico se ajustaron a una distribución Normal, utilizando la prueba estadística de Smirnov-Kolmogorov, ésta prueba ha permitido disponer de elementos de juicio para aceptar o rechazar la función previamente seleccionada.

El ajuste estadístico de Smirnov-Kolmogorov se ha realizado siguiendo el protocolo descrito en el marco teórico ítem (2.7.b) (Ver tabla 51 del anexo A.9).

El análisis probabilístico de la persistencia de las descargas medias mensuales se realizó con la finalidad de obtener los caudales naturalizados proyectados para diversos períodos de retorno, es posible realizar este análisis de manera confiable pues se cuenta con una longitud de registro de 53 años (1964-2016).

En cuanto a la forma de la oferta para el presente estudio sólo se ha referido a la disponibilidad en el tiempo, expresándolo en términos de probabilidades como se detalla a continuación:

- Se determinó la disponibilidad hídrica en la microcuenca El Tuyo según los diferentes niveles de persistencia para cada tipo de proyecto hidráulico: 75, 80, 90 y 95% para cada mes. (Ver figura 24)
- En este análisis de persistencia, se utilizó el método de Weibull, discutido en el capítulo anterior, según la ecuación (106).

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO

El conocimiento previo de la geomorfología es un requisito importante para poder caracterizar la microcuenca en estudio, esta caracterización se realizó en base a la elaboración de las principales curvas: hipsométrica, frecuencia de altitudes, perfil longitudinal del cauce principal.

El análisis de los parámetros geomorfológicos ayudó a comparar el comportamiento de la precipitación y del escurrimiento, así mismo al realizar el análisis estadístico con el apoyo de la cartografía permitió inferir la importancia que tienen los lagos y lagunas para mantener el régimen de los caudales de la microcuenca en estudio.

Del análisis geomorfológico se puede notar las siguientes tendencias fisiográficas:

- El área de la microcuenca tiene una aproximación de 44 km². Teniendo un largo y ancho promedio de 13.40 km y 3.28 km respectivamente. Además, el área promedio de la laguna *Quiwilas* ubicada en las vertientes de la microcuenca es de 0.0325 km².
- El Coeficiente de Gravelius resultó 1.55, clasificando a la microcuenca en Oblonga Alargada, este valor indica que hay menores riesgos de inundaciones frente a tormentas extremas.
- El factor de forma está alrededor de 0.2 indicando que la microcuenca tiene mayor desarrollo en su “largo” que, en su “ancho”, es decir la precipitación no se produce en forma simultánea en toda la cuenca ni tampoco con la misma intensidad, debido a lo cual las concentraciones de las intensidades de la precipitación no son constantes.
- La altitud media se ubica a una altura de 3462 msnm siendo un parámetro clave en el cálculo de las precipitaciones y en la degradación del suelo.
- La pendiente del cauce principal resultó 7.21%, siendo clave para determinar el almacenamiento hídrico. El orden de corriente es de 3, la densidad de corrientes es 0.91 N°C/ km² y la densidad de drenaje es 1.17 km/ km², estos indicadores categorizan a la microcuenca con capacidad de drenaje regular, lo cual está relacionado con el tipo de suelo y la cobertura vegetal.

Tabla 9: Principales parámetros de la microcuenca “El Tuyo”

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS		
Área	km ²	43.951
Perímetro de la cuenca	km	36.327
Cota máxima	msnm	4042
Cota mínima	msnm	2650
Centroide (PSC: WGS 1984 UTM Zona 17S)		
X centroide	km	750.445
Y centroide	km	9249.792
Z centroide	msnm	3462
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS		
Largo de la Cuenca	km	13.40
Ancho de la Cuenca	km	3.28
Índice de Gravelius	K _c	1.546
Factor de Forma	K _t	0.159
PARÁMETROS DE RELIEVE		
Altitud Media	msnm	3462
Altitud más frecuente	msnm	3868.32
Altitud Frecuencia Media	msnm	3577.33
Pendiente Media Cuenca	%	19.68
PARÁMETROS DE LA RED HÍDRICA		
Longitud Curso Principal	km	16.64
Cota Inicial Cauce Principal	msnm	3850.00
Cota Final Cauce Principal	msnm	2650.00
Pendiente Cauce Principal	%	7.21
Orden Red Hídrica		3
Longitud Red Hídrica	km	51.29
Pendiente Promedio Red Hídrica	%	2.02
PARÁMETROS GENERADOS		
Densidad Drenaje	D _d	1.17
Densidad Corriente	D _c	0.91
Tiempo de Concentración	horas	1.59
Relación de Confluencias	R _c	1.57
Coefficiente Orográfico	C _o	0.273

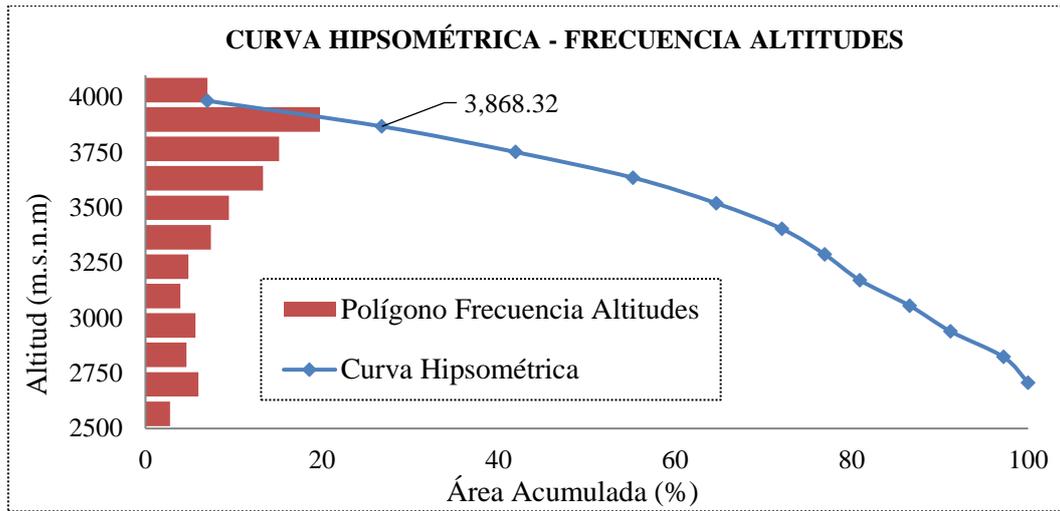


Figura 15: Curva hipsométrica - frecuencia de altitudes.

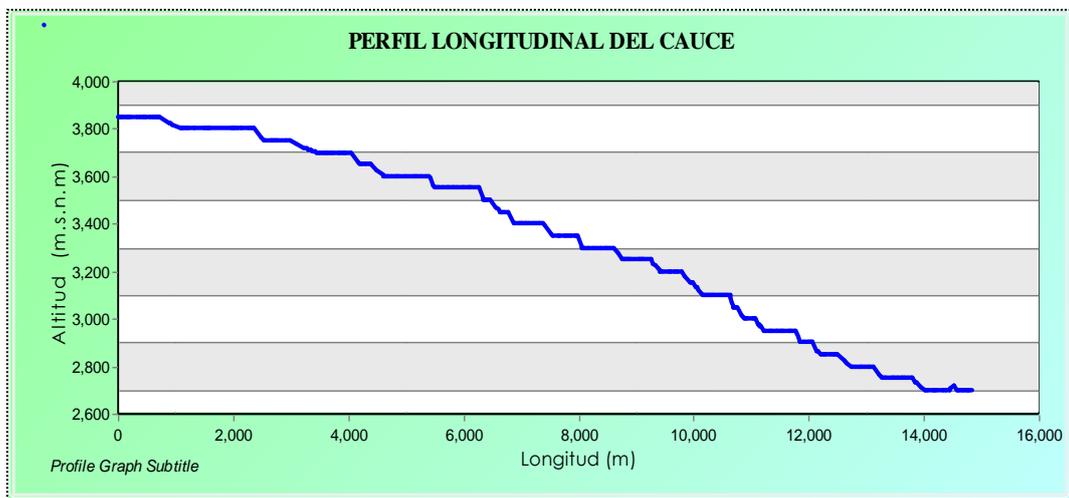


Figura 16: Perfil longitudinal del cauce principal del Río “El Tuyo”

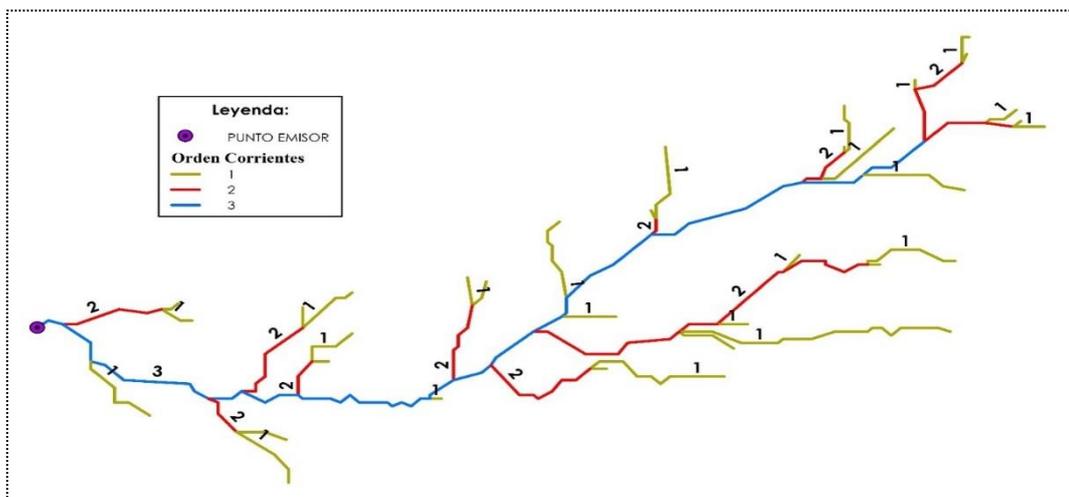


Figura 17: Orden de la red hídrica del Río “El Tuyo”

4.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Consistencia de la información meteorológica

El análisis visual gráfico del registro de las precipitaciones anuales de todas las estaciones, según su periodo de registro de cada una de ellas, se muestra en la figura 25 del anexo A.3.

El análisis de correlación por grupos, de la información pluviométrica, se presentan en la figura 26 del anexo A.3, determinando el grado de asociación de sus variables.

El análisis de doble masa de los datos originales por grupos determinó los periodos dudosos y se presenta en la figura 27 del anexo A.3.

Los pluviogramas de la información original de las estaciones seleccionadas se presentan en la figura 28 y los pluviogramas de la información corregida de las mismas estaciones se presentan en la figura 29, ambos del anexo A.3.

De las figuras y tablas presentadas se puede notar las siguientes tendencias:

- Los grupos de análisis se formaron en función a la información completa con la que cuenta la Estación Base, se formaron seis grupos para el análisis estadístico de la información. (Ver tabla 10)
- Las Estaciones no seleccionadas para los cálculos posteriores fueron: (1) La Estación Quilcate (153205), por presentar muchos quiebres y no tener un buen grado de asociación entre sus variables; (2) La Estación Quebrada Honda que, a pesar de tener un buen grado de asociación entre sus variables, no fue seleccionada puesto que no incide directamente en el área de trabajo correspondiente a la cuenca. (Ver tabla 11)
- Todas las Estaciones presentaron saltos ya sea en la media y en la desviación estándar a excepción de la Estación Hualgayoc que no presentó ningún salto. Todas ellas se corrigieron mediante su ecuación de corrección presentadas en los cuadros ya mencionados. Es importante resaltar que ninguna de las estaciones presentó tendencias. (Ver tablas 12 y 13)

Tabla 10: Grupo de análisis de las estaciones meteorológicas.

Código	Nombre Estación	Altura (m.s.n.m)	Grupo de Análisis	"R"	Grado Asociación
4727F484	Chugur	2744	Grupo 1	0.9981	Variables Asociadas
153208	Chugur	2590			
4727F484	Chugur	2744	Grupo 2	0.9915	Variables Asociadas
363	Hualgayoc	3815			
4727F484	Chugur	2744	Grupo 3	0.9356	Variables Asociadas
309	Quilcate	2930			
4727F484	Chugur	2744	Grupo 4	0.0866	Variables No Asociadas
153205	Quilcate	3250			
4727F484	Chugur	2744	Grupo 5	0.9420	Variables Asociadas
339	Rupahuasi	2850			
4727F484	Chugur	2744	Grupo 6	0.9472	Variables Asociadas
153211	Quebrada Honda	3691			

Tabla 11: Selección de estaciones metereológicas a trabajar.

Código	Nombre Estación	Altura (m.s.n.m)	N° Quiebres	Grado de Confiabilidad	Elección
4727F4	Chugur	2744	3	Confiable	Seleccionada
363	Hualgayoc	3815	4	Confiable	Seleccionada
309	Quilcate	2930	2	Confiable	Seleccionada
153205	Quilcate	3250	8	No Confiable	No Seleccionada
339	Rupahuasi	2850	3	Confiable	Seleccionada
153211	Honda	3691	2	Confiable	No Seleccionada

Tabla 12: Análisis de saltos y tendencias de la estación base (Chugur).

Salto en la media y en la varianza

ESTACIÓN CHUGUR - (4727F484)						
a) Parámetros Estadísticos	Tramo	Periodo	Tramo 1	1964 - 1965 (c)	1976 - 1977 (c)	1990 - 1992 (d)
			Tramo 2	1966 - 1969 (d)	1978 - 1980 (d)	1993 - 1994 (c)
	Media	X	X ₁	141.13	120.74	42.70
			X ₂	85.83	70.09	192.32
	Desv. Esta	S	S ₁	83.94	104.45	46.43
			S ₂	67.51	60.19	125.31
	Varianza	S ²	S ₁ ²	7045.92	10909.80	2155.56
			S ₂ ²	4557.60	3622.84	15702.60
Tamaño	n	n ₁	24	23	30	
		n ₂	46	33	21	
b) Consistencia Media	Grados Libertad		G.L	68	54	49
	Desv. Esta. Ponderada		S _p	73.48	81.19	87.66
	Desv. Esta. Promedios		S _d	18.50	22.05	24.94
	"T" Tabulado		T _t	1.93	1.97	1.99
	"T" Calculado		T _c	2.99	2.30	6.00
	Criterio Decisión:			Salto	Salto	Salto
c) Consistencia Varianza	S ₁ ² > S ₂ ²			Si	Si	No
	G.L. Numerador		G.L. _N	23	22	20
	G.L. Denominador		G.L. _D	45	32	29
	"F" Tabulado		F _t	1.77	1.86	1.94
	"F" Calculado		F _c	1.55	3.01	7.28
	Criterio Decisión:			No Salto	Salto	Salto
Ecuación de Corrección				X'_t = 1.24X_t + 34.41	X'_t = 1.74X_t - 0.89	X'_t = 2.70X_t + 76.98

Tendencia en la media y en la varianza

d) Tendencia en la Media	Tiempo (t)	Promedio	t'	290.00	
		Desv. Esta.	S _t	167.29	
	Precipitación (T _m)	Promedio	T' _m	141.13	
		Desv. Esta.	S _{T_m}	101.92	
	T _m * t	Promedio	(T _m * t)'	42308.26	
	Prueba del Coeficiente de Correlación Lineal	N° Datos		n	579
		Grados Libertad		G.L	577
		Coef. Corrección		R	0.08105
		"T" Tabulado		T _t	1.97
		"T" Calculado		T _c	1.94
		Resultado			No Tendencia
	Ecuaciones de Corrección: T _m = A _m + B _m * t		B _m	0.049	
			A _m	126.805	
	Ec. Corrección: Y_(t) = X_(t) - T_m + T'_m				No Corregir

Tabla 13: Análisis de saltos y tendencias de las estaciones en estudio.

Salto en la media y en la varianza

ESTACIÓN			QUILCATE (309)	RUPAHUASI (339)	HUALGAYOC (303)	
a) Parámetros Estadísticos	Tramo	Periodo	Tramo 1	2003 - 2005 (d)	1968 - 1970 (c)	1978 - 1980 (d)
			Tramo 2	2006 (c)	1971 (d)	1981 - 1982 (c)
	Media	X	X ₁	91.00	101.70	101.80
			X ₂	118.52	140.80	117.79
	Desv. Esta	S	S ₁	65.93	57.39	71.71
			S ₂	95.63	83.76	63.80
	Varianza	S ²	S ₁ ²	4347.16	3293.50	5141.75
			S ₂ ²	9145.10	7015.74	4070.44
Tamaño	n	n ₁	36	36	35	
		n ₂	12	12	24	
b) Consistencia Media	Grados Libertad		G.L	46	46	57
	Desv. Esta. Ponderada		S _p	74.13	64.68	68.63
	Desv. Esta. Promedios		S _d	24.71	21.56	18.19
	"T" Tabulado		T _t	1.99	1.99	1.96
	"T" Calculado		T _c	1.11	1.81	0.88
	Criterio Decisión:			No Salto	No Salto	No Salto
c) Consistencia Varianza	S ₁ ² > S ₂ ²			No	No	Si
	G.L. Numerador		G.L. _N	11	11	34
	G.L. Denominador		G.L. _D	35	35	23
	"F" Tabulado		F _t	2.08	2.08	1.94
	"F" Calculado		F _c	2.10	2.13	0.79
	Criterio Decisión:			Salto	Salto	No Salto
Ecuación de Corrección			X'_t = 1.45X_t - 13.44	X'_t = 0.69X_t + 5.25	No Corregir	

Tendencia en la media

d) Tendencia en la Media	Tiempo (t)	Promedio	t'	84.50	30.50	30.50	
		Desv. Esta.	S _t	48.64	17.46	17.46	
	Precipitación (T _m)	Promedio	T' _m	107.94	101.37	106.51	
		Desv. Esta.	S _{Tm}	79.64	57.82	68.73	
	T _m * t	Promedio	(T _m * t)'	9229.80	3131.40	33398.04	
	Prueba del Coeficiente de Correlación Lineal	N° Datos		n	168	60	60
		Grados Libertad		G.L	166	58	58
		Coef. Corrección		R	0.02810	0.03925	0.12446
		"T" Tabulado		T _t	1.96	2.00	2.00
		"T" Calculado		T _c	0.36	0.30	0.96
	Resultado			No Tendencia	No Tendencia	No Tendencia	
	Ecuaciones de Corrección: T _m = A _m + B _m * t		B _m	0.046	0.130	0.490	
			A _m	104.072	97.406	91.575	
	Ec. Corrección: Y_(t) = X_(t) - T_m + T'_m			No Corregir	No Corregir	No Corregir	

Completación y extensión de la información meteorológica

En toda serie hidrológica existen datos faltantes y por este motivo la serie no deja de ser confiable; los resultados del método utilizado para la completación y extensión de la información se resumen en la tabla 14.

Los pluviogramas de la información corregida y extendida de las estaciones seleccionadas se presentan en la figura 30 del anexo A.4.

La información pluviométrica disponible, consistente, completa y extendida de las estaciones se presenta en las tablas 39, 40, 41 y 42 del anexo A.5.

De las figuras y tablas presentadas se puede notar las siguientes tendencias:

- Las extensiones de los datos se realizaron en las Estaciones: Hualgayoc, Quilcate (303), y Rupahuasi. Estas extensiones son largas como se puede apreciar en las series presentadas del anexo A.5 y se realizaron mes a mes correlacionando con la Estación Base (Chugur).
- En términos generales, para la presente tesis, los datos pluviométricos recopilados con las correcciones realizadas (completación y extensión), es un material que puede ser empleado para otros trabajos.

Tabla 14: Resumen de la completación y extensión de la información meteorológica.

Código	Nombre Estación	Completación	Extensión
		Autocorrelación Lineal mes a mes	Correlación Lineal mes a mes
4727F484	Chugur	Chugur	-
363	Hualgayoc	-	Chugur
309	Quilcate	-	Chugur
339	Rupahuasi	-	Chugur

4.3. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES

Precipitación media areal en la microcuenca

Altitudinalmente la zona de estudio se encuentra sobre los 2,500 msnm, por este motivo se estudió la relación existente entre la precipitación mensual para el año promedio con la altitud media de la cuenca, mediante un análisis de ecuaciones lineales.

La distribución de la precipitación media areal en la microcuenca El Tuyo se visualiza en la figura 19.

La serie de precipitaciones mensuales obtenidas mediante los Polígonos de Thiessen y las precipitaciones generadas en la microcuenca del río El Tuyo se presenta en las tablas 43 y 44 respectivamente, del anexo A.6.

De los cuadros y gráficos presentados se puede notar las siguientes tendencias:

- La precipitación media anual generada en la microcuenca está alrededor de 1542.54 mm/año siendo los meses de marzo y abril los más lluviosos con 231.52 mm/mes y 183.15 mm/mes, respectivamente.
- La distribución de la precipitación en la microcuenca es como sigue: mayo, junio, julio, agosto y septiembre serán considerados como meses secos, en este periodo la precipitación disminuye paulatinamente a partir de mayo (89.88 mm), alcanzando el punto más bajo en el mes de julio (43.41 mm)
- Los meses lluviosos son: octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril. Estos meses serán considerados como meses húmedos, siendo el mes de marzo el más lluvioso con una precipitación de (231.52 mm).

Tabla 15: Precipitación media mensual por cada estación meteorológica.

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA (mm)												
PP Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HUALGAYOC	164.12	137.80	224.72	157.73	79.60	41.51	41.32	37.92	87.73	197.72	186.01	178.39
QUILCATE	122.19	147.99	197.16	135.46	87.63	35.06	26.43	40.96	75.95	124.87	113.68	120.97
RUPAHUASI	88.43	149.51	181.87	186.44	75.18	56.03	20.42	29.74	74.71	148.44	164.63	135.86

Tabla 16: Incidencia de áreas por estación meteorológica.

ESTACIONES	Área (Km ²)	Área (%)
HUALGAYOC	4.13	9.39%
QUILCATE	33.95	77.23%
RUPAHUASI	5.88	13.38%

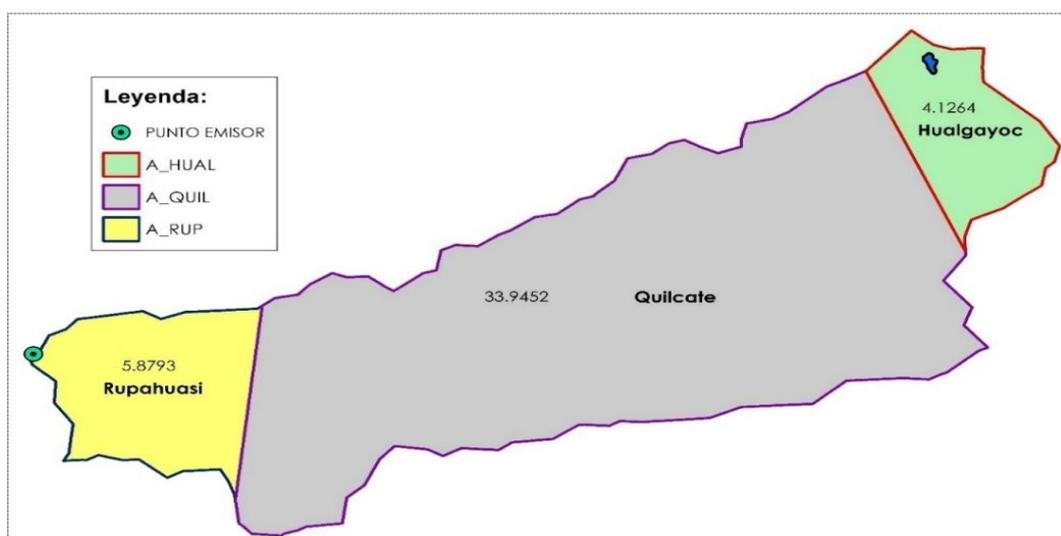


Figura 18: Polígonos de Thiessen en la microcuenca “El Tuyo”

Tabla 17: Precipitación media mensual.

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL SOBRE LA MICROCUENCA (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
121.61	147.24	197.70	144.37	85.21	38.47	27.03	39.17	76.89	134.86	127.29	128.35	1268.20

Tabla 18: Precipitación mensual para el año promedio.

PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO “PMP” (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
107.47	126.69	120.56	93.17	59.23	32.75	14.95	18.47	44.33	95.06	94.67	96.10	903.45

Tabla 19: Coeficientes para la generación de registros de precipitación.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PMP (mm)	107.47	126.69	120.56	93.17	59.23	32.75	14.95	18.47	44.33	95.06	94.67	96.10
PMPC (mm)	100.14	105.30	102.95	73.44	39.36	16.16	9.31	10.79	36.31	80.66	82.08	86.70
CP	1.073	1.203	1.171	1.269	1.055	2.027	1.606	1.712	1.221	1.179	1.153	1.108

Tabla 20: Precipitación media mensual areal en la microcuenca “El Tuyo”

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL AREAL (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
130.51	177.15	231.52	183.15	89.88	77.97	43.41	67.05	93.87	158.94	146.81	142.27	1542.54

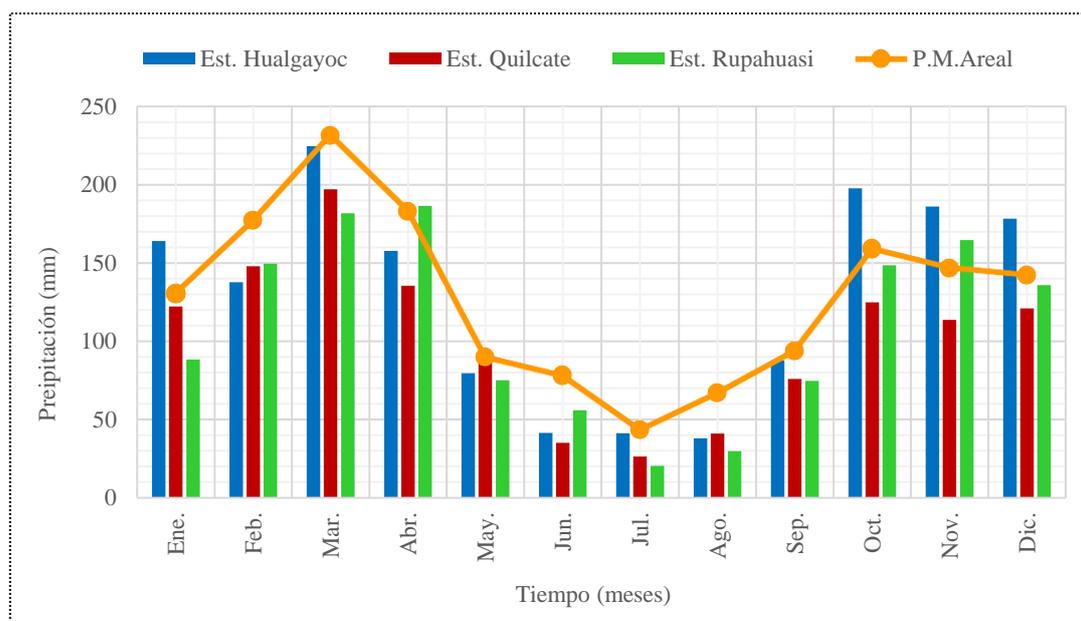


Figura 19: Precipitación media mensual areal en la microcuenca “El Tuyo”

Precipitación efectiva

El término precipitación efectiva implica sólo la fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa, resultó anualmente 501.87 mm/año. Además, la temperatura media anual está por debajo de los 10 °C, con un déficit de escurrimiento de 520.33 mm/año.

La distribución de la precipitación media areal y la precipitación efectiva en la microcuenca El Tuyo se presenta en la figura 20.

Tabla 21: Temperatura media anual por estaciones.

ESTACIONES	TEMPERATURA (°C)
HUALGAYOC	7.21
QUILCATE	9.08
RUPAHUASI	9.71

Tabla 22: Coeficiente de escorrentía.

Temperatura Media Anual (°C)	T°	8.667
Coeficiente de Temperatura	L	549.215
Déficit de escurrimiento (mm/año)	D	520.33
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	C	0.325

Tabla 23: Precipitación efectiva promedio en la microcuenca “El Tuyo”

PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN LA MICROCUENCA “PE” (mm)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
42.46	57.64	75.32	59.59	29.24	25.37	14.12	21.81	30.54	51.71	47.76	46.29	501.87

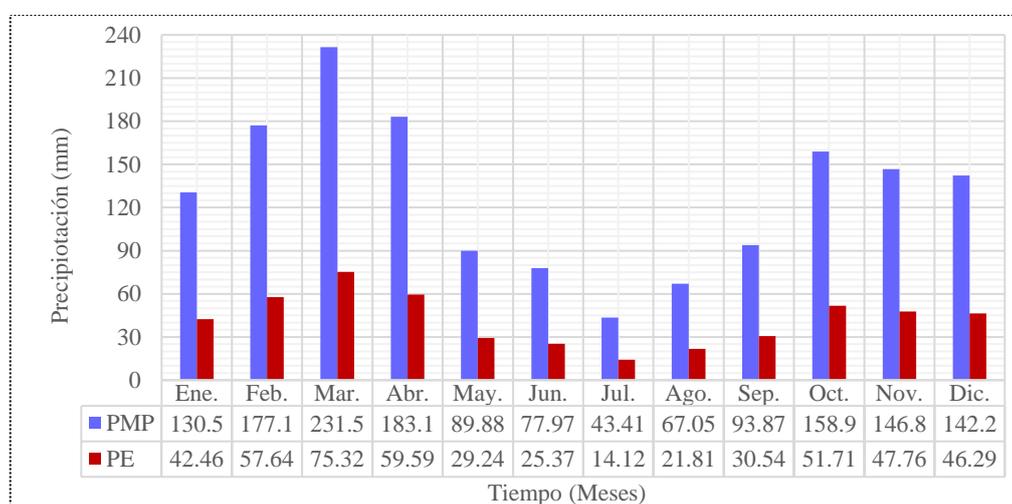


Figura 20: Precipitaciones medias mensuales en la microcuenca “El Tuyo”

Gasto de la retención

El cálculo de la Retención “R” arrojó un valor de 52.556 mm/año, este valor indica que la microcuenca tiene un agotamiento rápido, característicos de una vegetación y cobertura poco desarrollada.

Analizando los coeficientes de agotamiento “ b_0 ”, del gasto de la retención, se ha podido determinar que al iniciar el periodo seco la contribución de la reserva, para el primer mes (mayo), es la más alta y luego para los siguientes meses, el aporte disminuye en casi el 50% del mes anterior hasta el último mes del periodo seco (septiembre). Este comportamiento del coeficiente de aporte tiene una función exponencial a diferencia de la función logarítmica que es el comportamiento típico de este coeficiente. (Ver figura 21)

Tabla 24: Periodos del ciclo hidrológico en la microcuenca “El Tuyo”

Periodo Hidrológico	Meses del Año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Avenidas	*	*	*	*						*	*	*
Estiaje					*	*	*	*	*			

Tabla 25: Retención en la microcuenca “El Tuyo”

Coeficiente	C_a	20	%
Área de la cuenca	AR	43.95	Km ²
Almacenamiento de acuíferos	LA	260.93	mm/año
Pendiente del cauce principal	I	7.21	%
Área de lagunas	AL	0.033	Km ²
Almacenamiento lagunas y pantanos	LL	500	mm/año
Área de los nevados	AN	0	Km ²
Almacenamiento de nevados	LN	500	mm/año
RETENCIÓN DE LA CUENCA	R	52.56	mm/año

Tabla 26: Coeficiente de agotamiento.

$$\alpha = -0.00252 * LN(43.95) + 0.030$$

$$\alpha = 0.0204667 \text{ Días}^{-1}$$

Tabla 27: Valores de la relación de caudales del flujo base.

Mes	Días (t)	b ₀
Mayo	31	0.530218
Junio	30	0.286945
Julio	31	0.152143
Agosto	31	0.080669
Septiembre	30	0.043657
Total "b_m"		1.093632

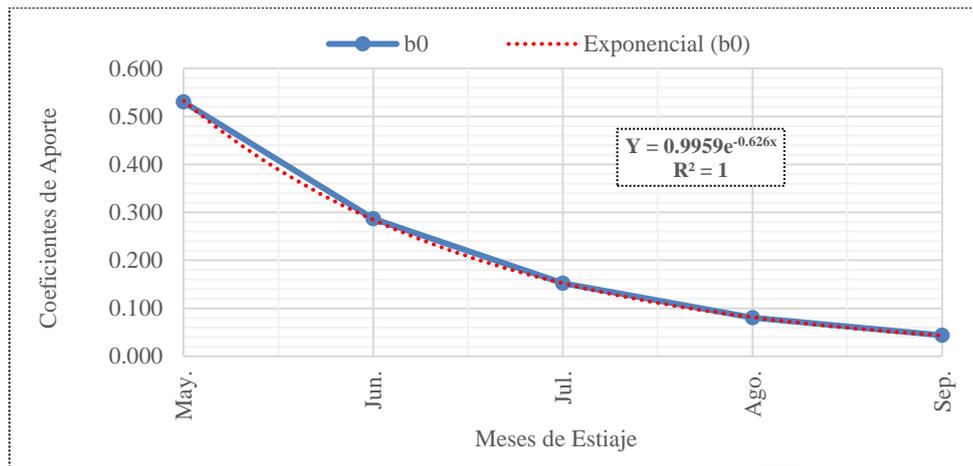


Figura 21: Distribución de los coeficientes de agotamiento en la microcuenca “El Tuyo”

Tabla 28: Valores del gasto de la retención en la microcuenca “El Tuyo”

Mes	Días (t)	b ₀	G _i (mm/mes)
Mayo	31	0.530218	25.480
Junio	30	0.286945	13.789
Julio	31	0.152143	7.311
Agosto	31	0.080669	3.877
Septiembre	30	0.043657	2.098

Tabla 29: Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca.

Región	Meses del año (a _i)%						Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Tabla 30: Valores del abastecimiento de la retención en la microcuenca “El Tuyo”

Mes	Días (t)	a _i	A _i (mm/mes)
Octubre	31	0.25	13.139
Noviembre	30	-0.05	-2.628
Diciembre	31	0.00	0.000
Enero	31	0.20	10.511
Febrero	28	0.25	13.139
Marzo	31	0.35	18.395
Abril	30	0.00	0.000

4.4. GENERACIÓN DE CAUDALES

Caudales mensuales para el año promedio

En la tabla 31 se muestran los parámetros más importantes que han intervenido en el cálculo de caudales para el año promedio, asimismo, muestra la transformación de la precipitación media mensual en precipitación efectiva de escurrimiento, el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la microcuenca “El Tuyo”

Tabla 31: Caudales generados para el Año Promedio en la microcuenca “El Tuyo”

MES	N° DÍAS	PRECIPITACIÓN MENSUAL		CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN		CAUDALES	
		PMP (mm/mes)	PE (mm/mes)	G (mm/mes)	A (mm/mes)	Q _m (mm/mes)	Q _m (m ³ /s)
Enero	31	130.51	42.46		10.511	31.95	0.52
Febrero	28	177.15	57.64		13.139	44.50	0.81
Marzo	31	231.52	75.32		18.395	56.93	0.93
Abril	30	183.15	59.59		0.000	59.59	1.01
Mayo	31	89.88	29.24	25.480		54.72	0.90
Junio	30	77.97	25.37	13.789		39.16	0.66
Julio	31	43.41	14.12	7.311		21.43	0.35
Agosto	31	67.05	21.81	3.877		25.69	0.42
Septiembre	30	93.87	30.54	2.098		32.64	0.55
Octubre	31	158.94	51.71		13.139	38.57	0.63
Noviembre	30	146.81	47.76		-2.628	50.39	0.85
Diciembre	31	142.27	46.29		0.000	46.29	0.76

Los caudales generados muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos (marzo y abril) con 0.93 m³/s y 1.01 m³/s, respectivamente y menores en los meses de estiaje (julio y agosto) con 0.35 m³/s y 0.42 m³/s, respectivamente. La distribución de dichos caudales se presenta a continuación, en la figura 22:

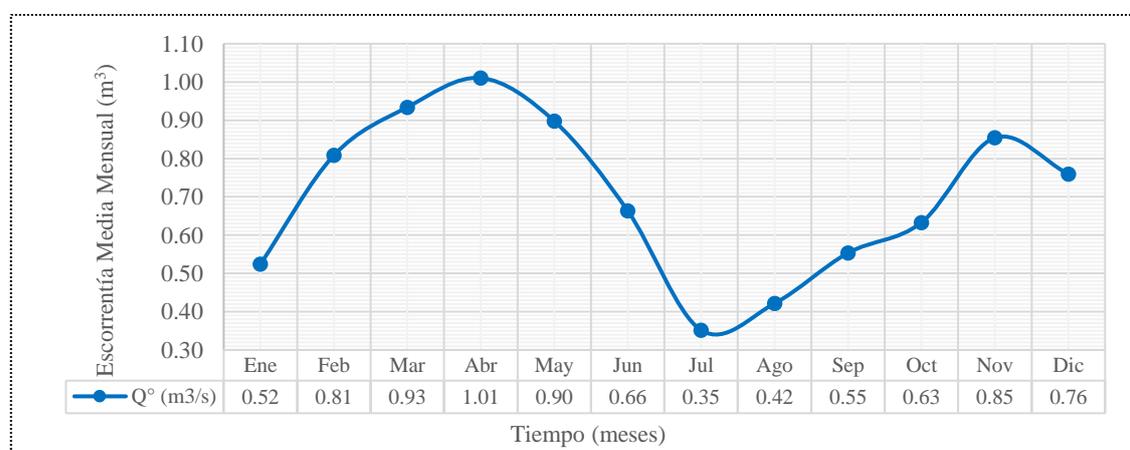


Figura 22: Caudales generados para el año promedio en la microcuenca “El Tuyo”

Caudales mensuales para un período extendido

Los coeficientes estadísticos que se mencionan en la tabla 32, es el resultado de la regresión múltiple de los caudales promedios mensuales generados (Q y Q_{t-1}) y la precipitación efectiva promedio mensual (PE) generadas en la aplicación del modelo.

Tabla 32: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple

Mes	Q_t	Q_{t-1}	PE_t	\hat{Q}_t	Coeficientes Estadísticos (Regresión Múltiple)	
Enero	31.95	46.29	42.46	44.34	B_1	2.254888
Febrero	44.50	31.95	57.64	43.93	B_2	0.500537
Marzo	56.93	44.50	75.32	58.09	B_3	0.445547
Abril	59.59	56.93	59.59	57.30	S^2_{Qt}	153.29
Mayo	54.72	59.59	29.24	45.11	S	6.6253
Junio	39.16	54.72	25.37	40.95	r	0.84478
Julio	21.43	39.16	14.12	28.15	$(S) * \sqrt{(1 - r^2)}$	3.54525
Agosto	25.69	21.43	21.81	22.70	n	12
Septiembre	32.64	25.69	30.54	28.72	p	3
Octubre	38.57	32.64	51.71	41.63		
Noviembre	50.39	38.57	47.76	42.84		
Diciembre	46.29	50.39	46.29	48.10		

De la tabla se deduce que las series entre los caudales del mes anterior, los caudales actuales y la precipitación efectiva actual utilizando la regresión múltiple, alcanzan una buena correlación ($r = 0.845$).

Para la microcuenca El Tuyo, se ha generado caudales desde 1964 hasta 2016 (Ver anexo A.7). En las tablas 47 y 48 se muestran los caudales generados por el periodo extendido. El promedio mensual de estos caudales se muestra a continuación, en la figura 23:

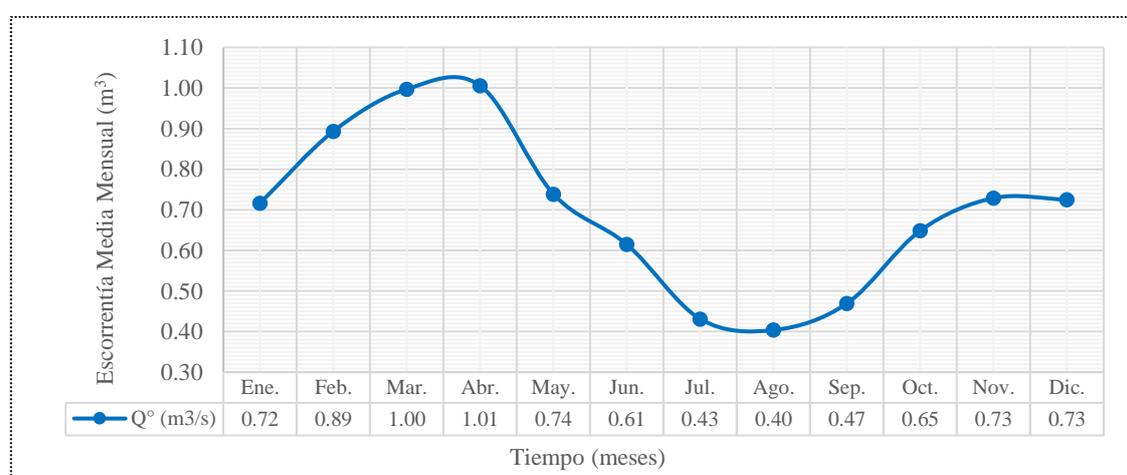


Figura 23: Caudales para un periodo extendido en la microcuenca “El Tuyo”

Verificación de la calidad de la información: caudales medidos en el río El Tuyo

El control de descargas de los aforos realizados en los meses de marzo y abril se detalla en las tablas 49 y 50, del anexo A.8.

Los caudales aforados durante los meses de marzo y abril del 2017 arrojaron valores de 2.75 m³/s y 1.88 m³/s, respectivamente como valores promedio.

Es de destacar que, el método del flotador no fue el más indicado, pues genera mucha imprecisión, sin poder determinar el margen de error que se pudo haber cometido. Sin embargo, ha proporcionado una visión acerca de la aplicación del modelo, evaluando si dicho modelo se justifica o no, para la aplicación en la microcuenca “El Tuyo”

Si bien es cierto, el registro de caudales generados por el modelo son hasta el año 2016 y los caudales aforados fueron en el año 2017, ésta es otra limitante del presente trabajo. Con las aclaraciones mencionadas, se ha evaluado que, los caudales medidos han superado a los caudales generados, dichos caudales muestran que esta metodología del modelo tiene ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca.

En términos generales, la metodología del modelo no es la más adecuada para esta zona, sin embargo, resuelve de manera sencilla, el problema de la falta de información hidrométrica en la microcuenca El Tuyo, siendo a su vez muy útil para generar escorrentías medias mensuales.

Tabla 33: Caudales aforados en el río “El Tuyo”

CAUDALES PROMEDIO (2017)	MARZO	ABRIL
(m³/s)	2.75	1.88
Coordenadas	WGS 1984 - 17S	
Este	743 584.00	
Norte	9 248 875.00	
Cota	2563.00 msnm	

4.5. OFERTAS HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL TUYO

Analizando las descargas medias mensuales generadas se ha determinado que la masa anual media en la microcuenca del Río El Tuyo es de 8.37 m³/s, estando concentrado en la época de lluvias (octubre-abril) el 70 % de la misma y el 30% restante, en la época de estiaje.

Por otro lado, los caudales anuales promedio para oferta hídrica le corresponde: 6.46 m³/s para riego, 6.23 m³/s para uso doméstico, 5.28 m³/s para industrial y 4.79 m³/s para hidroenergía.

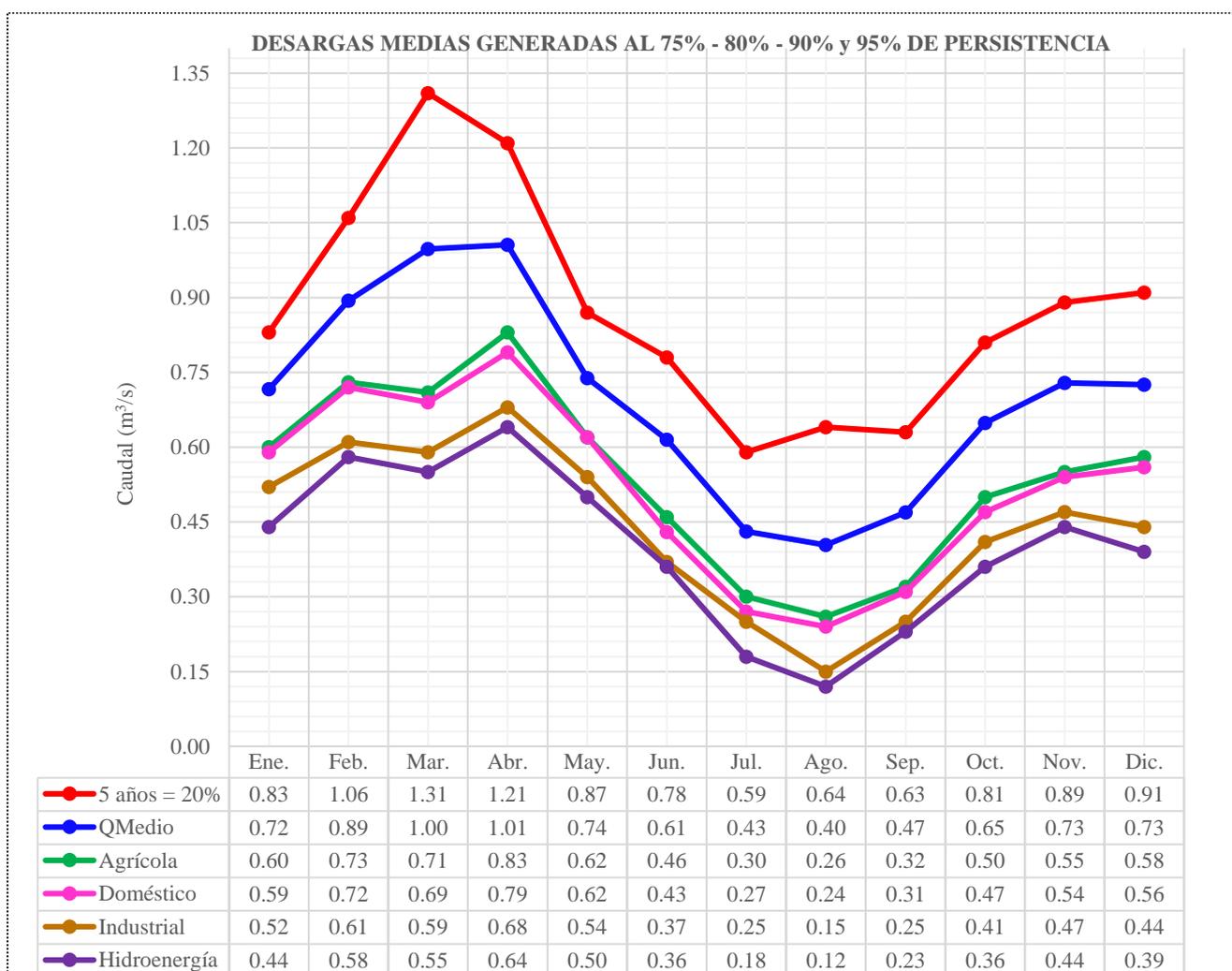


Figura 24: Disponibilidad de agua en la microcuenca “El Tuyo”

De la figura 24, es posible decir que, con un período de retorno de 5 años se logrará alcanzar caudales medios mensuales que superen los 1.20 m³/s en los meses de marzo y abril, y 10.53 m³/s anuales.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Con el conocimiento de los parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca y mediante la aplicación del modelo determinístico – estocástico Lutz Scholz, se logró estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca del río El Tuyo, mediante la obtención de caudales medios mensuales de escorrentía.

Parámetros morfométricos de la microcuenca El Tuyo

- El coeficiente de Gravelius (1.55) ha reflejado que en la microcuenca los gastos picos son atenuadas, generando hidrogramas de crecidas efluentes del tipo platikúrtico, con caudales más sostenidos y recesiones más prolongadas, además en esta zona, las condiciones para la recarga de acuíferos mejoran sustancialmente y las pérdidas por escorrentía directa disminuyen. Se produce una menor vulnerabilidad al socavamiento, provocando daños menores por inundaciones en época de máximas crecientes.
- El valor de la relación de confluencia (1.57) ha permitido establecer que la microcuenca cuenta con redes poco ramificadas, con bajo drenaje, reduciendo el riesgo por inundaciones ante tormentas extraordinarias. Este parámetro es el que mejor se acerca a la descripción de la configuración espacial de la red de drenaje.
- La altitud media en la microcuenca fue clave en la aplicación del modelo, pues en función de ella se determinaron las precipitaciones y, en consecuencia, la cantidad del recurso hídrico.
- El coeficiente orográfico (0.273), determinó que la microcuenca no tiende a ser muy vulnerable a la erosión hídrica, reflejando en una baja capacidad de drenaje superficial y de transporte de sedimentos, esta particularidad es favorable para proyectos de regulación de cuencas mediante grandes presas.

Procesamiento de la información hidrológica

- El análisis de consistencia permitió regionalizar la información, es decir se garantizó que el registro con que se cuenta tenga un comportamiento propio de la zona, eliminando los posibles errores sistemáticos que se pudo haber cometido.

Modelos determinísticos parciales

- Respecto a los modelos determinísticos empleados en el método de Lutz Scholz, el modelo matemático precipitación-escorrentía puede aplicarse en cuencas de la sierra del Perú, siempre y cuando las ecuaciones empleadas por dicho modelo sean válidas únicamente para zonas con parámetros geomorfológicos similares a la microcuenca en estudio.

Generación de los caudales medios mensuales

- Los caudales generados por el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz para el año promedio y para un periodo extendido muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje.
- Al evaluar los caudales medidos, éstos han superado a los caudales generados por el modelo, dichos caudales muestran que esta metodología del modelo tiene ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca, sin embargo, no se puede afirmar esta hipótesis sin antes validar el modelo que, por la falta de información hidrométrica, no se ha podido realizar.

Oferta hídrica

- Del análisis de las descargas medias mensuales generadas se determinó que la masa anual media en la microcuenca del Río El Tuyo es de $8.37 \text{ m}^3/\text{s}$, estando concentrado en la época de lluvias (octubre-abril) el 70 % de la misma y el 30% restante, en la época de estiaje.
- Es posible decir que con un período de retorno de 5 años (Figura 24), se logrará alcanzar caudales medios mensuales que superen los $1.20 \text{ m}^3/\text{s}$ en los meses de marzo y abril, y $10.53 \text{ m}^3/\text{s}$ anuales. Se debe tener muy en cuenta que esta proyección incluye toda el agua disponible en la microcuenca El Tuyo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Como no se cuenta con información de caudales en el río El Tuyo, se recomienda la instalación de una estación hidrométrica, realizando campañas de aforos trimestrales como mínimo para poder evaluar la variabilidad hídrica del río. De ser posible se podría instalar una regla limnimétrica en el lugar donde se realizó el aforo denominado “Chauullagón” donde se realizarían observaciones diarias.
- 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 Junta de Usuarios Tres Ríos o comisiones de regantes se evalúe la instalación de pluviómetros y pequeñas estaciones meteorológicas en las partes altas de la cuenca (por encima de los 2000 msnm); siempre y cuando se cuente con personal técnico y profesional.
- Este modesto trabajo logró estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca El Tuyo, 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 (validación y calibración del modelo, 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.

CAPÍTULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aliaga Araujo, V. (1985). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Ediciones McGrawill, 330 pp.
2. Aliaga Araujo, V. (1985). Hidrología: Tratamiento de Datos. Lima, Perú: Ediciones MacGrawill, 330 pp.
3. Cahuana Andía, A. (2009). Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrología. Cochabamba. (Disponible en: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias>)
4. Chávarri Velarde, E. A. (2004). Hidrología Aplicada: Análisis Probabilístico de las Variables Precipitación Total Anual y Caudal Medio Anual. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 60-68 pp.
5. Chow, V. T. (2000). Hidrología Aplicada. Ediciones McGraw - Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia: 584 pp.
6. Chereque Morán, W. (1991). Hidrología. Lima, Perú: Lugo, 224 pp.
7. Estrela Monreal, T. (1992). Modelos Matemáticos para la Evaluación de Recursos Hídricos. Madrid, España: Ediciones Cedex, pp. 9-35.
8. Gravelius, H. (1914). Flsskunde. Goschen Verlagshan dlug Berlin, I. (1985): Morphometry of Drainage Bassins. Amterdam, Elsevier.
9. Guevara Pérez, E. (1991). Hidrología: Una Introducción a la Ciencia. Valencia, Venezuela: EGN Comunicaciones, 357 pp.
10. Henaos, J. E. (1988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Centro de enseñanza desescolarizada. Bogotá: 396 p.
11. Livia R, O. R. (2003). Problemario de Hidrología Aplicada a la Ingeniería Civil. Universidad Centro Occidental, Departamento de Hidráulica y Sanitaria, Barquisimeto, Venezuela, 138 pp.
12. López Cadenas de Llano, F. (1998). Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, TRANGSATEC, Ministerio de Medio Ambiente. Editorial Mundi Prensa. España: 945 p.
13. Mejía Marcacuzco, J. A. (2006). Hidrología Aplicada. Lima, Perú: Publidrat, pp. 160-165.

14. Musy, A. (2001). Hydrologie Générale. Fédérale de Lausanne: Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement, pp. 180-185.
15. Ortiz Vera, O. (1995). Hidrología De Superficie. Cajamarca, Perú, pp. 1-97.
16. Scholz, L. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana. Cusco, Perú: Plan Meris II. (Disponible en <https://www.sites.google.com/site/mehepgirhunalm/clase-7>)
17. Vásquez Villanueva, A. (2000). Manejo de Cuencas Altoandinas. Lima, Perú: Ediciones FIMART S.A.C, 515 pp.
18. Villón Béjar, M. (2002). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Editorial Villón, 430 pp.
19. Villón Béjar, M. (2002). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Editorial Villón, 380 pp.

ANEXOS

A.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

Tabla 34: Estaciones meteorológicas identificadas.

Código Estación	Nombre Estación	Ubicación		Estaciones Consideradas
		Provincia	Distrito	
153208	Chugur	Hualgayoc	Chugur	Seleccionada
4727F484	Chugur	Hualgayoc	Chugur	Seleccionada
363	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Seleccionada
309	Quilcate	San Miguel	Catilluc	Seleccionada
153205	Quilcate	San Miguel	Catilluc	Seleccionada
339	Rupahuasi	San Miguel	Catilluc	Seleccionada
153211	Quebrada Honda	San Miguel	Cochán	Seleccionada
X	Zanja-Campamento	San Miguel	Tongod	-
X	Zanja-Planta	Santa Cruz	Pulán	-
X	Zanja-Almacén	Santa Cruz	Pulán	-

Tabla 35: Ubicación estaciones meteorológicas identificadas.

Código Estación	Nombre Estación	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Año Inicio	Año Cierre
		Latitud Sur	Longitud Oeste	Norte (Y)	Este (X)			
153208	Chugur	6°40'14"	78°44'13"	9,262,035.37	750,212.06	2590	1963	-
4727F484	Chugur	6°40'00"	78°44'0"	9,262,530.41	750,590.74	2744	1963	-
363	Hualgayoc	6°46'1"	78°37'1"	9,251,327.23	763,467.80	3815	1978	1983
309	Quilcate	6°49'22"	78°44'38"	9,245,272.22	749,332.03	2930	1996	-
153205	Quilcate	6°49'1"	78°44'1"	9,245,901.93	750,494.09	3250	1963	1996
339	Rupahuasi	6°49'1"	78°48'1"	9,245,933.79	743,124.39	2850	1968	1973
153211	Quebrada Honda	6°54'1"	78°39'1"	9,236,679.85	759,667.24	3691	1992	1997
X	Zanja-Campamento	6°49'30"	78°52'35"	9,245,056.14	734,686.12	3555	2014	-
X	Zanja-Planta	6°49'17"	78°53'28"	9,245,453.01	733,072.16	3529	2012	-
X	Zanja-Almacén	6°49'49"	78°53'14"	9,244,474.05	733,495.49	3629	2012	-

A.2. PERIODO REGISTRO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Tabla 36: Periodo de registro estaciones Chugur - Hualgayoc

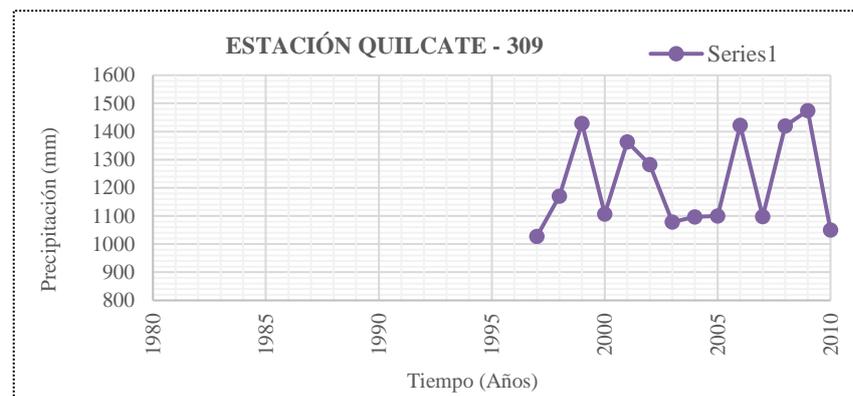
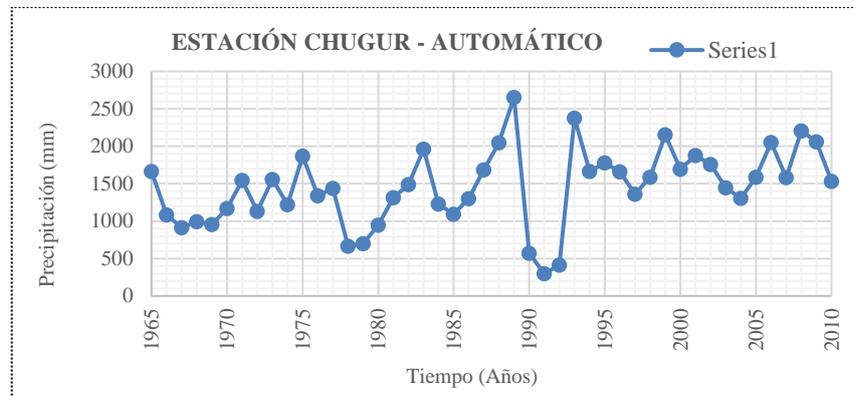
Año	EST : CHUGUR - (4727F484)												EST : HUALGAYOC (363)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963									*	*	*	*												
1964	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1965	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1966	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*												
1967		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1968	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1969	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1970	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1971	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1972	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1973	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1974	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1975	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1976	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*												
1977	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1978	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
1979	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1980	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*												
1981	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1982	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1983	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1984	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1985	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1986	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
1987	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1988	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1989	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1990	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1991	*	*	*						*	*	*	*												
1992	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*												
1993	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1994	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*												
1995	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1996	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
1997	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
1998	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
1999	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2000	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2002	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2003	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2004	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2005	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
2006	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2007	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2008	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2009	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2010	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2011	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2012	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*												
2013	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2014	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2015	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												
2016	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*												



Meses con registro
Meses sin registro

A.3. CONSISTENCIA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Figura 25: Pluviogramas anuales de las estaciones en la microcuenca “El Tuyo”



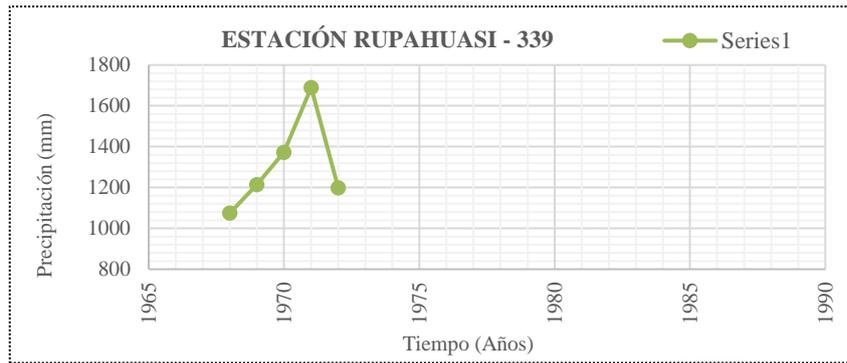
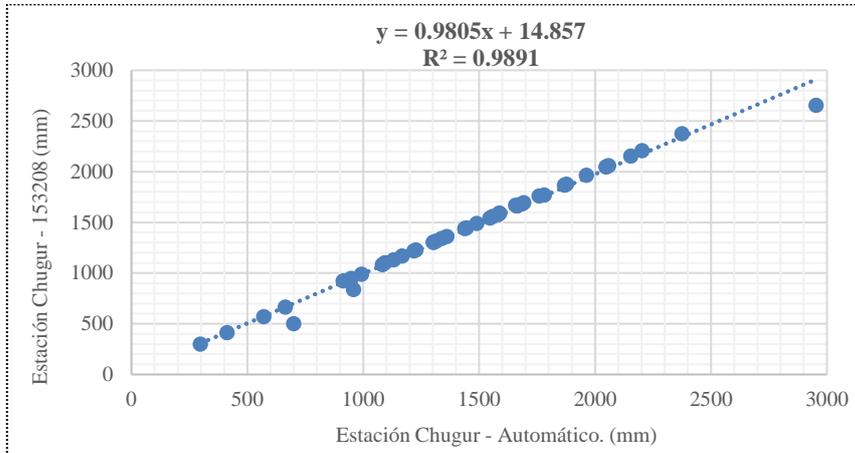


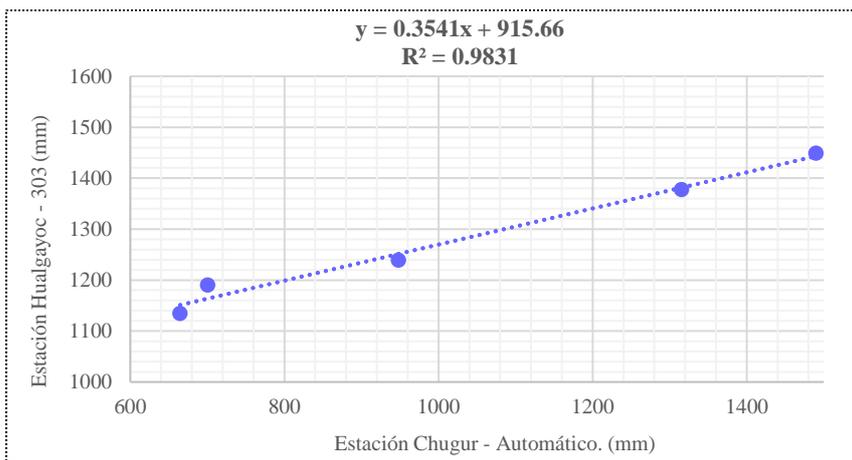
Figura 26: Análisis de correlación de las estaciones por grupos.

Grupo 01:



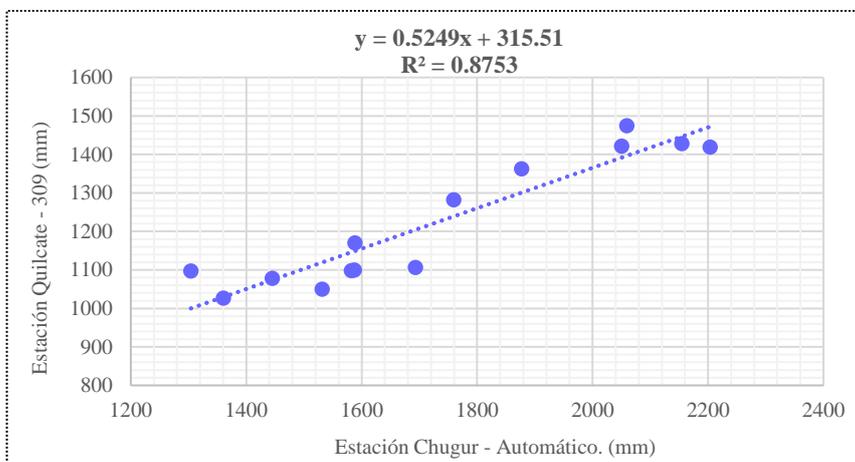
R	0.9945
n	45
G.L	43
Tc	62.466
Tt	2.01
Variables Asociadas	

Grupo 02:



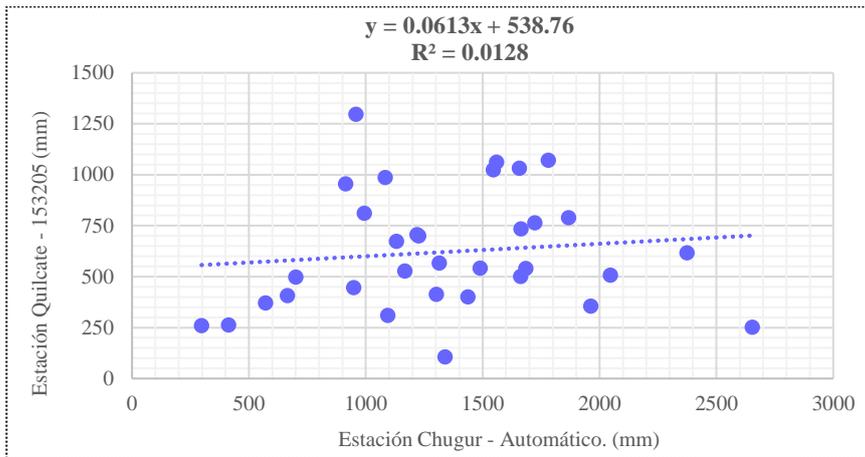
R	0.9915
n	5
G.L	3
Tc	13.20
Tt	3.18
Variables Asociadas	

Grupo 03:



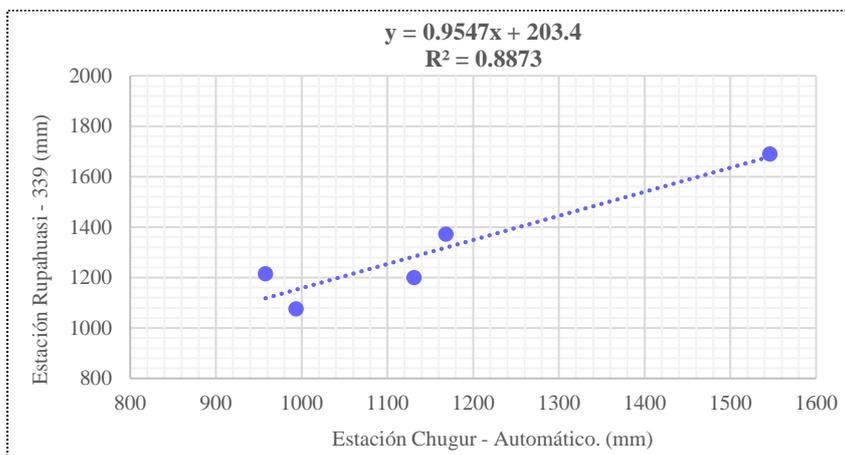
R	0.9356
n	14
G.L	12
Tc	9.180
Tt	2.18
Variables Asociadas	

Grupo 04:



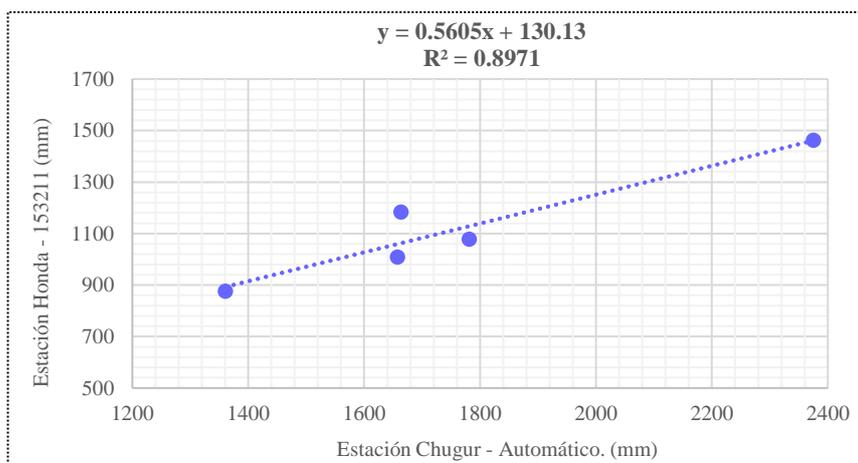
R	0.1131
n	33
G.L	31
Tc	0.634
Tt	2.04
Variables No Asociadas	

Grupo 05:



R	0.9420
n	5
G.L	3
Tc	4.86
Tt	3.18
Variables Asociadas	

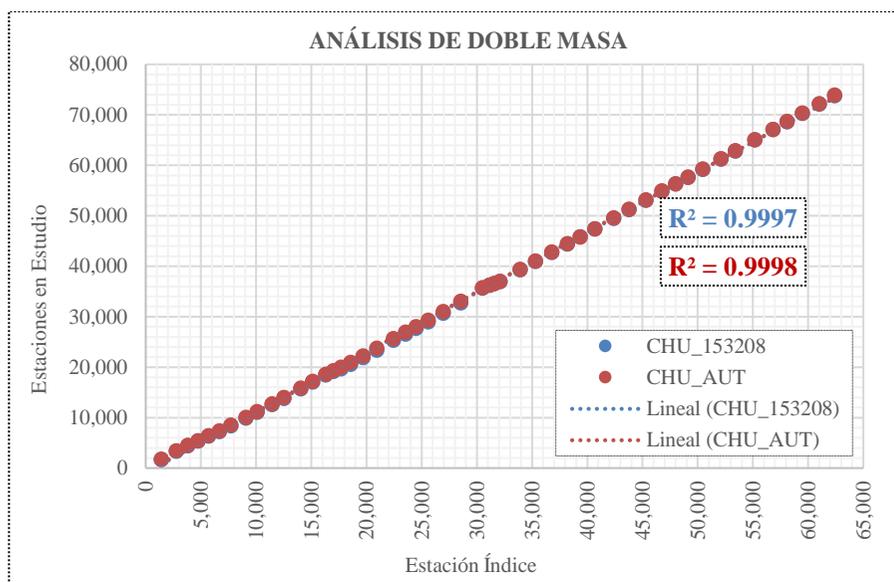
Grupo 06:



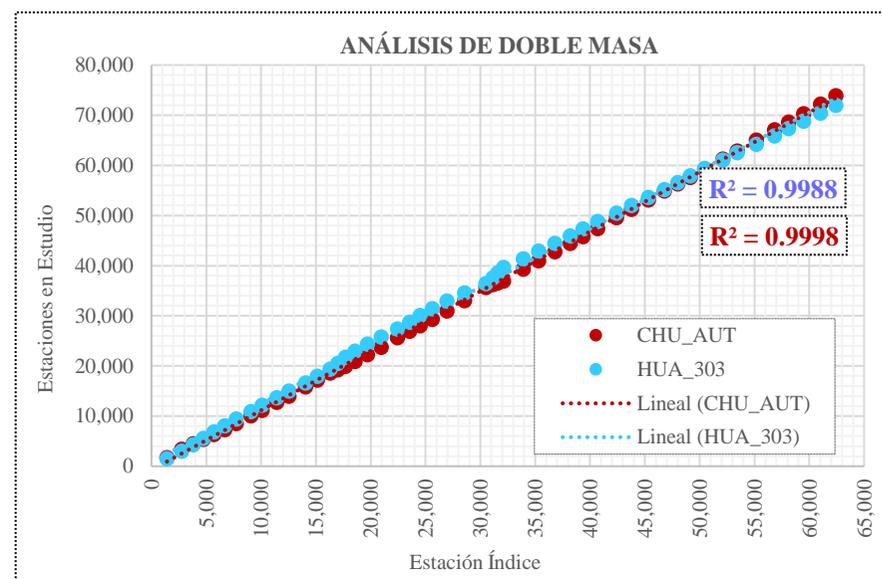
R	0.9472
n	5
G.L	3
Tc	5.12
Tt	3.18
Variables Asociadas	

Figura 27: Análisis de doble masa por grupos.

Grupo 01:



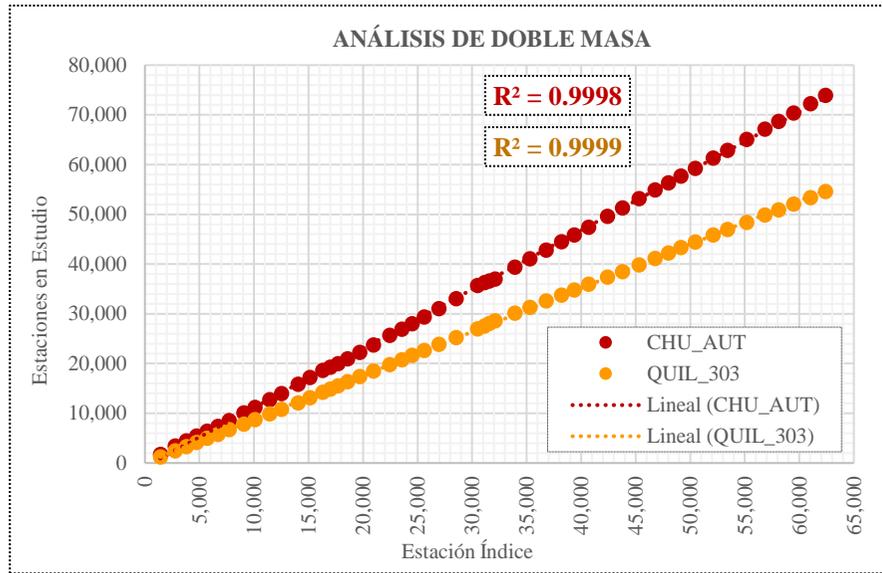
Grupo 02:



Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Chugur 153208	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992

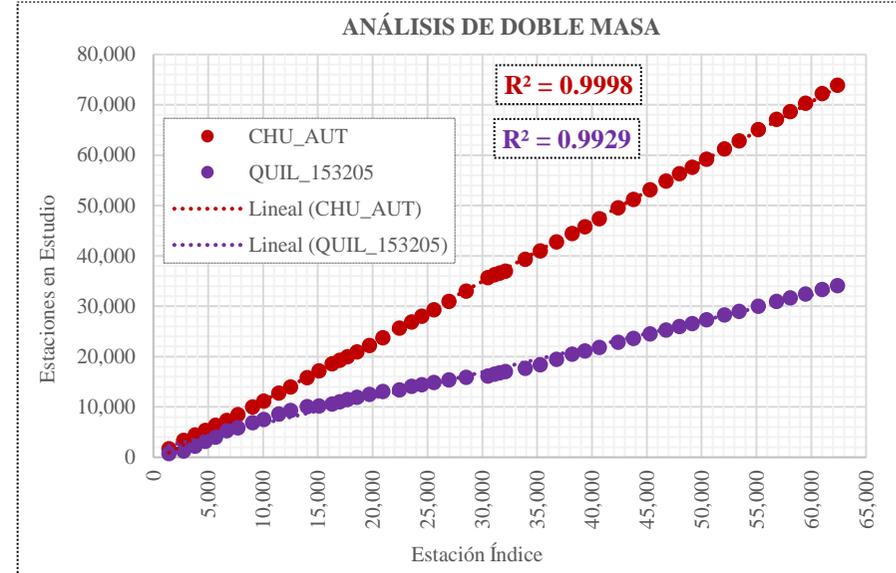
Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Hualgayoc 303	1978 - 1980

Grupo 03:



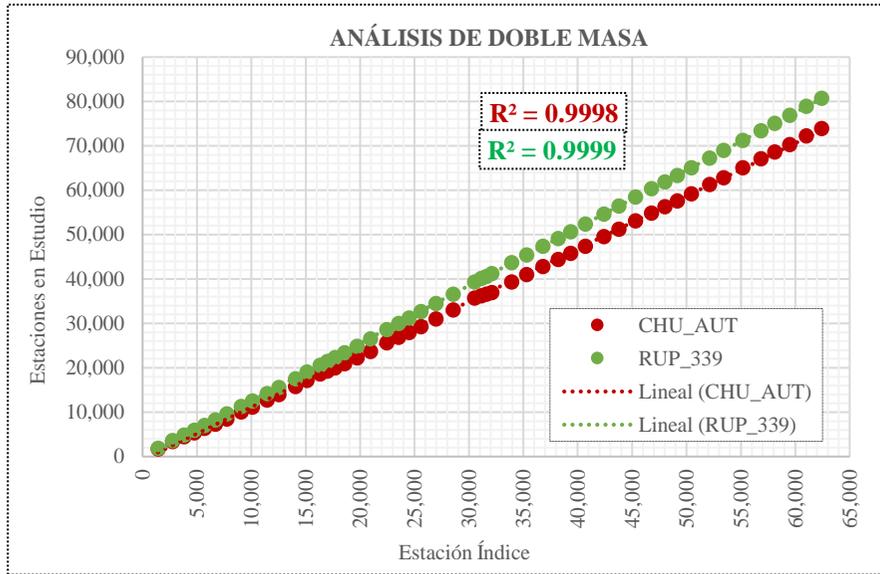
Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Quilcate 309	2003 - 2005

Grupo 04:



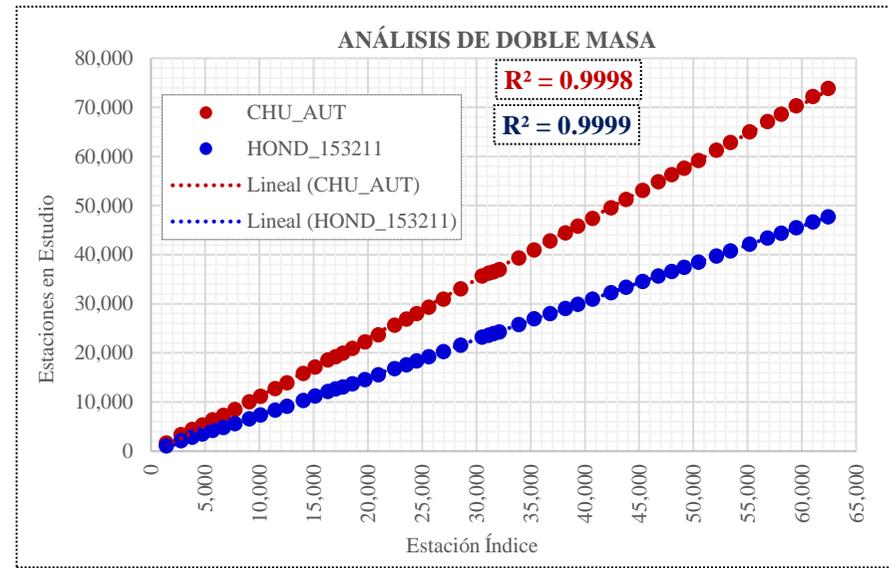
Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Quilcate 153205	Estación Dudosa

Grupo 05:



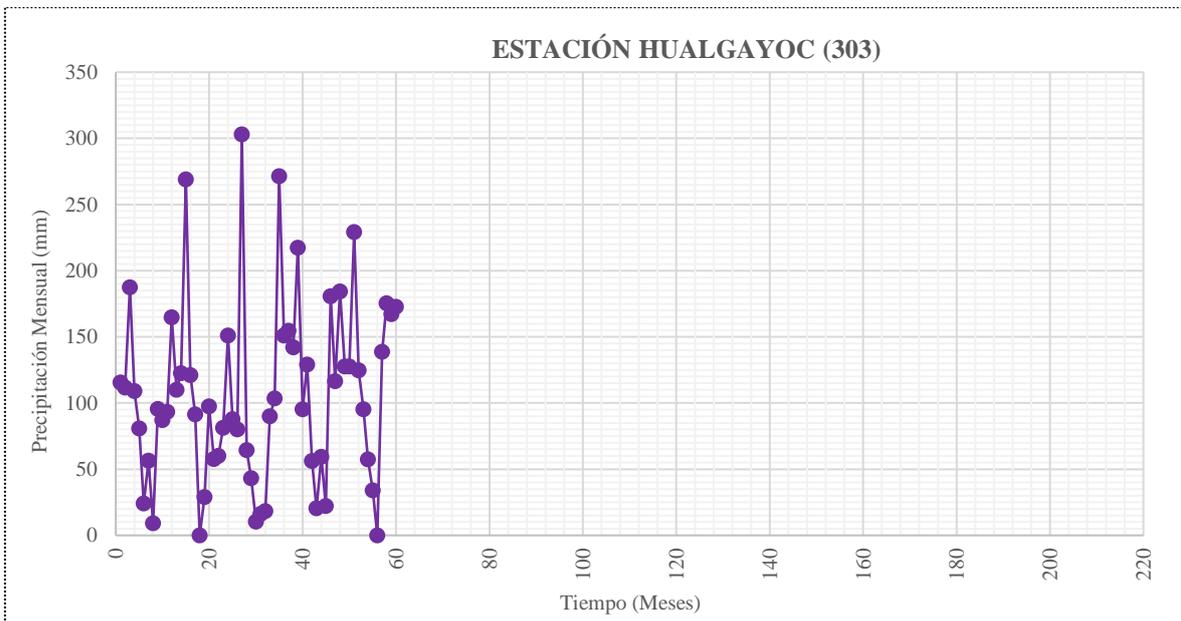
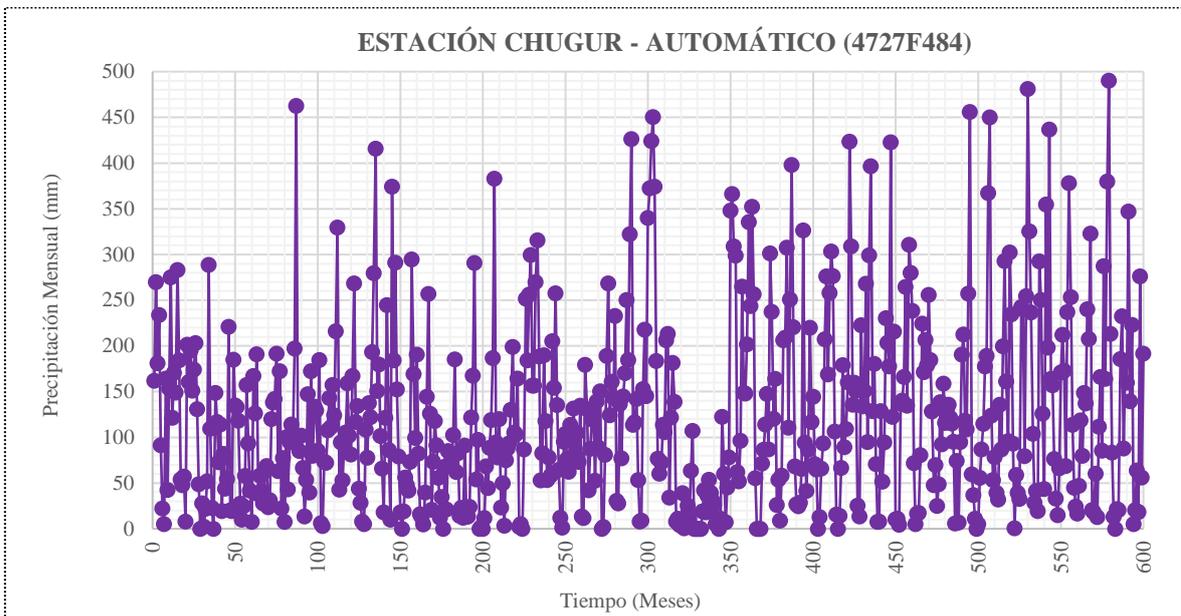
Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Rupahuasi 339	1971

Grupo 06:



Estación	Periodos Dudosos
Chugur 4727F484	1966 - 1969
	1978 - 1980
	1990 - 1992
Honda 153211	2003 - 2005

Figura 28: Pluviogramas de las estaciones seleccionadas (Originales)



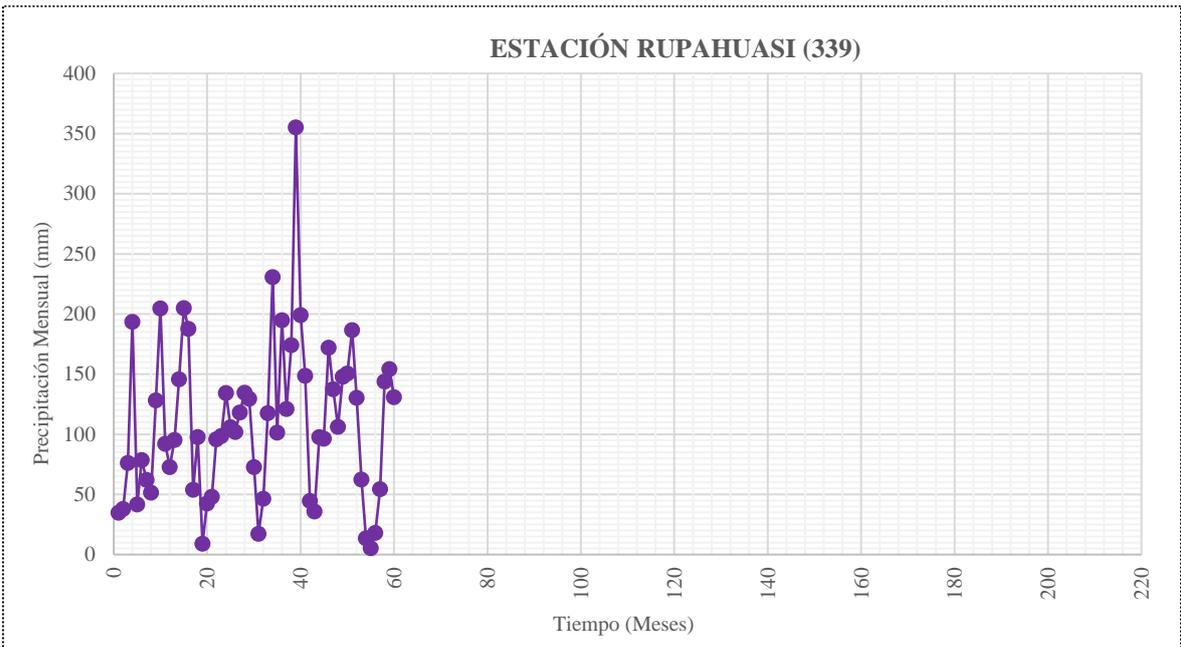
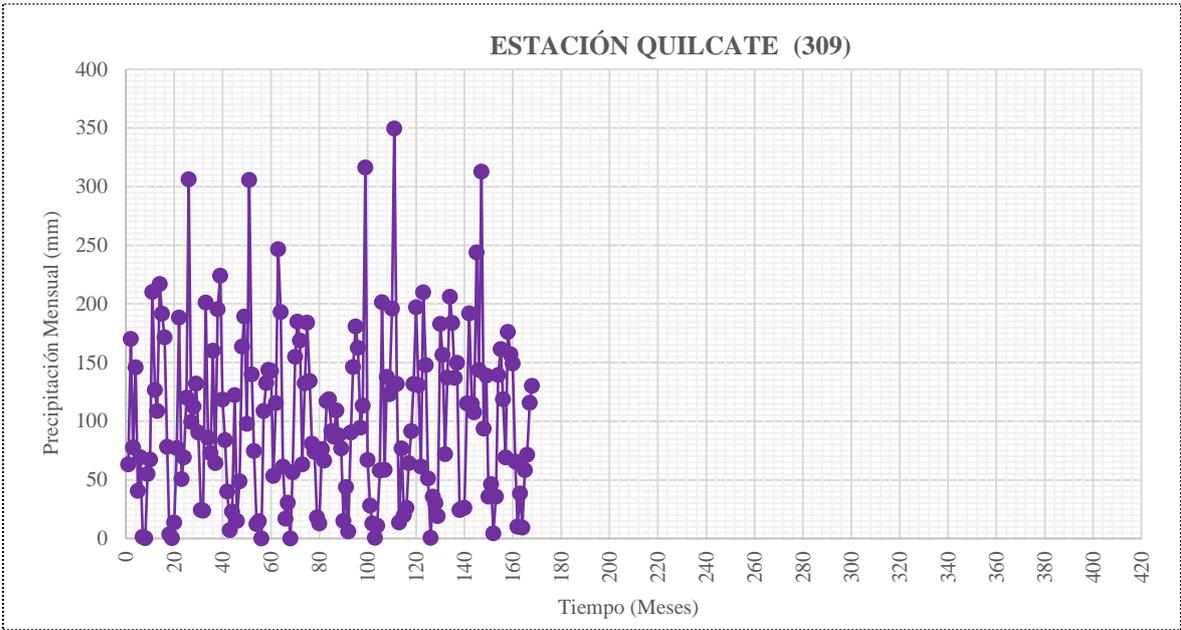
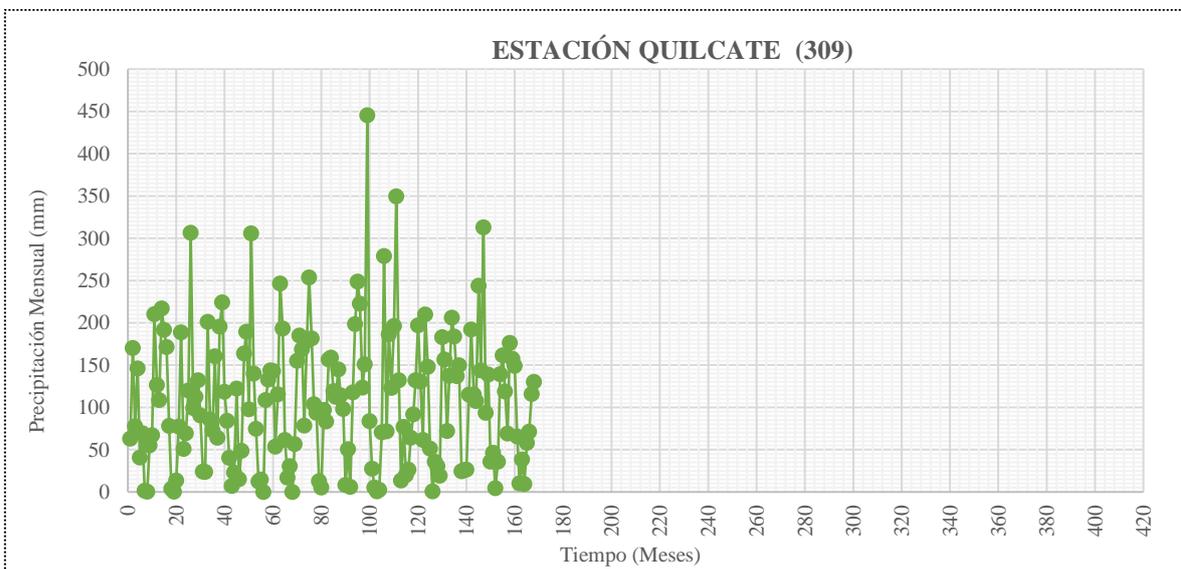
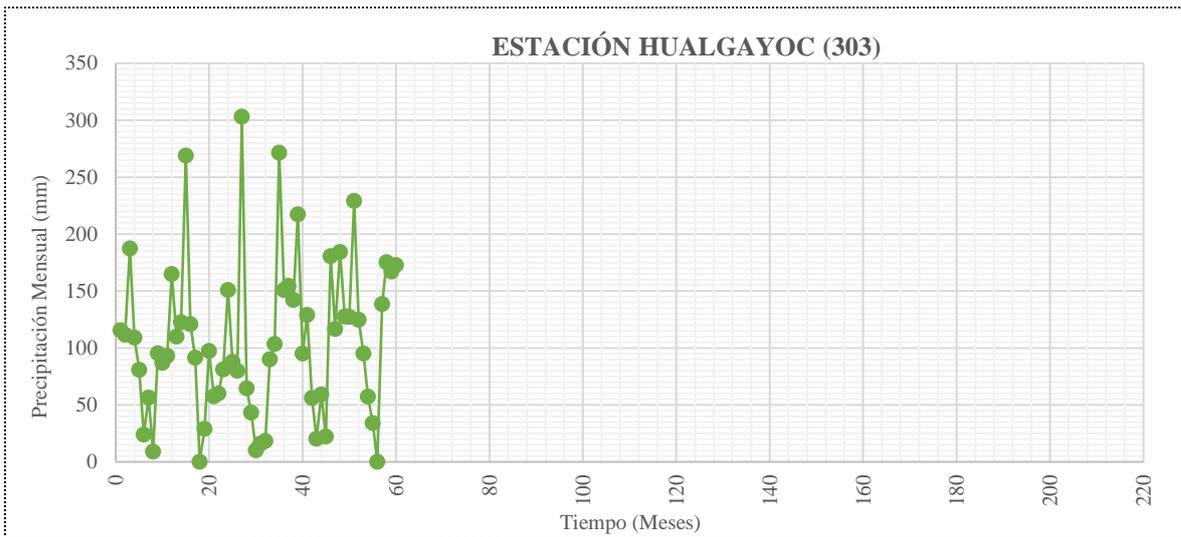
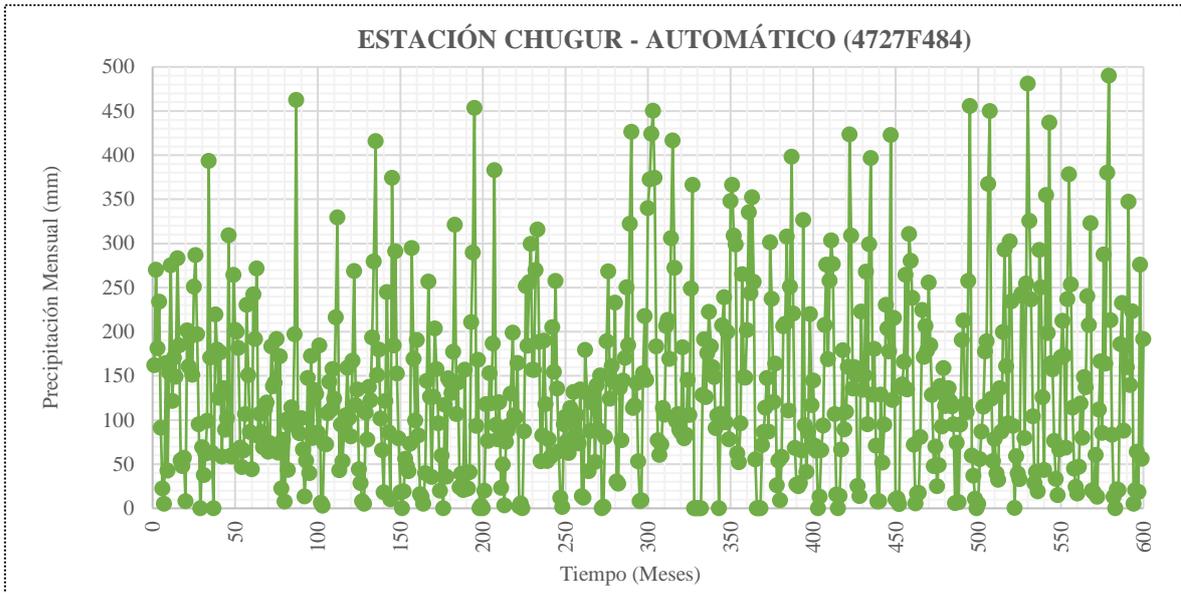
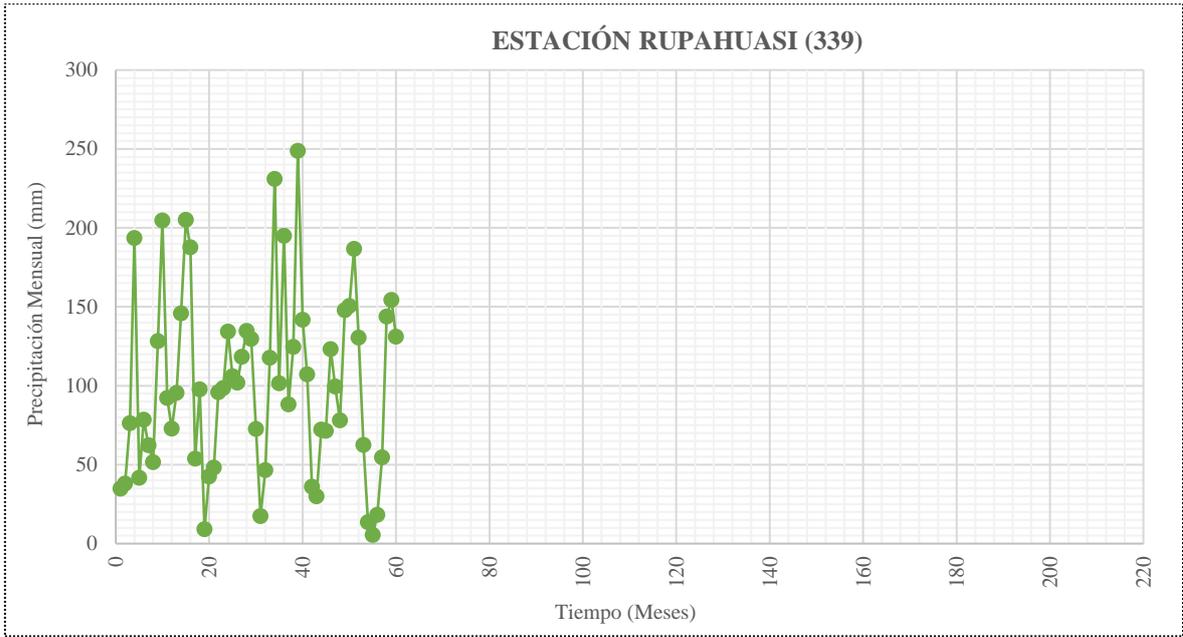


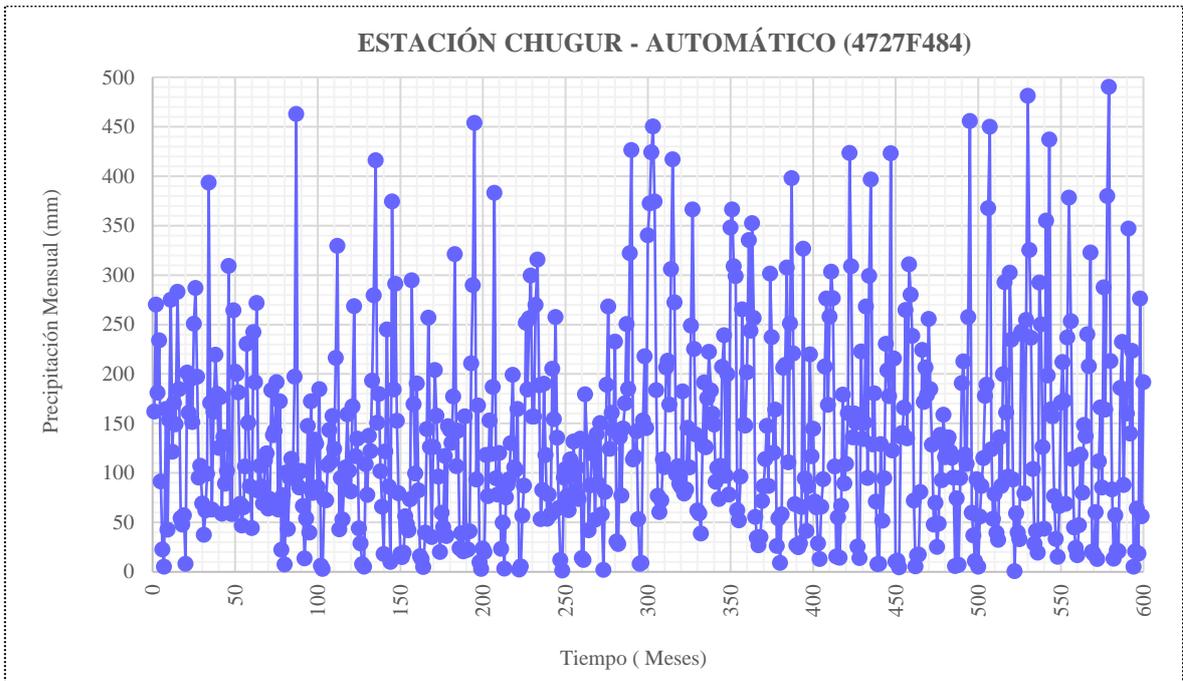
Figura 29: Pluviogramas de las estaciones seleccionadas (corregidas)

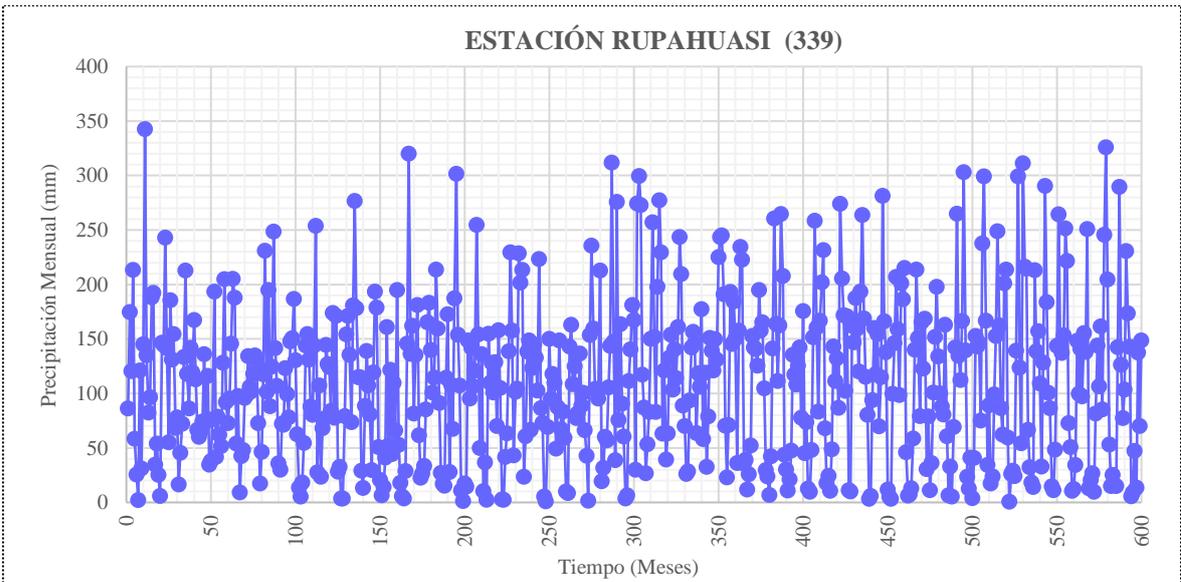
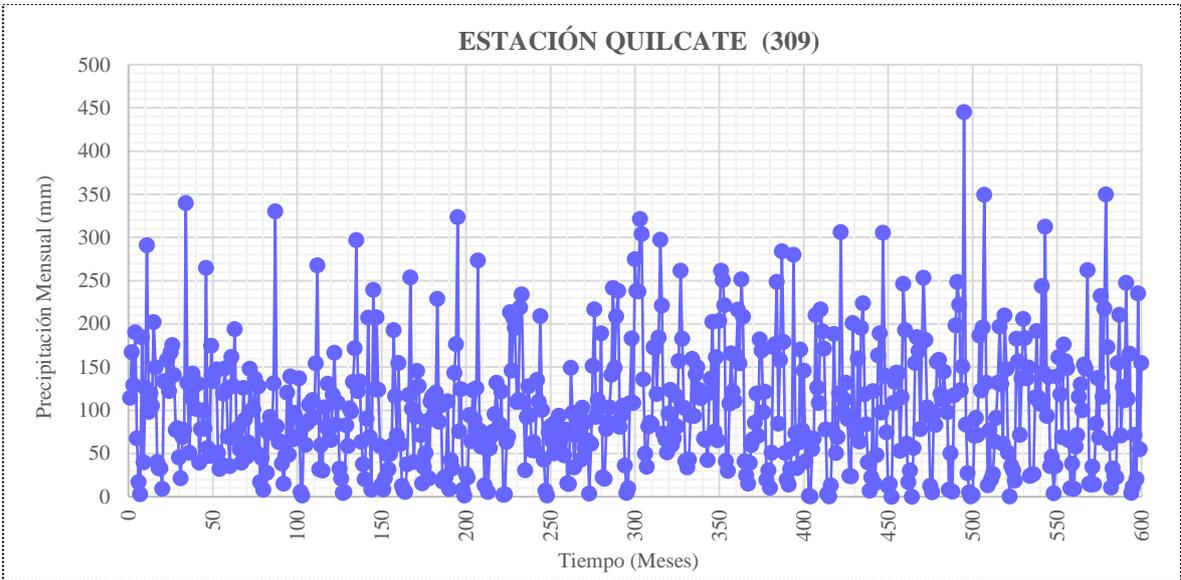
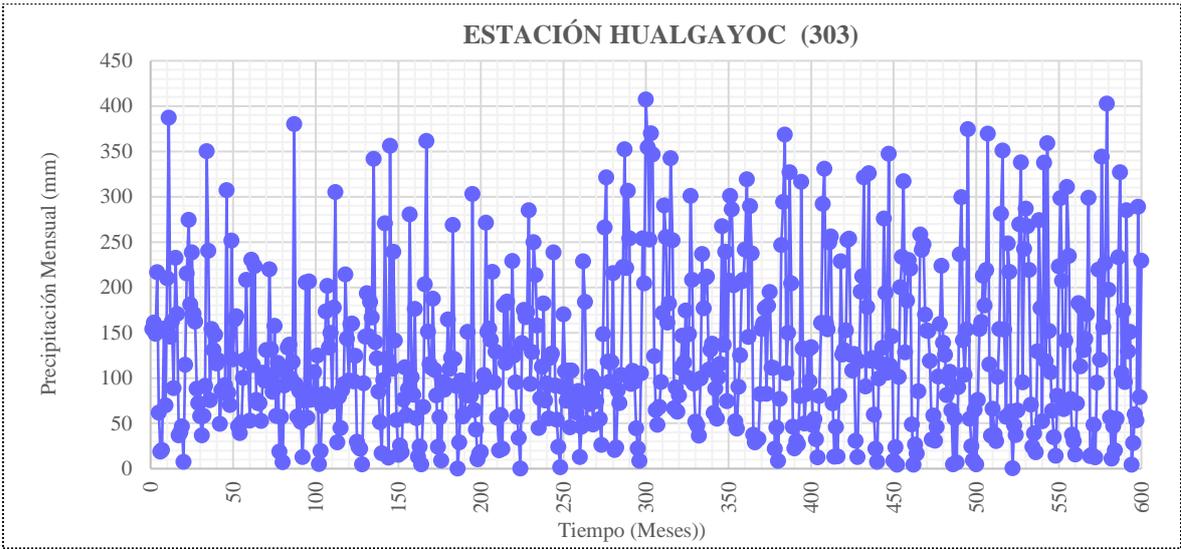




A.4. COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA INFORMACIÓN

Figura 30: Pluviogramas de las estaciones corregidas y/o extendidas.





A.5. REGISTRO CONSISTENTE, COMPLETO Y EXTENDIDO

Tabla 39: Precipitación total mensual (mm) - Estación Chugur.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	161.93	270.10	181.10	234.11	91.33	22.51	5.12	164.51	42.72	153.62	275.12	121.52
1965	170.91	149.00	283.10	184.50	54.30	47.80	57.20	8.20	201.40	160.70	195.10	151.30
1966	250.89	286.95	197.30	95.35	107.11	69.01	37.53	61.90	99.09	393.53	170.94	63.01
1967	161.76	219.56	179.77	125.19	176.55	58.79	136.25	89.13	102.05	309.35	59.41	58.53
1968	264.45	202.29	200.17	181.51	68.85	46.84	65.38	106.65	230.40	150.92	86.65	44.12
1969	242.31	191.70	271.81	81.91	107.06	86.14	69.11	112.62	119.83	64.00	73.71	183.62
1970	138.20	142.30	191.61	63.10	172.40	22.40	77.60	7.52	100.32	43.42	95.00	114.30
1971	104.61	197.31	462.80	100.21	85.11	102.10	66.70	13.50	53.82	147.51	39.90	172.50
1972	79.80	133.80	129.43	85.71	184.61	6.20	3.02	73.60	72.31	107.90	143.30	111.50
1973	157.61	124.20	216.30	329.60	43.10	94.80	53.10	92.50	105.50	159.12	102.00	81.40
1974	167.30	268.70	117.00	134.50	44.10	28.80	7.90	5.10	108.70	78.00	137.50	122.20
1975	193.50	279.60	416.00	150.80	179.80	101.61	65.90	18.10	121.60	244.90	86.10	10.20
1976	374.41	184.42	291.11	152.60	79.40	18.20	14.81	19.30	56.30	48.01	42.00	73.30
1977	294.80	169.51	99.40	190.60	82.50	15.90	13.00	5.00	39.70	144.41	256.91	126.20
1978	35.38	126.31	203.87	157.72	96.29	20.11	59.85	45.31	117.11	36.07	147.13	143.66
1979	130.47	177.15	321.18	106.87	142.62	23.93	39.02	20.63	157.19	22.02	22.54	40.93
1980	210.81	289.77	453.73	93.34	168.13	9.63	2.93	23.56	19.94	118.15	76.50	153.03
1981	119.00	186.80	383.10	94.60	78.20	120.10	23.40	49.80	3.40	75.20	88.10	93.60
1982	130.10	199.10	105.50	103.30	164.50	2.40	5.40	56.76	87.10	251.80	184.30	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	205.20	154.40	257.70	135.60	64.50	12.10	1.50	95.20	104.00	76.40	62.50
1985	113.70	76.40	131.60	81.20	105.20	73.50	134.70	13.80	12.00	179.50	130.80	42.10
1986	87.50	119.80	123.70	52.70	139.20	88.90	150.60	58.27	2.00	80.90	189.20	268.40
1987	124.20	160.90	143.50	232.90	30.60	28.00	136.40	77.20	144.90	170.50	250.50	184.90
1988	322.20	426.30	113.70	116.50	142.00	53.30	8.20	9.00	153.10	217.80	145.40	340.10
1989	372.50	424.20	450.30	374.50	183.60	77.00	60.40	72.50	113.80	105.90	206.50	213.30
1990	169.29	305.99	416.86	272.42	98.84	106.94	89.13	86.16	182.24	79.14	83.19	145.54
1991	105.59	248.91	366.32	225.21	138.93	62.06	59.03	38.75	128.53	191.42	125.83	175.76
1992	222.46	183.32	159.84	148.77	91.02	105.32	73.76	107.21	207.34	239.19	97.22	199.79
1993	78.10	348.10	366.30	309.00	298.90	62.20	52.00	96.30	265.20	148.90	148.00	201.90
1994	335.50	243.70	352.50	256.50	55.60	34.57	26.74	35.14	71.60	86.70	114.10	147.60
1995	86.80	301.50	237.30	120.60	164.00	26.30	53.80	9.20	58.20	206.40	209.20	307.70
1996	110.70	251.10	398.10	220.80	68.60	26.80	24.90	28.80	65.50	326.50	94.30	41.50
1997	86.50	219.90	117.00	144.70	71.00	65.10	28.86	13.10	66.00	93.60	207.60	276.20
1998	168.90	258.00	303.50	276.70	106.60	15.70	55.26	14.30	66.80	179.20	89.50	109.20
1999	160.30	423.60	309.00	135.80	160.10	150.90	25.50	13.80	222.70	134.20	150.70	268.20
2000	95.10	299.20	396.70	128.90	180.50	71.00	7.80	8.00	129.00	51.80	94.70	230.40
2001	203.60	177.70	423.00	122.70	215.70	10.40	11.20	4.70	137.00	140.50	166.10	264.60
2002	134.80	310.80	280.20	238.50	72.10	5.40	16.80	17.60	80.70	224.50	171.60	206.60
2003	178.70	255.80	184.80	128.40	47.70	69.80	25.20	48.90	138.60	92.70	159.00	115.90
2004	132.00	136.00	121.40	115.40	95.20	5.80	74.30	7.10	95.00	190.70	212.80	118.40
2005	109.10	257.50	455.90	59.70	36.90	11.10	93.53	5.20	55.90	303.30	115.00	177.80
2006	189.30	367.50	450.00	124.10	53.60	78.70	39.40	32.30	136.00	86.80	199.80	292.90
2007	161.20	96.20	302.30	234.60	93.40	0.60	59.10	39.60	33.00	242.60	240.30	79.50
2008	254.70	481.10	325.40	236.70	104.10	28.60	41.40	19.40	292.50	250.30	126.10	43.50
2009	354.90	198.50	436.90	164.30	157.30	76.40	33.20	15.10	66.50	171.20	212.20	173.00
2010	68.90	237.00	378.20	253.50	113.90	44.90	24.30	16.70	47.10	118.60	80.10	148.60
2011	137.30	240.30	207.80	322.90	20.50	18.20	60.40	13.10	111.80	166.30	85.40	287.50
2012	164.00	380.00	490.20	213.20	83.30	13.20	57.33	21.60	20.60	185.90	232.50	88.00
2013	183.10	160.10	347.10	139.70	223.30	5.10	20.60	64.00	18.50	276.20	56.20	191.60
2014	129.40	370.70	315.10	110.10	132.70	6.70	32.90	42.40	110.40	72.10	90.20	115.30
2015	138.20	18.20	310.90	101.50	136.10	20.40	4.10	34.20	56.80	65.10	85.30	39.20
2016	215.80	112.50	62.70	175.70	37.50	30.50	4.10	17.90	22.80	31.50	24.80	134.40
PROM	172.46	231.16	273.46	170.40	117.65	49.50	46.29	40.36	102.56	151.71	132.19	148.89
D.EST	82.58	97.35	121.95	77.93	63.03	41.04	36.50	36.38	66.63	83.42	64.41	81.49
MÍN	35.38	18.20	62.70	52.70	20.50	0.60	2.93	1.50	2.00	22.02	22.54	10.20
MÁX	374.41	481.10	490.20	374.50	315.80	188.50	150.60	164.51	292.50	393.53	275.12	340.10

Información
Completada

Información
Corregida

Información
Extendida

Tabla 40: Precipitación total mensual (mm) - Estación Hualgayoc.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	154.10	161.02	148.82	216.70	61.79	18.87	20.67	154.56	69.77	210.26	387.13	145.59
1965	162.64	88.83	232.63	170.78	36.74	40.08	46.79	7.70	114.69	215.47	274.53	181.27
1966	238.76	171.06	162.13	88.26	72.47	57.86	36.92	58.16	91.37	350.39	240.53	75.49
1967	153.94	130.89	147.72	115.88	119.45	49.29	86.44	83.74	92.24	307.47	83.60	70.12
1968	251.66	120.59	164.49	168.01	46.58	39.27	50.89	100.20	119.74	208.25	121.92	52.86
1969	230.59	114.28	223.35	75.82	72.44	72.22	52.77	105.81	97.11	130.71	103.72	219.99
1970	131.52	84.83	157.45	58.41	116.64	18.78	57.02	7.06	91.73	105.89	133.68	136.94
1971	99.55	117.63	380.30	92.76	57.58	85.60	51.56	12.68	75.14	205.68	56.14	206.67
1972	75.94	79.76	106.36	79.34	124.90	5.20	19.61	69.15	82.59	173.57	201.64	133.58
1973	149.99	74.04	177.74	305.10	29.16	79.48	44.73	86.90	93.23	214.32	143.53	97.52
1974	159.21	160.18	96.14	124.50	29.84	24.15	22.06	4.79	94.12	145.53	193.48	146.40
1975	184.14	166.68	341.84	139.59	121.65	85.19	51.15	17.00	97.57	270.84	121.15	12.22
1976	356.30	109.94	239.22	141.25	53.72	15.26	25.53	18.13	76.23	111.82	59.10	87.82
1977	280.54	101.05	81.68	176.43	55.82	13.33	24.62	4.70	68.15	203.32	361.51	151.20
1978	115.50	111.60	187.40	109.10	80.70	24.00	56.50	9.10	95.50	87.10	93.30	164.80
1979	110.00	122.50	269.00	121.00	91.40	0.00	28.90	97.50	57.60	60.00	81.20	151.00
1980	87.80	80.00	303.00	64.50	43.20	10.30	16.20	18.30	90.00	103.50	271.40	150.90
1981	154.60	142.10	217.30	95.20	129.10	56.10	20.40	59.30	22.10	180.60	116.60	184.30
1982	127.60	127.50	229.10	124.70	95.20	57.30	34.00	0.00	138.70	175.30	167.20	172.70
1983	285.21	93.54	128.85	249.83	213.67	158.05	44.78	77.60	112.57	182.29	75.28	93.81
1984	55.39	122.33	126.88	238.54	91.75	54.08	24.17	1.41	90.21	170.13	107.50	74.88
1985	108.20	45.55	108.14	75.16	71.18	61.63	85.66	12.97	46.45	228.81	184.05	50.44
1986	83.27	71.42	101.65	48.78	94.18	74.54	93.64	54.74	26.16	148.44	266.23	321.56
1987	118.19	95.92	117.92	215.58	20.70	23.48	86.52	72.53	103.21	222.51	352.49	221.52
1988	306.62	254.14	93.43	107.84	96.08	44.69	22.21	8.46	105.04	254.14	204.60	407.46
1989	354.48	252.88	370.03	346.66	124.22	64.56	48.40	68.11	95.52	171.81	290.57	255.55
1990	161.10	182.42	342.55	252.16	66.88	89.66	62.80	80.94	111.08	146.68	117.06	174.36
1991	100.48	148.39	301.02	208.47	94.00	52.03	47.71	36.41	99.32	236.93	177.06	210.58
1992	211.70	109.29	131.35	137.71	61.58	88.30	55.10	100.72	115.77	267.40	136.81	239.36
1993	74.32	207.52	301.00	286.03	202.23	52.15	44.18	90.47	125.27	206.73	208.26	241.89
1994	319.27	145.28	289.66	237.43	37.62	28.98	31.51	33.01	82.33	154.13	160.55	176.84
1995	82.60	179.74	195.00	111.63	110.96	22.05	45.09	8.64	77.04	246.83	294.37	368.65
1996	105.35	149.69	327.13	204.38	46.41	22.47	30.59	27.06	80.02	316.61	132.69	49.72
1997	82.32	131.09	96.14	133.94	48.04	54.58	32.58	12.31	80.21	160.67	292.12	330.91
1998	160.73	153.81	249.40	256.13	72.12	13.16	45.82	13.43	80.52	228.60	125.94	130.83
1999	152.55	252.53	253.92	125.70	108.32	126.52	30.89	12.97	118.45	195.39	212.05	321.32
2000	90.50	178.37	325.98	119.32	122.12	59.53	22.01	7.52	99.43	116.53	133.26	276.04
2001	193.75	105.93	347.60	113.58	145.94	8.72	23.72	4.42	101.37	200.31	233.72	317.01
2002	128.28	185.28	230.25	220.77	48.78	4.53	26.53	16.54	85.55	258.35	241.46	247.52
2003	170.06	152.49	151.86	118.85	32.27	58.52	30.74	45.94	101.75	159.83	223.73	138.86
2004	125.62	81.08	99.76	106.82	64.41	4.86	55.37	6.67	90.14	236.45	299.44	141.85
2005	103.82	153.51	374.63	55.26	24.97	9.31	65.01	4.89	76.05	304.19	161.82	213.02
2006	180.14	219.08	369.78	114.87	36.27	65.99	37.86	30.35	101.13	154.23	281.14	350.92
2007	153.40	57.35	248.41	217.16	63.19	0.50	47.74	37.20	64.23	269.46	338.13	95.25
2008	242.38	286.81	267.39	219.10	70.43	23.98	38.87	18.23	129.26	274.07	177.44	52.12
2009	337.74	118.33	359.02	152.08	106.43	64.06	34.75	14.19	80.41	223.00	298.59	207.27
2010	65.57	141.29	310.78	234.65	77.06	37.65	30.29	15.69	71.99	182.71	112.71	178.03
2011	130.66	143.25	170.76	298.89	13.87	15.26	48.40	12.31	94.97	219.51	120.17	344.45
2012	156.07	226.53	402.82	197.35	56.36	11.07	46.85	20.29	55.23	233.20	327.16	105.43
2013	174.24	95.44	285.23	129.31	151.08	4.28	28.43	60.13	53.36	289.12	79.08	229.55
2014	123.14	220.99	258.93	101.91	89.78	5.62	34.60	39.83	94.59	139.45	126.92	138.14
2015	131.52	10.85	255.48	93.95	92.08	17.10	20.16	32.13	76.44	131.93	120.03	46.96
2016	205.36	67.07	51.52	162.64	25.37	25.57	20.16	16.82	57.06	88.95	34.90	161.02
PROM	164.12	137.80	224.72	157.73	79.60	41.51	41.32	37.92	87.73	197.72	186.01	178.39
D. EST	77.15	57.56	95.86	72.13	42.82	33.34	18.53	35.75	23.47	63.97	89.83	94.01
MÍN	55.39	10.85	51.52	48.78	13.87	0.00	16.20	0.00	22.10	60.00	34.90	12.22
MÁX	356.30	286.81	402.82	346.66	213.67	158.05	93.64	154.56	138.70	350.39	387.13	407.46

Información Completada

Información Corregida

Información Extendida

Tabla 41: Precipitación total mensual (mm) - Estación Quilcate.

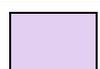
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	114.70	167.45	129.30	190.24	67.79	17.09	2.95	184.35	40.17	126.19	291.44	98.23
1965	119.98	105.57	202.13	149.93	40.30	32.99	32.93	9.19	133.95	132.50	158.65	122.30
1966	167.00	175.50	140.87	77.48	79.50	45.47	21.61	69.37	77.22	340.02	132.04	50.93
1967	114.60	142.60	128.35	101.73	131.04	39.53	78.44	99.88	79.00	264.98	56.57	47.31
1968	174.97	133.82	142.92	147.50	51.10	32.41	37.64	119.51	148.70	123.78	69.58	35.66
1969	161.96	128.36	194.06	66.56	79.46	55.19	39.79	126.20	89.50	46.31	63.06	148.43
1970	100.75	101.87	136.81	51.28	127.96	17.02	44.67	8.43	77.96	27.97	74.14	92.39
1971	81.00	131.26	330.43	81.43	63.17	64.03	38.40	15.13	48.07	120.74	48.77	139.44
1972	66.42	97.12	92.41	69.65	137.02	5.54	1.74	82.48	60.46	85.44	107.02	90.13
1973	112.16	91.67	154.43	267.84	31.99	60.01	30.57	103.65	81.07	131.09	78.19	65.80
1974	117.86	166.78	83.54	109.30	32.73	21.19	4.55	5.72	82.97	58.79	102.40	98.78
1975	133.26	172.00	297.01	122.54	133.45	63.76	37.94	20.28	90.52	207.54	69.29	8.25
1976	239.62	124.56	207.85	124.01	58.93	14.19	8.52	21.63	49.78	32.06	49.56	59.25
1977	192.82	116.68	70.97	154.89	61.23	12.61	7.48	5.60	37.95	117.98	253.78	102.01
1978	40.30	92.87	145.56	128.16	71.47	15.49	34.45	50.78	87.92	21.42	110.18	116.13
1979	96.21	120.73	229.31	86.85	105.85	18.02	22.47	23.12	110.50	8.89	42.74	33.09
1980	143.44	176.83	323.95	75.85	124.79	8.14	1.69	26.40	22.23	94.57	64.42	123.70
1981	89.46	125.80	273.53	76.87	58.04	73.78	13.47	55.81	5.63	56.29	70.35	75.66
1982	95.99	132.18	75.32	83.94	122.09	2.42	3.11	63.60	69.86	213.69	146.15	207.18
1983	195.70	109.89	111.95	219.33	234.39	109.39	30.63	92.56	128.02	94.53	54.08	63.29
1984	53.72	135.31	110.24	209.41	100.64	42.86	6.97	1.68	74.85	81.96	64.37	50.52
1985	86.35	62.89	93.96	65.99	78.08	48.05	77.55	15.46	14.99	149.25	97.32	34.03
1986	70.94	89.14	88.32	42.83	103.32	56.73	86.70	65.30	3.73	61.37	151.69	216.96
1987	92.52	112.05	102.46	189.26	22.71	20.68	78.53	86.51	103.73	141.23	241.71	149.46
1988	208.92	238.55	81.18	94.67	105.39	36.29	4.72	10.09	108.26	183.39	108.74	274.92
1989	238.50	237.64	321.50	304.33	136.27	50.04	34.77	81.24	85.98	83.65	173.01	172.42
1990	119.03	184.46	297.63	221.37	73.36	66.67	51.31	96.55	123.94	59.80	67.77	117.64
1991	81.58	157.17	261.54	183.02	103.11	41.44	33.98	43.43	94.51	159.88	93.72	142.08
1992	150.29	123.98	114.12	120.90	67.55	65.79	42.47	120.14	137.01	202.46	75.40	161.50
1993	65.42	203.86	261.53	251.10	221.85	41.53	29.94	107.91	165.86	121.98	110.91	163.21
1994	216.74	154.61	251.68	208.44	41.27	24.86	15.39	39.38	60.00	66.54	85.72	119.31
1995	70.53	182.36	169.43	98.00	121.72	19.58	30.97	10.31	51.08	173.23	176.59	248.73
1996	84.58	158.24	284.23	179.43	50.92	19.90	14.34	32.27	55.99	280.27	73.75	33.55
1997	63.10	170.30	77.50	146.00	40.60	69.30	1.30	0.40	55.00	67.20	210.20	126.50
1998	108.80	217.10	191.60	171.50	78.20	3.60	0.40	13.60	77.20	188.50	50.80	69.20
1999	120.00	306.40	99.30	112.50	132.20	90.40	24.20	23.60	201.30	85.70	72.80	160.20
2000	64.20	195.50	224.20	118.60	84.00	40.20	7.20	22.80	122.40	15.10	48.70	163.70
2001	189.30	97.80	305.70	140.10	74.70	12.20	14.80	0.00	108.70	132.70	143.90	143.10
2002	53.40	115.40	246.60	193.10	61.40	17.00	30.60	0.00	56.50	155.00	184.80	168.80
2003	78.38	178.46	253.45	181.36	103.76	93.61	12.81	5.27	97.09	83.16	156.55	158.73
2004	119.28	112.46	144.81	114.35	97.96	8.32	50.38	5.90	117.68	198.62	248.66	222.55
2005	123.48	151.04	445.34	83.74	27.32	5.27	0.60	2.52	70.54	278.97	71.56	186.58
2006	123.10	196.10	349.60	131.90	13.60	76.90	20.00	26.30	64.20	91.50	131.90	197.10
2007	130.70	61.30	209.90	148.00	51.20	0.50	35.80	30.30	19.10	183.00	156.70	71.90
2008	137.30	206.00	183.70	137.10	149.90	24.30	25.60	26.30	115.20	191.90	114.90	107.50
2009	243.90	143.90	312.80	93.70	138.90	35.60	46.30	4.30	35.70	139.30	161.40	118.80
2010	69.10	176.30	157.20	149.10	65.60	10.00	38.50	9.40	58.20	71.30	115.80	130.10
2011	122.60	150.80	180.10	192.00	15.22	14.19	34.77	14.68	84.80	137.49	68.92	232.40
2012	115.92	218.20	349.99	170.10	56.30	39.00	33.00	16.10	10.10	162.90	175.70	99.30
2013	89.00	101.90	239.80	74.80	151.40	42.50	5.30	45.90	10.30	151.30	30.70	113.90
2014	82.80	133.90	222.00	80.40	107.60	2.70	4.40	21.60	57.00	78.60	119.00	128.40
2015	170.50	120.50	286.80	104.10	105.40	6.40	11.90	5.60	21.50	72.60	158.40	35.60
2016	174.10	136.30	60.80	82.80	50.90	23.70	2.36	2.30	41.20	63.40	40.60	114.70
PROM	122.19	147.99	197.16	135.46	87.63	35.06	26.43	40.96	75.95	124.87	113.68	120.97
D.EST	51.67	47.31	91.83	58.26	46.45	26.32	21.63	42.51	42.55	72.15	61.16	60.83
MÍN	40.30	61.30	60.80	42.83	13.60	0.50	0.40	0.00	3.73	8.89	30.70	8.25
MÁX	243.90	306.40	445.34	304.33	234.39	109.39	86.70	184.35	201.30	340.02	291.44	274.92



Información Completada



Información Corregida



Información Extendida

Tabla 42: Precipitación total mensual (mm) - Estación Rupahuasi.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	86.15	174.69	120.44	213.43	58.36	25.48	2.26	121.24	31.12	145.05	342.62	135.21
1965	82.37	96.37	188.28	192.41	34.70	54.10	25.23	6.04	146.70	144.46	242.97	141.51
1966	55.22	185.59	131.22	154.64	68.44	78.11	16.56	45.62	72.18	133.28	212.88	117.98
1967	86.23	142.00	119.56	167.28	112.82	66.54	60.10	65.69	74.34	136.19	73.99	116.19
1968	34.80	38.00	76.30	193.50	41.70	78.60	62.30	51.70	128.20	204.80	92.20	72.90
1969	95.40	145.80	205.10	187.80	53.90	97.70	9.20	42.60	48.20	95.90	98.60	134.40
1970	106.00	102.00	118.30	134.80	129.60	72.70	17.40	46.50	117.70	230.90	101.50	195.00
1971	88.22	124.61	248.69	141.74	107.14	35.95	29.92	72.33	71.37	123.17	99.46	78.08
1972	147.90	150.60	186.80	130.50	62.60	13.50	5.50	18.20	54.60	143.90	154.40	131.00
1973	88.04	80.33	143.85	253.89	27.54	107.30	23.42	68.17	76.85	144.59	127.03	124.42
1974	83.87	173.79	77.81	171.23	28.18	32.60	3.48	3.76	79.18	154.17	171.24	135.37
1975	73.57	180.84	276.66	178.13	114.90	115.01	29.07	13.34	88.58	139.09	107.22	80.84
1976	29.78	119.28	193.61	178.90	50.74	20.60	6.53	14.22	41.01	161.06	52.30	121.74
1977	44.34	109.63	66.11	195.00	52.72	18.00	5.73	3.68	28.92	145.86	319.94	136.28
1978	162.21	81.69	135.59	181.06	61.53	22.76	26.40	33.39	85.31	165.25	183.23	139.99
1979	100.83	114.58	213.60	159.52	91.14	27.08	17.21	15.20	114.50	172.76	28.07	107.87
1980	67.47	187.41	301.75	153.79	107.44	10.89	1.29	17.36	14.52	148.52	95.28	141.84
1981	106.78	120.82	254.78	154.32	49.97	135.94	10.32	36.70	2.48	154.68	109.72	128.08
1982	101.02	128.77	70.16	158.01	105.12	2.72	2.38	41.83	63.45	138.74	229.52	157.87
1983	43.26	101.48	104.28	228.60	201.80	213.35	23.47	60.87	138.40	148.52	66.63	123.42
1984	144.72	132.72	102.69	223.43	86.65	73.00	5.34	1.11	69.35	150.23	95.15	117.78
1985	109.65	49.41	87.52	148.64	67.22	83.19	59.42	10.17	8.74	143.03	162.89	108.50
1986	125.00	77.48	82.27	136.57	88.95	100.62	66.43	42.94	1.46	153.67	235.62	159.39
1987	104.04	104.07	95.44	212.92	19.55	31.69	60.17	56.89	105.55	143.69	311.96	147.52
1988	38.66	275.72	75.62	163.60	90.74	60.33	3.62	6.63	111.52	140.56	181.07	167.42
1989	30.06	274.36	299.48	272.92	117.32	87.15	26.64	53.43	82.89	149.99	257.17	151.97
1990	83.04	197.91	277.23	229.66	63.16	121.04	39.32	63.49	132.75	153.97	103.60	140.37
1991	114.19	160.99	243.62	209.66	88.78	70.24	26.04	28.56	93.63	142.21	156.71	145.98
1992	63.66	118.57	106.30	177.28	58.16	119.21	32.54	79.01	151.03	139.38	121.08	149.92
1993	131.01	225.14	243.61	245.16	191.00	70.40	22.94	70.97	193.18	145.46	184.31	150.24
1994	36.17	157.62	234.43	222.92	35.53	39.13	11.79	25.90	52.16	152.71	142.09	140.78
1995	125.44	195.00	157.82	165.34	104.80	29.77	23.73	6.78	42.39	141.24	260.53	163.98
1996	111.31	162.40	264.76	207.79	43.84	30.33	10.98	21.22	47.71	135.53	117.44	108.18
1997	125.62	142.22	77.81	175.55	45.37	73.68	12.73	9.65	48.08	151.66	258.54	160.34
1998	83.20	166.87	201.85	231.48	68.12	17.77	24.38	10.54	48.66	143.05	111.46	132.25
1999	86.86	273.97	205.50	171.78	102.31	170.80	11.25	10.17	162.22	146.82	187.67	159.37
2000	120.34	193.51	263.83	168.85	115.34	80.36	3.44	5.90	93.97	159.96	117.93	154.42
2001	69.95	114.93	281.32	166.23	137.84	11.77	4.94	3.46	99.79	146.22	206.85	158.92
2002	98.67	201.02	186.35	215.29	46.07	6.11	7.41	12.97	58.78	140.18	213.70	150.96
2003	79.23	165.44	122.90	168.64	30.48	79.00	11.12	36.04	100.96	151.80	198.01	133.89
2004	100.06	87.96	80.74	163.13	60.83	6.56	32.78	5.23	69.20	142.25	265.01	134.49
2005	112.20	166.54	303.20	139.53	23.58	12.56	41.26	3.83	40.72	136.44	143.22	146.33
2006	75.14	237.69	299.28	166.82	34.25	89.08	17.38	23.80	99.07	152.70	248.82	162.31
2007	86.47	62.22	201.05	213.64	59.68	0.68	26.07	29.18	24.04	139.21	299.26	123.81
2008	54.18	311.16	216.41	214.53	66.52	32.37	18.26	14.30	213.06	138.81	157.04	109.24
2009	32.83	128.38	290.56	183.85	100.52	86.47	14.65	11.13	48.44	143.64	264.26	145.50
2010	137.18	153.28	251.53	221.65	72.78	50.82	10.72	12.31	34.31	148.47	99.75	140.98
2011	97.45	155.42	138.20	251.05	13.10	20.60	26.64	9.65	81.44	144.02	106.35	161.68
2012	85.27	245.77	326.01	204.57	53.23	14.94	25.29	15.92	15.01	142.58	289.54	126.45
2013	77.50	103.55	230.84	173.43	142.69	5.77	9.09	47.17	13.48	137.59	69.99	148.62
2014	101.37	239.76	209.56	160.89	84.80	7.58	14.51	31.25	80.42	155.27	112.33	133.75
2015	97.01	11.77	206.77	157.25	86.97	23.09	1.81	25.20	41.37	156.70	106.23	106.91
2016	65.81	72.76	41.70	188.68	23.96	34.52	1.81	13.19	16.61	167.28	30.88	138.07
PROM	88.43	149.51	181.87	186.44	75.18	56.03	20.42	29.74	74.71	148.44	164.63	135.86
D.EST	31.74	63.96	79.89	33.65	40.57	45.64	16.91	25.36	47.59	18.06	79.47	72.96
MÍN	29.78	11.77	41.70	130.50	13.10	0.68	1.29	1.11	1.46	95.90	28.07	22.90
MÁX	162.21	311.16	326.01	272.92	201.80	213.35	66.43	121.24	213.06	230.90	342.62	195.00

Información
Completada

Información
Corregida

Información
Extendida

A.6. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA MICROCUENCA

Tabla 43: Planilla de precipitaciones mensuales en la microcuenca “El Tuyo” (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	114.58	167.81	129.95	195.83	65.96	18.38	4.52	173.11	41.74	136.60	307.27	107.62	1463.39
1965	118.96	102.77	203.14	157.57	39.22	36.48	33.20	8.63	133.85	141.89	180.81	130.41	1286.91
1966	158.79	176.43	141.57	88.82	77.36	51.00	22.37	65.14	77.87	313.33	153.04	62.21	1387.92
1967	114.50	141.42	128.99	111.83	127.51	44.06	76.74	93.79	79.62	251.75	61.44	58.67	1290.32
1968	163.42	119.76	136.03	155.58	49.42	39.24	42.18	108.63	143.24	142.55	77.52	42.26	1219.82
1969	159.50	129.37	198.29	83.65	75.38	62.47	36.92	113.10	84.69	60.87	71.64	153.27	1229.15
1970	104.34	100.29	136.27	63.12	127.12	24.63	42.19	13.39	84.57	62.43	83.39	110.30	952.03
1971	83.71	129.09	324.18	90.56	68.53	62.30	38.50	22.55	53.73	129.04	56.25	137.54	1195.97
1972	78.21	102.64	106.35	78.70	125.93	6.57	3.92	72.63	61.75	101.53	122.24	99.68	960.15
1973	112.49	88.50	155.21	269.47	31.13	68.16	30.94	97.34	81.65	140.71	90.86	76.62	1243.06
1974	117.19	167.10	83.95	119.01	31.85	23.00	6.05	5.37	83.51	79.69	120.16	108.15	945.03
1975	130.05	172.68	298.50	131.58	129.86	72.63	37.99	19.05	90.92	204.33	79.23	18.33	1385.16
1976	222.50	122.48	208.89	132.97	57.35	15.15	9.85	20.31	51.09	56.80	50.82	70.29	1018.50
1977	181.19	114.27	71.32	162.27	59.59	13.40	8.86	5.26	39.58	129.72	272.74	111.22	1169.42
1978	63.67	93.14	148.15	133.45	71.00	17.26	35.45	44.54	88.28	46.82	118.37	123.89	984.02
1979	98.12	120.08	230.94	99.78	102.53	17.54	22.37	29.04	106.07	35.61	44.39	54.16	960.62
1980	128.05	169.16	319.01	85.21	114.81	8.71	3.00	24.43	27.56	102.63	87.98	128.68	1199.22
1981	97.90	126.67	265.74	88.96	63.63	80.44	13.70	53.58	6.75	81.12	79.96	92.87	1051.31
1982	99.63	131.28	89.07	97.68	117.30	7.61	5.91	54.72	75.46	200.06	159.28	197.35	1235.36
1983	183.71	107.23	112.51	223.43	228.09	127.87	31.00	86.92	127.96	109.99	57.75	74.20	1470.65
1984	66.05	133.74	110.79	214.02	97.94	47.95	8.36	1.58	75.56	99.37	72.53	61.81	989.70
1985	91.52	59.46	94.43	77.90	75.98	54.02	75.88	14.52	17.10	155.89	114.24	45.53	876.48
1986	79.33	85.92	88.76	55.92	100.54	64.27	84.64	61.31	5.53	81.89	173.67	219.08	1100.88
1987	96.47	109.47	102.97	194.90	22.10	22.41	76.82	81.24	103.92	149.19	261.51	155.97	1376.97
1988	195.32	244.99	81.59	105.13	102.56	40.29	6.22	9.47	108.39	184.30	127.42	272.98	1478.65
1989	221.50	243.98	323.11	304.10	132.60	56.37	34.96	76.29	86.46	100.80	195.30	177.49	1952.98
1990	118.16	186.07	299.12	225.37	71.39	76.10	50.78	90.66	123.91	80.56	77.19	126.01	1525.32
1991	87.72	156.85	262.85	188.97	100.34	46.29	34.21	40.78	94.84	164.75	109.97	149.03	1436.60
1992	144.46	121.88	114.69	130.02	65.74	75.05	42.32	112.81	136.89	200.12	87.28	167.26	1398.51
1993	75.03	207.05	262.84	253.59	215.88	46.39	30.34	101.33	165.70	133.08	129.87	168.86	1789.95
1994	202.21	154.14	252.94	213.10	40.16	27.15	16.42	36.98	61.04	86.29	100.29	127.59	1318.31
1995	79.01	183.80	170.27	108.29	118.45	21.17	31.33	9.68	52.35	175.86	198.88	248.65	1397.76
1996	90.11	158.00	285.66	185.57	49.55	21.54	15.41	30.31	57.14	264.32	85.12	45.05	1287.76
1997	73.27	162.86	79.29	148.82	41.94	68.50	5.77	2.76	56.44	87.27	224.36	150.22	1101.50
1998	110.25	204.44	198.40	187.47	76.28	6.39	7.87	13.17	73.69	186.19	65.97	83.42	1213.54
1999	118.62	297.00	128.02	121.67	125.96	104.55	23.10	20.81	188.29	104.17	101.24	175.22	1508.65
2000	74.18	193.63	239.06	125.39	91.77	47.39	8.09	19.10	116.44	44.00	65.90	173.01	1197.95
2001	173.75	100.86	306.37	141.11	89.83	11.82	14.32	0.88	106.82	140.86	160.75	161.54	1408.91
2002	66.49	133.41	237.01	198.67	58.17	14.37	27.12	3.29	59.53	162.72	193.99	173.80	1328.56
2003	87.10	174.28	226.45	173.79	87.24	88.36	14.27	13.21	98.04	99.54	168.41	153.54	1384.22
2004	117.30	106.24	132.01	120.17	89.84	7.76	48.49	5.88	108.61	194.63	255.61	203.19	1389.74
2005	120.13	153.35	419.69	88.53	26.60	6.63	12.09	2.91	67.07	262.27	89.62	183.68	1432.56
2006	122.04	203.82	344.76	134.97	18.49	77.50	21.33	26.35	72.33	105.58	161.55	206.89	1495.61
2007	126.91	61.05	212.33	163.27	53.46	0.52	35.62	30.80	24.00	185.26	192.80	81.04	1167.07
2008	136.05	227.65	195.93	155.16	131.29	25.35	25.86	23.94	129.61	192.51	126.41	102.53	1472.29
2009	224.47	139.42	314.16	111.24	130.72	45.08	40.98	6.14	41.60	147.74	188.04	130.68	1520.28
2010	77.88	169.93	184.24	166.84	67.64	18.06	34.01	10.38	56.30	92.08	113.36	136.06	1126.77
2011	119.99	150.71	173.62	209.94	14.81	15.15	34.96	13.78	85.31	146.06	78.74	233.46	1276.53
2012	115.59	222.67	351.74	177.27	55.89	33.16	33.27	16.47	14.99	166.78	205.15	103.51	1496.50
2013	95.47	101.51	242.87	93.11	150.21	34.00	7.98	47.41	14.77	162.41	40.50	129.40	1119.62
2014	89.07	156.24	223.80	93.19	102.88	3.63	8.59	24.60	63.66	94.57	118.85	130.03	1109.11
2015	157.01	95.66	273.15	110.26	101.68	9.64	11.33	10.71	29.32	89.42	147.82	46.21	1082.20
2016	162.55	121.30	57.37	104.46	44.90	25.32	3.96	5.12	39.40	79.70	38.76	122.18	805.02
PROM	121.61	147.24	197.70	144.37	85.21	38.47	27.03	39.17	76.89	134.86	127.29	128.35	1268.20
D.EST	42.78	48.55	88.71	55.39	44.13	28.62	20.13	38.78	40.39	60.20	64.53	56.78	224.16
MÍN	63.67	59.46	57.37	55.92	14.81	0.52	3.00	0.88	5.53	35.61	38.76	18.33	805.02
MÁX	224.47	297.00	419.69	304.10	228.09	127.87	84.64	173.11	188.29	313.33	307.27	272.98	1952.98

Tabla 44: Planilla de precipitación media areal generadas en la microcuenca (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	122.96	201.91	152.17	248.44	69.58	37.25	7.26	296.28	50.96	161.00	354.40	119.30	1821.50
1965	127.66	123.65	237.88	199.90	41.37	73.94	53.33	14.77	163.42	167.22	208.54	144.55	1556.22
1966	170.40	212.27	165.78	112.68	81.60	103.37	35.93	111.48	95.08	369.28	176.50	68.95	1703.33
1967	122.88	170.15	151.05	141.87	134.49	89.30	123.26	160.53	97.21	296.70	70.86	65.03	1623.33
1968	175.37	144.09	159.30	197.37	52.13	79.52	67.76	185.92	174.88	168.00	89.41	46.84	1540.59
1969	171.17	155.65	232.20	106.12	79.51	126.62	59.29	193.58	103.40	71.74	82.62	169.90	1551.80
1970	111.97	120.66	159.57	80.08	134.08	49.92	67.76	22.92	103.25	73.58	96.18	122.27	1142.23
1971	89.83	155.31	379.62	114.89	72.28	126.25	61.84	38.59	65.60	152.08	64.87	152.46	1473.64
1972	83.93	123.50	124.53	99.84	132.82	13.32	6.30	124.30	75.40	119.66	140.99	110.49	1155.08
1973	120.71	106.48	181.75	341.87	32.83	138.14	49.70	166.59	99.69	165.83	104.79	84.93	1593.32
1974	125.77	201.04	98.31	150.98	33.60	46.61	9.72	9.18	101.96	93.92	138.59	119.88	1129.56
1975	139.57	207.77	349.55	166.93	136.97	147.19	61.03	32.60	111.01	240.82	91.38	20.32	1705.13
1976	238.78	147.36	244.61	168.69	60.49	30.70	15.83	34.76	62.38	66.94	58.61	77.92	1207.07
1977	194.44	137.48	83.52	205.87	62.85	27.16	14.23	9.00	48.32	152.88	314.57	123.28	1373.61
1978	68.33	112.06	173.49	169.30	74.89	34.98	56.93	76.23	107.78	55.19	136.52	137.33	1203.03
1979	105.30	144.47	270.43	126.58	108.14	35.56	35.93	49.71	129.50	41.97	51.20	60.04	1158.82
1980	137.42	203.52	373.57	108.10	121.09	17.65	4.81	41.82	33.65	120.95	101.47	142.64	1406.70
1981	105.06	152.40	311.19	112.85	67.12	163.02	22.01	91.70	8.24	95.61	92.22	102.95	1324.36
1982	106.92	157.96	104.30	123.92	123.72	15.42	9.50	93.65	92.14	235.79	183.70	218.75	1465.77
1983	197.15	129.01	131.75	283.46	240.58	259.15	49.79	148.76	156.23	129.63	66.61	82.25	1874.36
1984	70.88	160.92	129.74	271.52	103.30	97.18	13.43	2.70	92.25	117.12	83.66	68.51	1211.20
1985	98.21	71.54	110.58	98.83	80.14	109.49	121.89	24.85	20.88	183.73	131.75	50.47	1102.37
1986	85.14	103.37	103.94	70.95	106.04	130.27	135.95	104.94	6.75	96.52	200.31	242.84	1387.02
1987	103.53	131.71	120.58	247.25	23.31	45.43	123.39	139.04	126.88	175.83	301.61	172.89	1711.45
1988	209.61	294.76	95.54	133.37	108.18	81.66	9.98	16.21	132.34	217.21	146.96	302.59	1748.40
1989	237.71	293.55	378.37	385.79	139.87	114.24	56.16	130.57	105.57	118.80	225.25	196.74	2382.63
1990	126.81	223.87	350.27	285.92	75.30	154.23	81.57	155.17	151.29	94.94	89.03	139.68	1928.07
1991	94.13	188.72	307.80	239.74	105.84	93.81	54.95	69.79	115.79	194.17	126.83	165.20	1756.78
1992	155.03	146.64	134.31	164.95	69.34	152.10	67.98	193.08	167.13	235.85	100.66	185.40	1772.47
1993	80.52	249.11	307.79	321.71	227.70	94.01	48.73	173.43	202.32	156.84	149.79	187.18	2199.13
1994	217.01	185.45	296.19	270.34	42.36	55.03	26.38	63.29	74.53	101.70	115.67	141.42	1589.38
1995	84.79	221.15	199.40	137.38	124.94	42.91	50.32	16.57	63.92	207.26	229.38	275.62	1653.64
1996	96.70	190.09	334.51	235.42	52.26	43.65	24.76	51.87	69.76	311.52	98.18	49.94	1558.65
1997	78.63	195.95	92.85	188.80	44.23	138.84	9.26	4.72	68.91	102.86	258.76	166.51	1350.33
1998	118.32	245.97	232.33	237.83	80.46	12.96	12.64	22.55	89.98	219.43	76.09	92.47	1441.02
1999	127.30	357.34	149.92	154.36	132.86	211.88	37.10	35.61	229.90	122.78	116.77	194.22	1870.02
2000	79.60	232.96	279.94	159.08	96.80	96.04	12.99	32.70	142.17	51.86	76.01	191.77	1451.91
2001	186.46	121.35	358.77	179.01	94.75	23.95	23.00	1.50	130.42	166.01	185.41	179.07	1649.69
2002	71.35	160.52	277.54	252.04	61.35	29.13	43.55	5.63	72.69	191.78	223.74	192.66	1581.96
2003	93.47	209.69	265.17	220.48	92.02	179.07	22.92	22.60	119.70	117.32	194.23	170.20	1706.87
2004	125.88	127.82	154.58	152.45	94.76	15.73	77.89	10.07	132.61	229.38	294.81	225.23	1641.22
2005	128.92	184.50	491.46	112.31	28.05	13.43	19.41	4.99	81.89	309.11	103.36	203.60	1681.04
2006	130.97	245.23	403.72	171.23	19.50	157.08	34.26	45.09	88.31	124.43	186.33	229.33	1835.48
2007	136.20	73.46	248.64	207.14	56.39	1.06	57.21	52.71	29.30	218.34	222.37	89.83	1392.65
2008	146.00	273.90	229.44	196.84	138.48	51.38	41.54	40.97	158.25	226.89	145.79	113.66	1763.13
2009	240.90	167.75	367.89	141.13	137.88	91.36	65.83	10.51	50.79	174.12	216.88	144.85	1809.88
2010	83.57	204.46	215.75	211.66	71.34	36.59	54.63	17.76	68.74	108.53	130.75	150.81	1354.59
2011	128.77	181.33	203.31	266.33	15.62	30.70	56.16	23.59	104.16	172.14	90.82	258.78	1531.72
2012	124.04	267.91	411.90	224.89	58.96	67.20	53.44	28.19	18.31	196.56	236.61	114.73	1802.75
2013	102.45	122.14	284.40	118.13	158.43	68.90	12.82	81.13	18.03	191.41	46.71	143.44	1347.98
2014	95.59	187.98	262.08	118.22	108.51	7.35	13.79	42.11	77.73	111.46	137.08	144.13	1306.03
2015	168.49	115.10	319.87	139.88	107.25	19.53	18.19	18.34	35.79	105.39	170.49	51.22	1269.53
2016	174.44	145.94	67.19	132.52	47.36	51.32	6.36	8.76	48.10	93.93	44.71	135.43	956.06
PROM	130.51	177.15	231.52	183.15	89.88	77.97	43.41	67.05	93.87	158.94	146.81	142.27	1542.54
D. EST	45.91	58.42	103.88	70.27	46.55	57.99	32.33	66.38	49.31	70.95	74.43	62.93	280.25
MÍN	68.33	71.54	67.19	70.95	15.62	1.06	4.81	1.50	6.75	41.97	44.71	20.32	956.06
MÁX	240.90	357.34	491.46	385.79	240.58	259.15	135.95	296.28	229.90	369.28	354.40	302.59	2382.63

Tabla 45: Planilla de precipitaciones efectivas en la microcuenca “El Tuyo” (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	40.01	65.69	49.51	80.83	22.64	12.12	2.36	96.40	16.58	52.38	115.30	38.81	592.63
1965	41.53	40.23	77.40	65.04	13.46	24.06	17.35	4.80	53.17	54.41	67.85	47.03	506.32
1966	55.44	69.06	53.94	36.66	26.55	33.63	11.69	36.27	30.93	120.15	57.43	22.43	554.19
1967	39.98	55.36	49.15	46.16	43.76	29.05	40.10	52.23	31.63	96.53	23.05	21.16	528.16
1968	57.06	46.88	51.83	64.22	16.96	25.87	22.05	60.49	56.90	54.66	29.09	15.24	501.24
1969	55.69	50.64	75.55	34.53	25.87	41.19	19.29	62.98	33.64	23.34	26.88	55.28	504.88
1970	36.43	39.26	51.92	26.05	43.62	16.24	22.05	7.46	33.59	23.94	31.29	39.78	371.63
1971	29.23	50.53	123.51	37.38	23.52	41.08	20.12	12.56	21.34	49.48	21.11	49.60	479.45
1972	27.31	40.18	40.52	32.48	43.21	4.33	2.05	40.44	24.53	38.93	45.87	35.95	375.81
1973	39.27	34.64	59.13	111.23	10.68	44.95	16.17	54.20	32.43	53.95	34.09	27.63	518.39
1974	40.92	65.41	31.99	49.12	10.93	15.16	3.16	2.99	33.17	30.56	45.09	39.00	367.51
1975	45.41	67.60	113.73	54.31	44.56	47.89	19.86	10.61	36.12	78.35	29.73	6.61	554.77
1976	77.69	47.95	79.58	54.88	19.68	9.99	5.15	11.31	20.29	21.78	19.07	25.35	392.73
1977	63.26	44.73	27.17	66.98	20.45	8.84	4.63	2.93	15.72	49.74	102.35	40.11	446.91
1978	22.23	36.46	56.45	55.08	24.37	11.38	18.52	24.80	35.07	17.96	44.42	44.68	391.41
1979	34.26	47.00	87.99	41.18	35.18	11.57	11.69	16.17	42.13	13.65	16.66	19.53	377.03
1980	44.71	66.22	121.54	35.17	39.40	5.74	1.57	13.61	10.95	39.35	33.01	46.41	457.67
1981	34.18	49.58	101.25	36.72	21.84	53.04	7.16	29.83	2.68	31.11	30.00	33.49	430.89
1982	34.79	51.39	33.94	40.32	40.25	5.02	3.09	30.47	29.98	76.71	59.77	71.17	476.90
1983	64.14	41.97	42.87	92.22	78.27	84.31	16.20	48.40	50.83	42.18	21.67	26.76	609.83
1984	23.06	52.35	42.21	88.34	33.61	31.62	4.37	0.88	30.01	38.10	27.22	22.29	394.07
1985	31.95	23.28	35.98	32.16	26.07	35.62	39.66	8.09	6.79	59.78	42.87	16.42	358.66
1986	27.70	33.63	33.82	23.08	34.50	42.38	44.23	34.14	2.20	31.40	65.17	79.01	451.27
1987	33.68	42.85	39.23	80.45	7.58	14.78	40.15	45.24	41.28	57.21	98.13	56.25	556.83
1988	68.20	95.90	31.08	43.39	35.20	26.57	3.25	5.27	43.06	70.67	47.81	98.45	568.85
1989	77.34	95.51	123.11	125.52	45.51	37.17	18.27	42.48	34.35	38.65	73.29	64.01	775.20
1990	41.26	72.84	113.96	93.02	24.50	50.18	26.54	50.48	49.22	30.89	28.97	45.44	627.31
1991	30.63	61.40	100.15	78.00	34.43	30.52	17.88	22.71	37.67	63.17	41.26	53.75	571.57
1992	50.44	47.71	43.70	53.67	22.56	49.49	22.12	62.82	54.38	76.74	32.75	60.32	576.68
1993	26.20	81.05	100.14	104.67	74.08	30.59	15.85	56.43	65.82	51.03	48.73	60.90	715.49
1994	70.60	60.34	96.37	87.96	13.78	17.91	8.58	20.59	24.25	33.09	37.63	46.01	517.11
1995	27.59	71.95	64.87	44.70	40.65	13.96	16.37	5.39	20.80	67.43	74.63	89.67	538.02
1996	31.46	61.85	108.83	76.59	17.00	14.20	8.05	16.88	22.70	101.36	31.94	16.25	507.11
1997	25.58	63.75	30.21	61.43	14.39	45.17	3.01	1.53	22.42	33.47	84.19	54.18	439.33
1998	38.49	80.03	75.59	77.38	26.18	4.22	4.11	7.34	29.27	71.39	24.75	30.08	468.84
1999	41.42	116.26	48.78	50.22	43.23	68.94	12.07	11.59	74.80	39.95	37.99	63.19	608.42
2000	25.90	75.80	91.08	51.76	31.49	31.25	4.23	10.64	46.25	16.87	24.73	62.39	472.38
2001	60.67	39.48	116.73	58.24	30.83	7.79	7.48	0.49	42.43	54.01	60.32	58.26	536.73
2002	23.21	52.23	90.30	82.00	19.96	9.48	14.17	1.83	23.65	62.40	72.79	62.68	514.70
2003	30.41	68.22	86.27	71.73	29.94	58.26	7.46	7.35	38.95	38.17	63.19	55.37	555.34
2004	40.96	41.59	50.29	49.60	30.83	5.12	25.34	3.28	43.14	74.63	95.92	73.28	533.98
2005	41.94	60.03	159.90	36.54	9.13	4.37	6.32	1.62	26.64	100.57	33.63	66.24	546.93
2006	42.61	79.79	131.35	55.71	6.35	51.11	11.15	14.67	28.73	40.48	60.62	74.61	597.18
2007	44.31	23.90	80.90	67.39	18.35	0.35	18.61	17.15	9.53	71.04	72.35	29.23	453.10
2008	47.50	89.12	74.65	64.04	45.05	16.72	13.52	13.33	51.49	73.82	47.43	36.98	573.64
2009	78.38	54.58	119.70	45.92	44.86	29.72	21.42	3.42	16.53	56.65	70.56	47.13	588.85
2010	27.19	66.52	70.19	68.86	23.21	11.91	17.77	5.78	22.36	35.31	42.54	49.07	440.72
2011	41.90	59.00	66.15	86.65	5.08	9.99	18.27	7.68	33.89	56.01	29.55	84.20	498.35
2012	40.36	87.17	134.01	73.17	19.18	21.86	17.39	9.17	5.96	63.95	76.98	37.33	586.53
2013	33.33	39.74	92.53	38.43	51.55	22.42	4.17	26.40	5.87	62.27	15.20	46.67	438.57
2014	31.10	61.16	85.27	38.46	35.30	2.39	4.49	13.70	25.29	36.26	44.60	46.89	424.92
2015	54.82	37.45	104.07	45.51	34.90	6.35	5.92	5.97	11.65	34.29	55.47	16.66	413.05
2016	56.75	47.48	21.86	43.12	15.41	16.70	2.07	2.85	15.65	30.56	14.55	44.06	311.06
PROM	42.46	57.64	75.32	59.59	29.24	25.37	14.12	21.81	30.54	51.71	47.76	46.29	501.87
D.EST	14.94	19.01	33.80	22.86	15.14	18.87	10.52	21.60	16.04	23.08	24.21	20.48	91.18
MÍN	22.23	23.28	21.86	23.08	5.08	0.35	1.57	0.49	2.20	13.65	14.55	6.61	311.06
MÁX	78.38	116.26	159.90	125.52	78.27	84.31	44.23	96.40	74.80	120.15	115.30	98.45	775.20

A.7. GENERACIÓN DE DESCARGAS CON MODELO ESTOCÁSTICO

Tabla 46: Números aleatorios normalmente distribuidos.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	0.63	1.13	-0.89	-0.73	-1.07	0.56	-0.59	0.49	1.05	0.17	-1.35	-1.24
1965	-1.46	-0.36	0.70	1.20	0.53	0.24	0.15	-0.65	-0.36	2.24	-0.82	-1.96
1966	-0.50	-0.69	0.28	1.39	0.00	0.15	-0.04	-0.33	-0.30	1.11	0.63	2.81
1967	0.19	-0.33	-1.97	0.12	-1.00	-0.35	-0.26	0.31	0.39	1.24	-0.22	1.33
1968	-0.35	-0.50	0.39	-0.57	-0.50	-0.88	-1.74	-0.05	-0.59	0.57	1.11	0.37
1969	-0.59	3.67	1.36	0.20	1.73	-0.22	0.25	1.39	-0.82	-0.18	0.18	-1.88
1970	0.14	-1.76	0.21	1.51	0.15	-0.67	-1.02	-2.23	0.82	0.49	0.97	0.78
1971	0.36	1.12	0.14	0.08	0.06	-1.06	1.28	-1.30	0.60	1.11	0.67	0.06
1972	-0.10	0.77	-0.81	1.96	-0.39	-0.81	-0.88	0.17	2.13	-1.75	0.19	0.01
1973	0.46	-1.65	-0.31	-0.72	-1.16	0.22	0.82	1.49	-1.61	-0.90	0.10	-1.42
1974	0.31	-1.62	-0.25	-0.16	0.30	-1.27	-0.23	-0.84	-1.00	-0.25	0.03	0.14
1975	-1.35	0.51	-0.92	0.01	0.40	1.75	0.96	-0.85	0.42	0.15	0.06	0.06
1976	0.73	-2.07	0.68	-0.45	-1.94	1.57	0.86	1.33	-0.17	-1.23	0.26	-0.73
1977	-0.01	-0.50	-0.39	0.01	0.27	1.13	3.08	-0.13	-0.53	0.08	1.14	-1.33
1978	-1.45	0.13	-0.38	-0.59	1.73	0.55	-1.55	0.62	-0.21	-1.05	-0.10	1.75
1979	0.92	0.28	-0.81	0.61	-1.33	-1.04	-0.65	-0.11	0.51	0.63	-1.73	-0.71
1980	0.36	1.44	0.48	1.08	0.32	-2.56	0.36	-0.03	-2.09	0.59	0.40	-0.19
1981	0.78	-1.38	-0.05	0.29	-1.63	-0.55	-0.85	-0.72	-0.05	-0.47	0.32	-1.03
1982	-1.98	-1.01	0.42	-0.04	-0.44	-0.52	-2.49	-1.17	-0.31	-0.08	-1.20	-0.28
1983	0.02	-1.45	1.13	0.68	0.13	0.09	0.85	0.58	-1.08	1.42	-0.49	0.97
1984	1.46	1.52	0.77	1.78	0.94	0.98	1.81	0.49	1.48	-0.61	0.35	-1.24
1985	-0.54	0.19	0.79	0.72	-0.79	0.15	-0.32	-1.61	-1.00	-0.41	2.56	1.06
1986	-2.22	-0.78	-0.31	0.39	0.89	-1.17	-1.17	1.83	0.21	0.56	0.13	-0.37
1987	-0.09	0.27	-0.94	0.72	0.82	0.84	0.08	0.03	-0.64	0.76	1.69	0.50
1988	0.96	-0.24	-1.50	-0.61	0.18	-1.44	-0.07	0.45	-1.86	-1.08	0.01	-1.19
1989	-0.33	-0.72	-0.02	-0.04	0.98	-0.22	-0.28	-1.79	0.78	0.58	-0.75	0.54
1990	1.18	-0.88	-0.73	-0.53	0.48	0.81	-1.17	-0.43	-0.89	-0.30	-0.41	1.08
1991	0.05	-0.87	0.79	2.21	0.03	1.00	0.93	-0.22	-0.99	-0.07	-1.66	0.75
1992	0.81	2.14	0.54	-1.84	1.59	1.43	-1.15	0.68	0.63	-1.57	-1.01	-0.08
1993	0.87	-1.02	1.41	-1.94	0.06	-2.22	1.10	-1.58	0.17	-0.61	-0.09	-0.04
1994	0.35	-2.51	0.05	-0.68	-0.50	0.52	-0.13	-1.17	0.94	0.08	-0.18	0.76
1995	1.28	0.31	1.32	-1.80	-0.89	-0.95	-0.69	-0.16	0.37	-1.55	-1.95	-2.19
1996	-0.35	2.03	1.02	0.00	-1.62	0.10	-1.60	0.69	1.17	-0.04	-0.50	0.64
1997	0.60	-0.17	-0.33	0.59	0.28	-0.49	-1.79	-1.22	-0.31	1.16	0.36	0.28
1998	-0.40	-0.12	2.07	-2.11	3.06	-0.36	-1.11	-0.14	0.02	-1.18	-2.10	-0.76
1999	-1.32	1.26	-1.07	-0.50	2.18	-0.60	-0.17	-0.24	-1.29	1.07	0.09	0.47
2000	-1.41	0.66	0.07	-0.58	1.25	-0.24	-0.19	-0.18	0.24	2.04	-0.33	-0.17
2001	-0.13	0.14	2.01	-0.33	-1.67	-0.19	0.38	0.49	0.23	1.16	-0.41	0.11
2002	2.23	0.10	0.42	-0.97	1.30	0.86	0.49	-2.51	-0.09	-0.25	-0.16	1.55
2003	0.63	0.20	-0.29	-0.40	0.29	2.50	1.70	-0.49	-0.36	0.89	-0.46	0.70
2004	-0.40	-1.62	0.09	0.65	-0.73	0.49	-0.53	0.75	-0.86	0.22	-0.51	-0.36
2005	-0.28	0.72	0.27	0.28	-0.60	-2.25	0.92	-1.06	1.99	-0.18	0.50	-1.11
2006	-0.39	1.20	0.86	0.51	1.14	1.65	1.72	-0.07	-1.64	-0.51	-2.35	0.39
2007	-0.06	-0.89	0.49	-0.77	-0.82	1.27	-0.84	0.60	0.25	1.21	-1.27	-0.49
2008	-0.54	-0.10	-0.57	-0.36	-0.07	0.36	0.08	-0.10	-1.78	-0.82	0.06	-2.13
2009	1.36	-0.14	0.56	-0.58	-1.34	0.37	1.47	-1.40	0.18	1.20	-0.77	-2.31
2010	1.22	-1.33	0.57	-0.24	-0.42	1.87	-2.12	1.00	0.24	0.79	1.62	-0.10
2011	1.08	0.14	-1.13	1.31	-0.87	0.40	-0.68	-1.13	-0.88	-0.20	-0.15	1.15
2012	0.46	0.51	0.49	-1.24	0.11	1.68	0.34	-0.95	-0.25	1.68	0.68	1.65
2013	-0.81	-0.06	-0.77	0.95	0.07	-0.88	-0.08	0.59	0.14	-0.94	0.64	1.69
2014	0.28	-1.26	0.36	-0.57	-0.89	0.44	-1.82	0.96	-0.52	-0.75	-0.82	-0.80
2015	-0.84	-0.77	0.52	0.37	-0.91	-0.19	0.63	-0.47	0.23	0.05	0.31	0.90
2016	0.59	-2.00	-1.79	0.94	0.71	-1.05	0.38	2.70	-0.34	0.15	1.26	-1.06
Media	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
Desv.Esta	0.9	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1

Tabla 47: Generación de descargas por el modelo estocástico (mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	48.10	59.61	51.00	61.20	39.18	29.26	15.86	54.88	40.83	46.65	72.20	51.28	570.1
1965	41.24	39.53	59.00	65.03	42.70	35.18	28.12	16.17	32.77	50.85	55.04	43.83	509.5
1966	47.12	54.15	54.38	50.73	39.48	37.52	26.09	30.29	30.12	74.81	67.51	56.01	568.2
1967	48.76	50.16	42.29	44.43	40.46	34.20	36.33	44.81	40.15	69.75	46.67	39.77	537.8
1968	46.35	44.56	49.04	53.40	34.78	28.06	19.97	39.02	45.06	51.18	44.78	32.77	489.0
1969	41.38	58.54	70.02	53.39	46.63	43.16	33.35	51.95	40.35	32.20	30.99	35.74	537.7
1970	36.88	31.98	42.14	40.33	42.42	28.34	22.63	8.99	24.63	26.98	33.16	39.34	377.8
1971	36.25	46.88	81.25	59.88	42.93	38.30	34.91	20.72	24.28	40.39	34.25	41.72	501.8
1972	34.94	40.38	37.64	42.51	41.41	22.03	11.06	26.41	33.95	30.39	38.56	37.62	396.9
1973	40.23	31.97	43.51	71.04	38.46	42.33	33.56	48.50	35.26	40.74	38.18	28.63	492.4
1974	35.93	43.64	37.46	42.34	29.37	19.22	12.48	6.85	16.90	23.46	34.20	37.23	339.1
1975	36.35	52.38	75.88	64.47	55.80	57.71	43.40	25.67	32.70	54.06	42.79	26.85	568.1
1976	52.88	42.76	61.53	55.91	32.14	28.35	21.81	22.93	22.17	18.71	21.03	21.50	401.7
1977	41.16	41.00	33.49	48.89	36.79	28.60	29.55	17.90	16.33	32.86	68.36	49.64	444.6
1978	31.88	34.91	43.52	46.49	42.50	30.56	20.31	25.66	29.98	21.53	32.46	44.60	404.4
1979	43.11	45.78	61.49	53.55	40.03	23.76	17.05	17.61	31.67	26.43	16.76	16.85	394.1
1980	31.89	52.83	84.55	64.06	53.02	22.26	15.36	15.89	7.67	25.71	31.26	37.90	442.4
1981	39.21	39.08	66.75	53.05	32.77	40.35	22.61	24.31	15.44	22.16	27.83	27.46	411.0
1982	24.49	33.82	35.79	38.01	37.67	21.51	5.57	14.46	21.75	47.05	48.18	57.09	385.4
1983	59.49	45.58	48.17	69.87	72.55	76.46	50.77	51.30	46.73	49.46	34.95	35.12	640.5
1984	35.29	48.64	48.14	72.02	56.61	48.17	34.74	21.78	31.76	32.98	32.13	23.86	486.1
1985	26.52	26.56	34.39	36.33	29.26	33.29	35.44	17.91	10.69	32.79	46.85	36.79	366.8
1986	25.15	27.06	29.78	28.83	35.22	34.62	35.13	41.54	24.77	30.63	47.09	59.71	419.5
1987	46.84	45.76	39.32	60.34	38.74	31.20	36.04	40.55	38.67	49.80	76.91	67.57	571.8
1988	69.86	79.11	50.40	44.64	40.90	29.45	18.18	15.29	22.50	41.19	44.20	64.01	519.7
1989	67.60	76.08	95.11	105.65	78.90	57.52	38.21	33.95	37.31	40.22	52.37	58.92	741.8
1990	54.30	58.78	79.87	81.80	55.83	55.43	37.67	42.07	42.08	36.03	31.74	42.22	617.8
1991	37.22	45.15	72.29	81.01	58.24	48.54	37.80	30.52	30.81	45.57	37.58	47.67	572.4
1992	51.47	56.85	52.08	45.69	40.80	49.81	32.95	49.13	53.31	57.56	42.06	49.91	581.6
1993	42.00	55.78	79.80	81.97	76.49	46.29	36.40	40.03	52.23	48.96	48.16	53.34	661.4
1994	61.65	51.09	70.96	74.57	43.95	34.06	22.65	18.61	25.72	30.14	33.48	42.22	509.1
1995	40.22	55.55	63.65	47.63	41.06	25.65	19.94	14.08	19.89	36.75	46.97	57.95	469.3
1996	44.02	59.04	83.91	78.36	43.31	30.63	15.52	20.00	26.52	60.54	45.03	34.31	541.2
1997	32.94	46.55	37.84	50.66	35.00	38.16	16.35	6.81	14.56	28.57	55.34	55.08	417.9
1998	45.55	60.27	73.45	66.01	57.81	31.79	16.07	13.07	21.91	40.83	26.29	26.14	479.2
1999	29.11	73.09	56.79	51.27	54.90	58.32	36.22	24.68	43.35	45.55	42.28	53.25	568.8
2000	35.46	56.11	71.17	58.89	50.18	40.44	23.70	18.20	32.83	33.45	28.85	43.90	493.2
2001	50.80	45.77	84.31	69.25	44.72	27.45	20.68	14.56	29.27	45.10	50.26	53.75	535.9
2002	47.41	49.59	68.79	69.79	50.68	34.89	27.76	8.07	16.53	37.45	52.85	62.13	525.9
2003	49.13	57.95	68.68	67.19	50.25	62.21	42.73	25.20	30.94	37.90	47.74	53.30	593.2
2004	45.77	37.94	43.97	48.67	37.75	25.18	24.27	18.53	27.72	50.17	68.31	67.83	496.1
2005	53.92	58.56	103.76	71.45	39.97	16.23	16.47	7.45	24.90	58.89	48.49	52.10	552.2
2006	45.94	65.05	96.40	77.13	47.71	54.77	40.73	28.91	23.70	30.34	36.10	54.95	601.7
2007	49.29	34.41	57.26	58.23	36.65	25.24	20.22	22.14	18.46	47.42	53.74	40.43	463.5
2008	41.75	62.50	64.77	61.94	53.10	37.55	27.35	21.53	29.65	47.07	47.18	34.78	529.2
2009	59.41	55.80	85.49	63.46	49.26	41.48	37.76	17.73	19.13	41.32	51.63	40.90	563.4
2010	39.16	46.76	58.97	61.60	41.95	35.20	20.29	18.52	22.35	31.99	42.95	45.26	465.0
2011	47.42	52.77	54.12	72.61	37.78	27.05	21.53	12.43	20.45	36.73	33.28	60.49	476.7
2012	52.14	68.99	98.22	79.63	51.04	43.51	32.99	19.49	13.78	43.61	60.79	55.15	619.3
2013	41.84	40.68	61.13	53.34	52.17	35.23	21.47	26.84	18.81	36.07	29.35	43.71	460.6
2014	38.98	44.53	63.81	49.30	39.52	24.66	10.14	16.84	20.09	25.81	32.14	36.39	402.2
2015	41.92	37.19	69.09	58.41	43.81	26.34	20.31	13.41	14.96	25.18	40.66	33.22	424.5
2016	46.27	39.48	25.42	37.52	30.41	21.18	15.13	20.66	18.38	25.61	26.02	31.14	337.2
PROM	43.66	49.23	60.79	59.32	45.00	36.20	26.30	24.62	27.68	39.58	42.98	44.21	499.56
D.EST	9.75	11.78	19.09	14.61	10.74	12.49	10.02	12.66	10.53	12.20	13.05	12.28	86.6
MÍN	24.49	26.56	25.42	28.83	29.26	16.23	5.57	6.81	7.67	18.71	16.76	16.85	337.2
MÁX	69.86	79.11	103.76	105.65	78.90	76.46	50.77	54.88	53.31	74.81	76.91	67.83	741.8

Tabla 48: Generación de descargas por el modelo estocástico (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1964	0.79	1.08	0.84	1.04	0.64	0.50	0.26	0.90	0.69	0.77	1.22	0.84	9.6
1965	0.68	0.72	0.97	1.10	0.70	0.60	0.46	0.27	0.56	0.83	0.93	0.72	8.5
1966	0.77	0.98	0.89	0.86	0.65	0.64	0.43	0.50	0.51	1.23	1.14	0.92	9.5
1967	0.80	0.91	0.69	0.75	0.66	0.58	0.60	0.74	0.68	1.14	0.79	0.65	9.0
1968	0.76	0.81	0.80	0.91	0.57	0.48	0.33	0.64	0.76	0.84	0.76	0.54	8.2
1969	0.68	1.06	1.15	0.91	0.77	0.73	0.55	0.85	0.68	0.53	0.53	0.59	9.0
1970	0.61	0.58	0.69	0.68	0.70	0.48	0.37	0.15	0.42	0.44	0.56	0.65	6.3
1971	0.59	0.85	1.33	1.02	0.70	0.65	0.57	0.34	0.41	0.66	0.58	0.68	8.4
1972	0.57	0.73	0.62	0.72	0.68	0.37	0.18	0.43	0.58	0.50	0.65	0.62	6.7
1973	0.66	0.58	0.71	1.20	0.63	0.72	0.55	0.80	0.60	0.67	0.65	0.47	8.2
1974	0.59	0.79	0.61	0.72	0.48	0.33	0.20	0.11	0.29	0.38	0.58	0.61	5.7
1975	0.60	0.95	1.25	1.09	0.92	0.98	0.71	0.42	0.55	0.89	0.73	0.44	9.5
1976	0.87	0.78	1.01	0.95	0.53	0.48	0.36	0.38	0.38	0.31	0.36	0.35	6.8
1977	0.68	0.74	0.55	0.83	0.60	0.49	0.48	0.29	0.28	0.54	1.16	0.81	7.5
1978	0.52	0.63	0.71	0.79	0.70	0.52	0.33	0.42	0.51	0.35	0.55	0.73	6.8
1979	0.71	0.83	1.01	0.91	0.66	0.40	0.28	0.29	0.54	0.43	0.28	0.28	6.6
1980	0.52	0.96	1.39	1.09	0.87	0.38	0.25	0.26	0.13	0.42	0.53	0.62	7.4
1981	0.64	0.71	1.10	0.90	0.54	0.68	0.37	0.40	0.26	0.36	0.47	0.45	6.9
1982	0.40	0.61	0.59	0.64	0.62	0.36	0.09	0.24	0.37	0.77	0.82	0.94	6.5
1983	0.98	0.83	0.79	1.18	1.19	1.30	0.83	0.84	0.79	0.81	0.59	0.58	10.7
1984	0.58	0.88	0.79	1.22	0.93	0.82	0.57	0.36	0.54	0.54	0.54	0.39	8.2
1985	0.44	0.48	0.56	0.62	0.48	0.56	0.58	0.29	0.18	0.54	0.79	0.60	6.1
1986	0.41	0.49	0.49	0.49	0.58	0.59	0.58	0.68	0.42	0.50	0.80	0.98	7.0
1987	0.77	0.83	0.65	1.02	0.64	0.53	0.59	0.67	0.66	0.82	1.30	1.11	9.6
1988	1.15	1.44	0.83	0.76	0.67	0.50	0.30	0.25	0.38	0.68	0.75	1.05	8.8
1989	1.11	1.38	1.56	1.79	1.29	0.98	0.63	0.56	0.63	0.66	0.89	0.97	12.5
1990	0.89	1.07	1.31	1.39	0.92	0.94	0.62	0.69	0.71	0.59	0.54	0.69	10.4
1991	0.61	0.82	1.19	1.37	0.96	0.82	0.62	0.50	0.52	0.75	0.64	0.78	9.6
1992	0.84	1.03	0.85	0.77	0.67	0.84	0.54	0.81	0.90	0.94	0.71	0.82	9.7
1993	0.69	1.01	1.31	1.39	1.26	0.78	0.60	0.66	0.89	0.80	0.82	0.88	11.1
1994	1.01	0.93	1.16	1.26	0.72	0.58	0.37	0.31	0.44	0.49	0.57	0.69	8.5
1995	0.66	1.01	1.04	0.81	0.67	0.43	0.33	0.23	0.34	0.60	0.80	0.95	7.9
1996	0.72	1.07	1.38	1.33	0.71	0.52	0.25	0.33	0.45	0.99	0.76	0.56	9.1
1997	0.54	0.85	0.62	0.86	0.57	0.65	0.27	0.11	0.25	0.47	0.94	0.90	7.0
1998	0.75	1.09	1.21	1.12	0.95	0.54	0.26	0.21	0.37	0.67	0.45	0.43	8.1
1999	0.48	1.33	0.93	0.87	0.90	0.99	0.59	0.40	0.74	0.75	0.72	0.87	9.6
2000	0.58	1.02	1.17	1.00	0.82	0.69	0.39	0.30	0.56	0.55	0.49	0.72	8.3
2001	0.83	0.83	1.38	1.17	0.73	0.47	0.34	0.24	0.50	0.74	0.85	0.88	9.0
2002	0.78	0.90	1.13	1.18	0.83	0.59	0.46	0.13	0.28	0.61	0.90	1.02	8.8
2003	0.81	1.05	1.13	1.14	0.82	1.05	0.70	0.41	0.52	0.62	0.81	0.87	9.9
2004	0.75	0.69	0.72	0.83	0.62	0.43	0.40	0.30	0.47	0.82	1.16	1.11	8.3
2005	0.88	1.06	1.70	1.21	0.66	0.28	0.27	0.12	0.42	0.97	0.82	0.85	9.2
2006	0.75	1.18	1.58	1.31	0.78	0.93	0.67	0.47	0.40	0.50	0.61	0.90	10.1
2007	0.81	0.63	0.94	0.99	0.60	0.43	0.33	0.36	0.31	0.78	0.91	0.66	7.8
2008	0.69	1.14	1.06	1.05	0.87	0.64	0.45	0.35	0.50	0.77	0.80	0.57	8.9
2009	0.97	1.01	1.40	1.08	0.81	0.70	0.62	0.29	0.32	0.68	0.88	0.67	9.4
2010	0.64	0.85	0.97	1.04	0.69	0.60	0.33	0.30	0.38	0.52	0.73	0.74	7.8
2011	0.78	0.96	0.89	1.23	0.62	0.46	0.35	0.20	0.35	0.60	0.56	0.99	8.0
2012	0.86	1.25	1.61	1.35	0.84	0.74	0.54	0.32	0.23	0.72	1.03	0.91	10.4
2013	0.69	0.74	1.00	0.90	0.86	0.60	0.35	0.44	0.32	0.59	0.50	0.72	7.7
2014	0.64	0.81	1.05	0.84	0.65	0.42	0.17	0.28	0.34	0.42	0.55	0.60	6.8
2015	0.69	0.68	1.13	0.99	0.72	0.45	0.33	0.22	0.25	0.41	0.69	0.55	7.1
2016	0.76	0.72	0.42	0.64	0.50	0.36	0.25	0.34	0.31	0.42	0.44	0.51	5.7
PROM	0.72	0.89	1.00	1.01	0.74	0.61	0.43	0.40	0.47	0.65	0.73	0.73	8.37
D.EST	0.16	0.21	0.31	0.25	0.18	0.21	0.16	0.21	0.18	0.20	0.22	0.20	1.5
MÍN	0.40	0.48	0.42	0.49	0.48	0.28	0.09	0.11	0.13	0.31	0.28	0.28	5.7
MÁX	1.15	1.44	1.70	1.79	1.29	1.30	0.83	0.90	0.90	1.23	1.30	1.11	12.5

A.8. REGISTRO DE DESCARGAS DE LOS AFOROS REALIZADOS

Tabla 49: Control de caudales en el mes de marzo de 2017 en el río El Tuyo

CONTROL DE CAUDALES - MÉTODO POR FLOTADORES													
ESTACIÓN:		CHAULLAGÓN				COMISIÓN USUARIOS:			SAN MATEO DE QUILCATE				
RÍO:		EL TUYO				JUNTA USUARIOS:			TRES RÍOS				
MES:		MARZO				NOMBRE AFORADOR:			JHEIMMY JULCAMORO ISPILCO				
Coordenadas: (743 584.00 E; 9 248 875.00 N) – WGS 1984/17S													
FECHA	HORA	TRABAJO DE CAMPO				TRABAJO DE GABINETE							
		TIEMPO (s)			Tiempo Promedio	VELOCIDAD (m/s)			ÁREA SECCIÓN RÍO (m²)			CAUDAL (m³/s)	
Día/Mes/Año	Inicial	Flotadores				Distancia Recorrida	Factor Correc.	Velocidad Media	Profundidad Promedio	Ancho Río	Área		Q = v_m * A
		f₁	f₂	f₃	t_p							d	
04/03/17	11:00:00	16.61	15.92	17.63	16.72	26.00	0.50	0.78	0.460	8.00	3.68	2.86	2.875
									0.437	8.50	3.72	2.89	
11/03/17	09:30:00	17.04	16.77	17.16	16.99	26.00	0.50	0.77	0.453	7.80	3.53	2.70	2.720
									0.429	8.35	3.58	2.74	
18/03/17	10:00:00	16.89	16.48	17.62	17.00	26.00	0.50	0.76	0.456	7.95	3.62	2.77	2.818
									0.451	8.30	3.75	2.87	
25/03/17	09:40:00	17.87	16.26	17.06	17.06	26.00	0.50	0.76	0.446	7.90	3.52	2.68	2.742
									0.443	8.30	3.68	2.80	
29/03/17	11:30:00	17.10	16.84	17.66	17.20	26.00	0.50	0.76	0.444	7.75	3.44	2.60	2.602
									0.417	8.25	3.44	2.60	
CAUDAL PROMEDIO DEL MES DE MARZO											2.752	m³/s	

Tabla 50: Control de caudales en el mes de abril de 2017 en el río El Tuyo

CONTROL DE CAUDALES - MÉTODO POR FLOTADORES													
MES:		ABRIL			NOMBRE AFORADOR:			JHEIMMY JULCAMORO ISPILCO					
Coordenadas: (743 584.00 E; 9 248 875.00 N) – WGS 1984/17S													
FECHA	HORA	TRABAJO DE CAMPO				TRABAJO DE GABINETE							
		TIEMPO (s)			Tiempo Promedio	VELOCIDAD (m/s)			ÁREA SECCIÓN RÍO (m ²)			CAUDAL (m ³ /s)	
Día/Mes/Año	Inicial	Flotadores				Distancia Recorrida	Factor Correc.	Velocidad Media	Profundidad Promedio	Ancho Río	Área		Q = v _m * A
		f ₁	f ₂	f ₃	t _p							D	
01/04/17	10:00:00	19.07	18.73	18.90	18.90	26.00	0.50	0.69	0.431	7.80	3.37	2.31	2.321
									0.413	8.20	3.39	2.33	
05/04/17	09:30:00	19.77	19.00	19.67	19.48	26.00	0.50	0.67	0.417	7.70	3.21	2.14	2.149
									0.391	8.25	3.23	2.16	
08/04/17	12:00:00	20.05	19.64	20.33	20.01	26.00	0.50	0.65	0.384	7.50	2.88	1.87	1.945
									0.379	8.20	3.10	2.02	
12/04/17	09:40:00	21.14	19.51	21.76	20.80	26.00	0.50	0.62	0.360	7.45	2.68	1.68	1.744
									0.351	8.25	2.90	1.81	
15/04/17	11:00:00	19.27	20.46	21.20	20.31	26.00	0.50	0.64	0.349	7.45	2.60	1.67	1.721
									0.339	8.20	2.78	1.78	
19/04/17	11:20:00	21.14	20.07	21.76	20.99	26.00	0.50	0.62	0.410	7.60	3.12	1.93	1.937
									0.383	8.20	3.14	1.94	
22/04/17	13:00:00	21.87	20.13	20.50	20.84	26.00	0.50	0.62	0.399	7.50	2.99	1.87	1.864
									0.364	8.20	2.99	1.86	
26/04/17	10:30:00	22.24	20.23	21.38	21.28	26.00	0.50	0.61	0.349	7.45	2.60	1.59	1.648
									0.339	8.25	2.79	1.71	
29/04/17	10:50:00	22.53	20.13	21.81	21.49	26.00	0.50	0.60	0.331	7.45	2.47	1.49	1.594
									0.341	8.20	2.80	1.69	
CAUDAL PROMEDIO DEL MES DE ABRIL										1.880	m³/s		

Fotografías de algunos aforos realizados durante los meses de marzo y abril del año 2017 en el río “El Tuyo”



Figura 31: Caudal: 2.875 m³/s del aforo (04/03/17) – 2563 msnm.



Figura 32: Caudal: 2.720 m³/s del aforo (11/03/17) – 2564 msnm.



Figura 33: Caudal: 2.602 m³/s del aforo (29/03/17) – 2565 msnm.



Figura 34: Caudal: 2.321 m³/s del aforo (01/04/17) – 2564 msnm.



Figura 35: Caudal: 1.648 m³/s del aforo (26/04/17) – 2564 msnm.

A.9. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO DE CAUDALES

Tabla 51: Distribución Normal - Prueba de Smirnov Kolmogorov.

MES : ENERO						MES : FEBRERO					
n	53		Δ_{max}	0.0659		n	53		Δ_{max}	0.0808	
X'	0.72		α	5%		X'	0.89		α	5%	
S	0.160		Δ_o	0.1868		S	0.214		Δ_o	0.1868	
			Δ_{max}	<	Δ_o				Δ_{max}	<	Δ_o
BUEN AJUSTE						BUEN AJUSTE					
m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ	m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.40	0.0185	-1.98	0.0241	0.0056	1	0.48	0.0185	-1.93	0.0265	0.0080
2	0.41	0.0370	-1.91	0.0278	0.0092	2	0.49	0.0370	-1.89	0.0295	0.0075
3	0.44	0.0556	-1.73	0.0422	0.0134	3	0.58	0.0556	-1.47	0.0712	0.0157
4	0.48	0.0741	-1.48	0.0699	0.0042	4	0.58	0.0741	-1.47	0.0712	0.0028
5	0.52	0.0926	-1.23	0.1099	0.0173	5	0.61	0.0926	-1.33	0.0924	0.0002
6	0.52	0.1111	-1.23	0.1099	0.0012	6	0.63	0.1111	-1.23	0.1088	0.0023
7	0.54	0.1296	-1.10	0.1352	0.0056	7	0.63	0.1296	-1.23	0.1088	0.0208
8	0.57	0.1481	-0.91	0.1801	0.0320	8	0.68	0.1481	-1.00	0.1589	0.0108
9	0.58	0.1667	-0.85	0.1970	0.0303	9	0.69	0.1667	-0.95	0.1705	0.0038
10	0.58	0.1852	-0.85	0.1970	0.0118	10	0.71	0.1852	-0.86	0.1953	0.0101
11	0.59	0.2037	-0.79	0.2147	0.0110	11	0.72	0.2037	-0.81	0.2084	0.0047
12	0.59	0.2222	-0.79	0.2147	0.0075	12	0.72	0.2222	-0.81	0.2084	0.0138
13	0.60	0.2407	-0.73	0.2334	0.0073	13	0.73	0.2407	-0.77	0.2221	0.0186
14	0.61	0.2593	-0.67	0.2529	0.0063	14	0.74	0.2593	-0.72	0.2363	0.0230
15	0.61	0.2778	-0.67	0.2529	0.0248	15	0.74	0.2778	-0.72	0.2363	0.0415
16	0.64	0.2963	-0.48	0.3163	0.0200	16	0.78	0.2963	-0.53	0.2976	0.0013
17	0.64	0.3148	-0.48	0.3163	0.0015	17	0.79	0.3148	-0.48	0.3140	0.0008
18	0.64	0.3333	-0.48	0.3163	0.0170	18	0.81	0.3333	-0.39	0.3479	0.0146
19	0.66	0.3519	-0.35	0.3620	0.0101	19	0.81	0.3519	-0.39	0.3479	0.0039
20	0.66	0.3704	-0.35	0.3620	0.0084	20	0.82	0.3704	-0.34	0.3654	0.0050
21	0.68	0.3889	-0.23	0.4097	0.0208	21	0.83	0.3889	-0.30	0.3831	0.0058
22	0.68	0.4074	-0.23	0.4097	0.0022	22	0.83	0.4074	-0.30	0.3831	0.0243
23	0.68	0.4259	-0.23	0.4097	0.0163	23	0.83	0.4259	-0.30	0.3831	0.0428
24	0.69	0.4444	-0.17	0.4341	0.0104	24	0.83	0.4444	-0.30	0.3831	0.0614
25	0.69	0.4630	-0.17	0.4341	0.0289	25	0.85	0.4630	-0.20	0.4192	0.0437
26	0.69	0.4815	-0.17	0.4341	0.0474	26	0.85	0.4815	-0.20	0.4192	0.0622
27	0.69	0.5000	-0.17	0.4341	0.0659	27	0.85	0.5000	-0.20	0.4192	0.0808
28	0.71	0.5185	-0.04	0.4836	0.0350	28	0.88	0.5185	-0.06	0.4747	0.0438
29	0.72	0.5370	0.02	0.5085	0.0286	29	0.90	0.5370	0.03	0.5120	0.0251
30	0.75	0.5556	0.21	0.5825	0.0270	30	0.91	0.5556	0.08	0.5306	0.0250
31	0.75	0.5741	0.21	0.5825	0.0085	31	0.93	0.5741	0.17	0.5676	0.0065
32	0.75	0.5926	0.21	0.5825	0.0100	32	0.95	0.5926	0.26	0.6041	0.0115
34	0.76	0.6296	0.27	0.6067	0.0229	34	0.96	0.6296	0.31	0.6220	0.0077
35	0.77	0.6481	0.33	0.6305	0.0176	35	0.98	0.6481	0.40	0.6570	0.0088
36	0.77	0.6667	0.33	0.6305	0.0361	36	1.01	0.6667	0.54	0.7069	0.0403
37	0.78	0.6852	0.40	0.6538	0.0314	37	1.01	0.6852	0.54	0.7069	0.0218
38	0.78	0.7037	0.40	0.6538	0.0499	38	1.01	0.7037	0.54	0.7069	0.0032
39	0.79	0.7222	0.46	0.6765	0.0457	39	1.02	0.7222	0.59	0.7228	0.0006
40	0.80	0.7407	0.52	0.6986	0.0421	40	1.03	0.7407	0.64	0.7383	0.0025
41	0.81	0.7593	0.58	0.7200	0.0393	41	1.05	0.7593	0.73	0.7678	0.0085
42	0.81	0.7778	0.58	0.7200	0.0578	42	1.06	0.7778	0.78	0.7818	0.0040
43	0.83	0.7963	0.71	0.7604	0.0359	43	1.06	0.7963	0.78	0.7818	0.0145
44	0.84	0.8148	0.77	0.7794	0.0354	44	1.07	0.8148	0.83	0.7953	0.0195
45	0.86	0.8333	0.89	0.8146	0.0188	45	1.07	0.8333	0.83	0.7953	0.0380
46	0.87	0.8519	0.96	0.8308	0.0211	46	1.08	0.8519	0.87	0.8084	0.0435
47	0.88	0.8704	1.02	0.8461	0.0243	47	1.09	0.8704	0.92	0.8209	0.0495
48	0.89	0.8889	1.08	0.8604	0.0285	48	1.14	0.8889	1.15	0.8754	0.0135
49	0.97	0.9074	1.58	0.9431	0.0357	49	1.18	0.9074	1.34	0.9098	0.0024
50	0.98	0.9259	1.64	0.9499	0.0240	50	1.25	0.9259	1.67	0.9522	0.0263
51	1.01	0.9444	1.83	0.9664	0.0220	51	1.33	0.9444	2.04	0.9794	0.0349
52	1.11	0.9630	2.46	0.9930	0.0300	52	1.38	0.9630	2.27	0.9885	0.0256
53	1.15	0.9815	2.70	0.9966	0.0151	53	1.44	0.9815	2.56	0.9947	0.0132

MES : MARZO

n	53	Δ_{max}	0.0712
X'	1.00	α	5%
S	0.313	Δ_o	0.1868
		Δ_{max}	< Δ_o

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.42	0.0185	-1.84	0.0327	0.0142
2	0.49	0.0370	-1.62	0.0527	0.0157
3	0.55	0.0556	-1.43	0.0767	0.0211
4	0.56	0.0741	-1.40	0.0814	0.0073
5	0.59	0.0926	-1.30	0.0968	0.0042
6	0.61	0.1111	-1.24	0.1082	0.0029
7	0.62	0.1296	-1.20	0.1142	0.0154
8	0.62	0.1481	-1.20	0.1142	0.0339
9	0.65	0.1667	-1.11	0.1338	0.0329
10	0.69	0.1852	-0.98	0.1633	0.0219
11	0.69	0.2037	-0.98	0.1633	0.0404
12	0.71	0.2222	-0.92	0.1795	0.0427
13	0.71	0.2407	-0.92	0.1795	0.0612
14	0.72	0.2593	-0.89	0.1880	0.0712
15	0.79	0.2778	-0.66	0.2540	0.0237
16	0.79	0.2963	-0.66	0.2540	0.0423
17	0.80	0.3148	-0.63	0.2644	0.0504
18	0.83	0.3333	-0.53	0.2966	0.0367
19	0.84	0.3519	-0.50	0.3078	0.0441
20	0.85	0.3704	-0.47	0.3191	0.0513
21	0.89	0.3889	-0.34	0.3659	0.0230
22	0.89	0.4074	-0.34	0.3659	0.0415
23	0.93	0.4259	-0.21	0.4149	0.0110
24	0.94	0.4444	-0.18	0.4274	0.0171
25	0.97	0.4630	-0.09	0.4652	0.0022
26	0.97	0.4815	-0.09	0.4652	0.0163
27	1.00	0.5000	0.01	0.5034	0.0034
28	1.01	0.5185	0.04	0.5161	0.0024
29	1.01	0.5370	0.04	0.5161	0.0209
30	1.04	0.5556	0.14	0.5541	0.0014
31	1.05	0.5741	0.17	0.5667	0.0074
32	1.06	0.5926	0.20	0.5792	0.0134
33	1.10	0.6111	0.33	0.6284	0.0173
34	1.13	0.6296	0.42	0.6640	0.0344
35	1.13	0.6481	0.42	0.6640	0.0158
36	1.13	0.6667	0.42	0.6640	0.0027
37	1.15	0.6852	0.49	0.6869	0.0018
38	1.16	0.7037	0.52	0.6982	0.0055
39	1.17	0.7222	0.55	0.7092	0.0130
40	1.19	0.7407	0.61	0.7307	0.0101
41	1.21	0.7593	0.68	0.7513	0.0079
42	1.25	0.7778	0.81	0.7900	0.0122
43	1.31	0.7963	1.00	0.8408	0.0445
44	1.31	0.8148	1.00	0.8408	0.0260
45	1.33	0.8333	1.06	0.8558	0.0225
46	1.38	0.8519	1.22	0.8890	0.0372
47	1.38	0.8704	1.22	0.8890	0.0186
48	1.39	0.8889	1.25	0.8949	0.0060
49	1.40	0.9074	1.29	0.9006	0.0068
50	1.56	0.9259	1.80	0.9637	0.0378
51	1.58	0.9444	1.86	0.9685	0.0241
52	1.61	0.9630	1.96	0.9747	0.0118
53	1.70	0.9815	2.24	0.9875	0.0061

MES : ABRIL

n	53	Δ_{max}	0.0769
X'	1.01	α	5%
S	0.247	Δ_o	0.1868
		Δ_{max}	< Δ_o

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.49	0.0185	-2.09	0.0184	0.0001
2	0.62	0.0370	-1.56	0.0592	0.0221
3	0.64	0.0556	-1.48	0.0693	0.0138
4	0.64	0.0741	-1.48	0.0693	0.0048
5	0.68	0.0926	-1.32	0.0936	0.0010
6	0.72	0.1111	-1.16	0.1236	0.0125
7	0.72	0.1296	-1.16	0.1236	0.0060
8	0.75	0.1481	-1.04	0.1502	0.0020
9	0.76	0.1667	-1.00	0.1598	0.0069
10	0.77	0.1852	-0.95	0.1699	0.0153
11	0.79	0.2037	-0.87	0.1911	0.0126
12	0.81	0.2222	-0.79	0.2139	0.0083
13	0.83	0.2407	-0.71	0.2383	0.0025
14	0.83	0.2593	-0.71	0.2383	0.0210
15	0.84	0.2778	-0.67	0.2510	0.0268
16	0.86	0.2963	-0.59	0.2775	0.0188
17	0.86	0.3148	-0.59	0.2775	0.0374
18	0.87	0.3333	-0.55	0.2912	0.0421
19	0.90	0.3519	-0.43	0.3341	0.0177
20	0.90	0.3704	-0.43	0.3341	0.0362
21	0.91	0.3889	-0.39	0.3490	0.0399
22	0.91	0.4074	-0.39	0.3490	0.0584
23	0.91	0.4259	-0.39	0.3490	0.0769
24	0.95	0.4444	-0.23	0.4106	0.0339
25	0.99	0.4630	-0.06	0.4744	0.0115
26	0.99	0.4815	-0.06	0.4744	0.0071
27	1.00	0.5000	-0.02	0.4906	0.0094
28	1.02	0.5185	0.06	0.5228	0.0043
29	1.02	0.5370	0.06	0.5228	0.0142
30	1.04	0.5556	0.14	0.5550	0.0006
31	1.04	0.5741	0.14	0.5550	0.0191
32	1.05	0.5926	0.18	0.5709	0.0217
33	1.08	0.6111	0.30	0.6180	0.0069
34	1.09	0.6296	0.34	0.6333	0.0037
35	1.09	0.6481	0.34	0.6333	0.0148
36	1.10	0.6667	0.38	0.6484	0.0182
37	1.12	0.6852	0.46	0.6780	0.0072
38	1.14	0.7037	0.54	0.7065	0.0027
39	1.17	0.7222	0.66	0.7468	0.0246
40	1.18	0.7407	0.70	0.7596	0.0188
41	1.18	0.7593	0.70	0.7596	0.0003
42	1.20	0.7778	0.79	0.7840	0.0063
43	1.21	0.7963	0.83	0.7957	0.0006
44	1.22	0.8148	0.87	0.8070	0.0078
45	1.23	0.8333	0.91	0.8179	0.0154
46	1.26	0.8519	1.03	0.8482	0.0036
47	1.31	0.8704	1.23	0.8909	0.0205
48	1.33	0.8889	1.31	0.9053	0.0164
49	1.35	0.9074	1.39	0.9182	0.0108
50	1.37	0.9259	1.47	0.9298	0.0038
51	1.39	0.9444	1.56	0.9400	0.0044
52	1.39	0.9630	1.56	0.9400	0.0229
53	1.79	0.9815	3.17	0.9992	0.0178

MES : MAYO

n	53	Δ_{\max}	0.1533	
X'	0.74	α	5%	
S	0.177	Δ_0	0.1868	
		Δ_{\max}	$<$	Δ_0

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.48	0.0185	-1.47	0.0714	0.0529
2	0.48	0.0370	-1.47	0.0714	0.0343
3	0.50	0.0556	-1.35	0.0881	0.0326
4	0.53	0.0741	-1.18	0.1185	0.0445
5	0.54	0.0926	-1.13	0.1302	0.0376
6	0.57	0.1111	-0.96	0.1696	0.0585
7	0.57	0.1296	-0.96	0.1696	0.0400
8	0.58	0.1481	-0.90	0.1843	0.0362
9	0.60	0.1667	-0.79	0.2160	0.0494
10	0.60	0.1852	-0.79	0.2160	0.0308
11	0.62	0.2037	-0.67	0.2507	0.0470
12	0.62	0.2222	-0.67	0.2507	0.0284
13	0.62	0.2407	-0.67	0.2507	0.0099
14	0.63	0.2593	-0.62	0.2690	0.0098
15	0.64	0.2778	-0.56	0.2881	0.0103
16	0.64	0.2963	-0.56	0.2881	0.0082
17	0.65	0.3148	-0.50	0.3077	0.0071
18	0.65	0.3333	-0.50	0.3077	0.0256
19	0.66	0.3519	-0.45	0.3279	0.0240
20	0.66	0.3704	-0.45	0.3279	0.0425
21	0.66	0.3889	-0.45	0.3279	0.0610
22	0.67	0.4074	-0.39	0.3486	0.0588
23	0.67	0.4259	-0.39	0.3486	0.0773
24	0.67	0.4444	-0.39	0.3486	0.0958
25	0.68	0.4630	-0.33	0.3698	0.0932
26	0.69	0.4815	-0.28	0.3914	0.0901
27	0.70	0.5000	-0.22	0.4133	0.0867
28	0.70	0.5185	-0.22	0.4133	0.1052
29	0.70	0.5370	-0.22	0.4133	0.1238
30	0.70	0.5556	-0.22	0.4133	0.1423
31	0.71	0.5741	-0.16	0.4355	0.1386
32	0.72	0.5926	-0.11	0.4579	0.1347
33	0.72	0.6111	-0.11	0.4579	0.1533
34	0.73	0.6296	-0.05	0.4804	0.1492
35	0.77	0.6481	0.18	0.5704	0.0777
36	0.78	0.6667	0.23	0.5925	0.0741
37	0.81	0.6852	0.40	0.6569	0.0283
38	0.82	0.7037	0.46	0.6775	0.0262
39	0.82	0.7222	0.46	0.6775	0.0447
40	0.83	0.7407	0.52	0.6976	0.0432
41	0.84	0.7593	0.57	0.7170	0.0422
42	0.86	0.7778	0.69	0.7541	0.0237
43	0.87	0.7963	0.74	0.7716	0.0247
44	0.87	0.8148	0.74	0.7716	0.0433
45	0.90	0.8333	0.91	0.8196	0.0137
46	0.92	0.8519	1.03	0.8479	0.0040
47	0.92	0.8704	1.03	0.8479	0.0225
48	0.93	0.8889	1.08	0.8608	0.0281
49	0.95	0.9074	1.20	0.8844	0.0230
50	0.96	0.9259	1.25	0.8951	0.0309
51	1.19	0.9444	2.56	0.9947	0.0503
52	1.26	0.9630	2.95	0.9984	0.0355
53	1.29	0.9815	3.12	0.9991	0.0176

MES : JUNIO

n	53	Δ_{\max}	0.1203	
X'	0.61	α	5%	
S	0.211	Δ_0	0.1868	
		Δ_{\max}	$<$	Δ_0

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.28	0.0185	-1.58	0.0568	0.0382
2	0.33	0.0370	-1.35	0.0891	0.0521
3	0.36	0.0556	-1.20	0.1142	0.0587
4	0.36	0.0741	-1.20	0.1142	0.0401
5	0.37	0.0926	-1.16	0.1236	0.0310
6	0.38	0.1111	-1.11	0.1335	0.0224
7	0.40	0.1296	-1.02	0.1550	0.0254
8	0.42	0.1481	-0.92	0.1786	0.0305
9	0.43	0.1667	-0.87	0.1912	0.0246
10	0.43	0.1852	-0.87	0.1912	0.0060
11	0.43	0.2037	-0.87	0.1912	0.0125
12	0.45	0.2222	-0.78	0.2180	0.0042
13	0.46	0.2407	-0.73	0.2322	0.0085
14	0.47	0.2593	-0.68	0.2469	0.0124
15	0.48	0.2778	-0.64	0.2621	0.0157
16	0.48	0.2963	-0.64	0.2621	0.0342
17	0.48	0.3148	-0.64	0.2621	0.0527
18	0.49	0.3333	-0.59	0.2777	0.0556
19	0.50	0.3519	-0.54	0.2938	0.0581
20	0.50	0.3704	-0.54	0.2938	0.0766
21	0.52	0.3889	-0.45	0.3271	0.0618
22	0.52	0.4074	-0.45	0.3271	0.0803
23	0.53	0.4259	-0.40	0.3444	0.0816
24	0.54	0.4444	-0.35	0.3619	0.0825
25	0.56	0.4630	-0.26	0.3979	0.0650
26	0.58	0.4815	-0.16	0.4348	0.0467
27	0.58	0.5000	-0.16	0.4348	0.0652
28	0.59	0.5185	-0.12	0.4535	0.0650
29	0.59	0.5370	-0.12	0.4535	0.0836
30	0.60	0.5556	-0.07	0.4723	0.0833
31	0.60	0.5741	-0.07	0.4723	0.1018
32	0.60	0.5926	-0.07	0.4723	0.1203
33	0.64	0.6111	0.12	0.5476	0.0635
34	0.64	0.6296	0.12	0.5476	0.0821
35	0.65	0.6481	0.17	0.5662	0.0819
36	0.65	0.6667	0.17	0.5662	0.1004
37	0.68	0.6852	0.31	0.6212	0.0640
38	0.69	0.7037	0.36	0.6391	0.0646
39	0.70	0.7222	0.40	0.6566	0.0656
40	0.72	0.7407	0.50	0.6907	0.0501
41	0.73	0.7593	0.55	0.7072	0.0521
42	0.74	0.7778	0.59	0.7232	0.0546
43	0.78	0.7963	0.78	0.7827	0.0135
44	0.82	0.8148	0.97	0.8341	0.0193
45	0.82	0.8333	0.97	0.8341	0.0008
46	0.84	0.8519	1.07	0.8566	0.0048
47	0.93	0.8704	1.49	0.9320	0.0616
48	0.94	0.8889	1.54	0.9380	0.0491
49	0.98	0.9074	1.73	0.9579	0.0505
50	0.98	0.9259	1.73	0.9579	0.0320
51	0.99	0.9444	1.77	0.9620	0.0176
52	1.05	0.9630	2.06	0.9802	0.0172
53	1.30	0.9815	3.24	0.9994	0.0179

MES : JULIO

n	53	Δ_{max}	0.1262
X'	0.43	α	5%
S	0.165	Δ_o	0.1868
		Δ_{max}	<
			Δ_o

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.09	0.0185	-2.07	0.0192	0.0007
2	0.17	0.0370	-1.59	0.0565	0.0194
3	0.18	0.0556	-1.52	0.0637	0.0082
4	0.20	0.0741	-1.40	0.0803	0.0062
5	0.25	0.0926	-1.10	0.1358	0.0432
6	0.25	0.1111	-1.10	0.1358	0.0247
7	0.25	0.1296	-1.10	0.1358	0.0062
8	0.26	0.1481	-1.04	0.1495	0.0013
9	0.26	0.1667	-1.04	0.1495	0.0172
10	0.27	0.1852	-0.98	0.1640	0.0212
11	0.27	0.2037	-0.98	0.1640	0.0397
12	0.28	0.2222	-0.92	0.1795	0.0427
13	0.30	0.2407	-0.80	0.2130	0.0277
14	0.33	0.2593	-0.61	0.2697	0.0104
15	0.33	0.2778	-0.61	0.2697	0.0081
16	0.33	0.2963	-0.61	0.2697	0.0266
17	0.33	0.3148	-0.61	0.2697	0.0452
18	0.33	0.3333	-0.61	0.2697	0.0637
19	0.33	0.3519	-0.61	0.2697	0.0822
20	0.34	0.3704	-0.55	0.2901	0.0803
21	0.35	0.3889	-0.49	0.3112	0.0777
22	0.35	0.4074	-0.49	0.3112	0.0962
23	0.36	0.4259	-0.43	0.3330	0.0930
24	0.37	0.4444	-0.37	0.3553	0.0892
25	0.37	0.4630	-0.37	0.3553	0.1077
26	0.37	0.4815	-0.37	0.3553	0.1262
27	0.39	0.5000	-0.25	0.4014	0.0986
28	0.40	0.5185	-0.19	0.4251	0.0935
29	0.43	0.5370	-0.01	0.4973	0.0398
30	0.45	0.5556	0.11	0.5456	0.0100
31	0.46	0.5741	0.18	0.5695	0.0045
32	0.46	0.5926	0.18	0.5695	0.0230
33	0.48	0.6111	0.30	0.6166	0.0055
34	0.54	0.6296	0.66	0.7456	0.1160
35	0.54	0.6481	0.66	0.7456	0.0975
36	0.55	0.6667	0.72	0.7647	0.0980
37	0.55	0.6852	0.72	0.7647	0.0795
38	0.57	0.7037	0.84	0.8004	0.0967
39	0.57	0.7222	0.84	0.8004	0.0781
40	0.58	0.7407	0.90	0.8169	0.0762
41	0.58	0.7593	0.90	0.8169	0.0576
42	0.59	0.7778	0.96	0.8326	0.0548
43	0.59	0.7963	0.96	0.8326	0.0363
44	0.60	0.8148	1.03	0.8473	0.0325
45	0.60	0.8333	1.03	0.8473	0.0140
46	0.62	0.8519	1.15	0.8742	0.0223
47	0.62	0.8704	1.15	0.8742	0.0038
48	0.62	0.8889	1.15	0.8742	0.0147
49	0.63	0.9074	1.21	0.8863	0.0211
50	0.67	0.9259	1.45	0.9265	0.0005
51	0.70	0.9444	1.63	0.9487	0.0042
52	0.71	0.9630	1.69	0.9547	0.0082
53	0.83	0.9815	2.42	0.9923	0.0108

MES : AGOSTO

n	53	Δ_{max}	0.1387
X'	0.40	α	5%
S	0.208	Δ_o	0.1868
		Δ_{max}	<
			Δ_o

BUEN AJUSTE

m	Q = X m ³ /s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.11	0.0185	-1.41	0.0793	0.0608
2	0.11	0.0370	-1.41	0.0793	0.0423
3	0.12	0.0556	-1.36	0.0867	0.0311
4	0.13	0.0741	-1.31	0.0945	0.0204
5	0.15	0.0926	-1.22	0.1117	0.0191
6	0.20	0.1111	-0.98	0.1641	0.0530
7	0.21	0.1296	-0.93	0.1762	0.0466
8	0.22	0.1481	-0.88	0.1889	0.0408
9	0.23	0.1667	-0.83	0.2022	0.0355
10	0.24	0.1852	-0.79	0.2160	0.0308
11	0.24	0.2037	-0.79	0.2160	0.0123
12	0.25	0.2222	-0.74	0.2303	0.0081
13	0.26	0.2407	-0.69	0.2451	0.0044
14	0.27	0.2593	-0.64	0.2605	0.0012
15	0.28	0.2778	-0.59	0.2763	0.0015
16	0.29	0.2963	-0.55	0.2926	0.0037
17	0.29	0.3148	-0.55	0.2926	0.0223
18	0.29	0.3333	-0.55	0.2926	0.0408
19	0.29	0.3519	-0.55	0.2926	0.0593
20	0.30	0.3704	-0.50	0.3093	0.0611
21	0.30	0.3889	-0.50	0.3093	0.0796
22	0.30	0.4074	-0.50	0.3093	0.0981
23	0.31	0.4259	-0.45	0.3264	0.0996
24	0.32	0.4444	-0.40	0.3439	0.1006
25	0.33	0.4630	-0.35	0.3617	0.1013
26	0.34	0.4815	-0.31	0.3798	0.1017
27	0.34	0.5000	-0.31	0.3798	0.1202
28	0.35	0.5185	-0.26	0.3982	0.1203
29	0.36	0.5370	-0.21	0.4168	0.1202
30	0.36	0.5556	-0.21	0.4168	0.1387
31	0.38	0.5741	-0.11	0.4546	0.1195
32	0.40	0.5926	-0.02	0.4928	0.0998
33	0.40	0.6111	-0.02	0.4928	0.1183
34	0.41	0.6296	0.03	0.5119	0.1177
35	0.42	0.6481	0.08	0.5310	0.1171
36	0.42	0.6667	0.08	0.5310	0.1356
37	0.43	0.6852	0.13	0.5501	0.1351
38	0.44	0.7037	0.17	0.5690	0.1347
39	0.47	0.7222	0.32	0.6247	0.0976
40	0.50	0.7407	0.46	0.6779	0.0629
41	0.50	0.7593	0.46	0.6779	0.0814
42	0.56	0.7778	0.75	0.7733	0.0045
43	0.64	0.7963	1.13	0.8715	0.0752
44	0.66	0.8148	1.23	0.8905	0.0757
45	0.67	0.8333	1.28	0.8993	0.0659
46	0.68	0.8519	1.33	0.9075	0.0556
47	0.69	0.8704	1.37	0.9152	0.0448
48	0.74	0.8889	1.61	0.9467	0.0578
49	0.80	0.9074	1.90	0.9714	0.0640
50	0.81	0.9259	1.95	0.9744	0.0484
51	0.84	0.9444	2.09	0.9818	0.0374
52	0.85	0.9630	2.14	0.9839	0.0209
53	0.90	0.9815	2.38	0.9914	0.0099

MES : SEPTIEMBRE

n 53 Δ_{max} **0.0902**
X' **0.47** α 5%
S **0.178** Δ_o **0.1868**
 $\Delta_{max} < \Delta_o$

BUEN AJUSTE

m	Q = X m³/s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.13	0.0185	-1.90	0.0287	0.0102
2	0.18	0.0370	-1.62	0.0526	0.0155
3	0.23	0.0556	-1.34	0.0901	0.0345
4	0.25	0.0741	-1.23	0.1097	0.0356
5	0.25	0.0926	-1.23	0.1097	0.0171
6	0.26	0.1111	-1.17	0.1205	0.0094
7	0.28	0.1296	-1.06	0.1445	0.0149
8	0.28	0.1481	-1.06	0.1445	0.0036
9	0.29	0.1667	-1.00	0.1576	0.0090
10	0.31	0.1852	-0.89	0.1862	0.0010
11	0.31	0.2037	-0.89	0.1862	0.0175
12	0.32	0.2222	-0.84	0.2015	0.0207
13	0.32	0.2407	-0.84	0.2015	0.0392
14	0.34	0.2593	-0.72	0.2345	0.0248
15	0.34	0.2778	-0.72	0.2345	0.0433
16	0.35	0.2963	-0.67	0.2520	0.0442
17	0.37	0.3148	-0.56	0.2891	0.0257
18	0.37	0.3333	-0.56	0.2891	0.0442
19	0.38	0.3519	-0.50	0.3085	0.0433
20	0.38	0.3704	-0.50	0.3085	0.0618
21	0.38	0.3889	-0.50	0.3085	0.0803
22	0.40	0.4074	-0.39	0.3490	0.0584
23	0.41	0.4259	-0.33	0.3700	0.0559
24	0.42	0.4444	-0.28	0.3913	0.0531
25	0.42	0.4630	-0.28	0.3913	0.0716
26	0.42	0.4815	-0.28	0.3913	0.0902
27	0.44	0.5000	-0.16	0.4349	0.0651
28	0.45	0.5185	-0.11	0.4571	0.0614
29	0.47	0.5370	0.00	0.5017	0.0354
30	0.50	0.5556	0.17	0.5684	0.0128
31	0.50	0.5741	0.17	0.5684	0.0057
32	0.51	0.5926	0.23	0.5903	0.0023
33	0.51	0.6111	0.23	0.5903	0.0208
34	0.52	0.6296	0.28	0.6119	0.0177
35	0.52	0.6481	0.28	0.6119	0.0362
36	0.54	0.6667	0.40	0.6541	0.0126
37	0.54	0.6852	0.40	0.6541	0.0311
38	0.55	0.7037	0.45	0.6745	0.0292
39	0.56	0.7222	0.51	0.6944	0.0278
40	0.56	0.7407	0.51	0.6944	0.0463
41	0.58	0.7593	0.62	0.7325	0.0267
42	0.60	0.7778	0.73	0.7681	0.0097
43	0.63	0.7963	0.90	0.8161	0.0198
44	0.66	0.8148	1.07	0.8574	0.0426
45	0.68	0.8333	1.18	0.8811	0.0478
46	0.68	0.8519	1.18	0.8811	0.0293
47	0.69	0.8704	1.24	0.8919	0.0215
48	0.71	0.8889	1.35	0.9113	0.0224
49	0.74	0.9074	1.52	0.9353	0.0279
50	0.76	0.9259	1.63	0.9483	0.0224
51	0.79	0.9444	1.80	0.9638	0.0194
52	0.89	0.9630	2.36	0.9908	0.0278
53	0.90	0.9815	2.41	0.9921	0.0106

MES : OCTUBRE

n 53 Δ_{max} **0.0774**
X' **0.65** α 5%
S **0.201** Δ_o **0.1868**
 $\Delta_{max} < \Delta_o$

BUEN AJUSTE

m	Q = X m³/s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.31	0.0185	-1.69	0.0458	0.0273
2	0.35	0.0370	-1.49	0.0684	0.0314
3	0.36	0.0556	-1.44	0.0752	0.0197
4	0.38	0.0741	-1.34	0.0904	0.0163
5	0.41	0.0926	-1.19	0.1172	0.0246
6	0.42	0.1111	-1.14	0.1273	0.0162
7	0.42	0.1296	-1.14	0.1273	0.0023
8	0.42	0.1481	-1.14	0.1273	0.0208
9	0.43	0.1667	-1.09	0.1380	0.0287
10	0.44	0.1852	-1.04	0.1493	0.0359
11	0.47	0.2037	-0.89	0.1867	0.0170
12	0.49	0.2222	-0.79	0.2146	0.0076
13	0.50	0.2407	-0.74	0.2295	0.0113
14	0.50	0.2593	-0.74	0.2295	0.0298
15	0.50	0.2778	-0.74	0.2295	0.0483
16	0.52	0.2963	-0.64	0.2608	0.0355
17	0.53	0.3148	-0.59	0.2772	0.0376
18	0.54	0.3333	-0.54	0.2941	0.0392
19	0.54	0.3519	-0.54	0.2941	0.0577
20	0.54	0.3704	-0.54	0.2941	0.0762
21	0.55	0.3889	-0.49	0.3115	0.0774
22	0.59	0.4074	-0.29	0.3850	0.0224
23	0.59	0.4259	-0.29	0.3850	0.0409
24	0.60	0.4444	-0.24	0.4042	0.0402
25	0.60	0.4630	-0.24	0.4042	0.0588
26	0.61	0.4815	-0.19	0.4236	0.0579
27	0.62	0.5000	-0.14	0.4432	0.0568
28	0.66	0.5185	0.06	0.5225	0.0040
29	0.66	0.5370	0.06	0.5225	0.0146
30	0.67	0.5556	0.11	0.5423	0.0133
31	0.67	0.5741	0.11	0.5423	0.0318
32	0.68	0.5926	0.16	0.5620	0.0306
33	0.68	0.6111	0.16	0.5620	0.0491
34	0.72	0.6296	0.36	0.6388	0.0092
35	0.74	0.6481	0.45	0.6754	0.0273
36	0.75	0.6667	0.50	0.6931	0.0265
37	0.75	0.6852	0.50	0.6931	0.0079
38	0.77	0.7037	0.60	0.7272	0.0235
39	0.77	0.7222	0.60	0.7272	0.0050
40	0.77	0.7407	0.60	0.7272	0.0135
41	0.78	0.7593	0.65	0.7435	0.0158
42	0.80	0.7778	0.75	0.7745	0.0033
43	0.81	0.7963	0.80	0.7892	0.0071
44	0.82	0.8148	0.85	0.8033	0.0115
45	0.82	0.8333	0.85	0.8033	0.0300
46	0.83	0.8519	0.90	0.8168	0.0351
47	0.84	0.8704	0.95	0.8297	0.0407
48	0.89	0.8889	1.20	0.8853	0.0036
49	0.94	0.9074	1.45	0.9266	0.0192
50	0.97	0.9259	1.60	0.9453	0.0193
51	0.99	0.9444	1.70	0.9555	0.0110
52	1.14	0.9630	2.45	0.9928	0.0298
53	1.23	0.9815	2.90	0.9981	0.0166

MES : NOVIEMBRE

n **53** Δ_{max} **0.0870**
 X' **0.73** α **5%**
 S **0.221** Δ_o **0.1868**
 $\Delta_{max} < \Delta_o$

BUEN AJUSTE

m	Q = X m³/s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.28	0.0185	-2.03	0.0211	0.0026
2	0.36	0.0370	-1.67	0.0475	0.0105
3	0.44	0.0556	-1.31	0.0955	0.0400
4	0.45	0.0741	-1.26	0.1034	0.0293
5	0.47	0.0926	-1.17	0.1206	0.0281
6	0.49	0.1111	-1.08	0.1398	0.0287
7	0.50	0.1296	-1.04	0.1501	0.0205
8	0.53	0.1481	-0.90	0.1840	0.0359
9	0.53	0.1667	-0.90	0.1840	0.0173
10	0.54	0.1852	-0.85	0.1963	0.0111
11	0.54	0.2037	-0.85	0.1963	0.0074
12	0.55	0.2222	-0.81	0.2091	0.0131
13	0.55	0.2407	-0.81	0.2091	0.0317
14	0.56	0.2593	-0.76	0.2223	0.0369
15	0.56	0.2778	-0.76	0.2223	0.0555
16	0.57	0.2963	-0.72	0.2360	0.0603
17	0.58	0.3148	-0.67	0.2502	0.0646
18	0.58	0.3333	-0.67	0.2502	0.0831
19	0.59	0.3519	-0.63	0.2648	0.0870
20	0.61	0.3704	-0.54	0.2953	0.0751
21	0.64	0.3889	-0.40	0.3437	0.0451
22	0.65	0.4074	-0.36	0.3605	0.0469
23	0.65	0.4259	-0.36	0.3605	0.0654
24	0.69	0.4444	-0.18	0.4302	0.0143
25	0.71	0.4630	-0.09	0.4660	0.0030
26	0.72	0.4815	-0.04	0.4840	0.0025
27	0.73	0.5000	0.01	0.5020	0.0020
28	0.73	0.5185	0.01	0.5020	0.0165
29	0.75	0.5370	0.10	0.5381	0.0011
30	0.76	0.5556	0.14	0.5560	0.0005
31	0.76	0.5741	0.14	0.5560	0.0180
32	0.79	0.5926	0.28	0.6090	0.0164
33	0.79	0.6111	0.28	0.6090	0.0021
34	0.80	0.6296	0.32	0.6263	0.0034
35	0.80	0.6481	0.32	0.6263	0.0219
36	0.80	0.6667	0.32	0.6263	0.0404
37	0.81	0.6852	0.37	0.6433	0.0419
38	0.82	0.7037	0.41	0.6600	0.0437
39	0.82	0.7222	0.41	0.6600	0.0622
40	0.82	0.7407	0.41	0.6600	0.0807
41	0.85	0.7593	0.55	0.7083	0.0510
42	0.88	0.7778	0.68	0.7530	0.0247
43	0.89	0.7963	0.73	0.7671	0.0292
44	0.90	0.8148	0.77	0.7807	0.0341
45	0.91	0.8333	0.82	0.7939	0.0395
46	0.93	0.8519	0.91	0.8187	0.0332
47	0.94	0.8704	0.96	0.8304	0.0400
48	1.03	0.8889	1.36	0.9136	0.0247
49	1.14	0.9074	1.86	0.9686	0.0612
50	1.16	0.9259	1.95	0.9745	0.0486
51	1.16	0.9444	1.95	0.9745	0.0301
52	1.22	0.9630	2.22	0.9869	0.0239
53	1.30	0.9815	2.59	0.9951	0.0137

MES : DICIEMBRE

n **53** Δ_{max} **0.0792**
 X' **0.73** α **5%**
 S **0.201** Δ_o **0.1868**
 $\Delta_{max} < \Delta_o$

BUEN AJUSTE

m	Q = X m³/s	P(X) m/(n+1)	Z (X-X')/S	F(Z)	Δ
1	0.28	0.0185	-2.21	0.0135	0.0051
2	0.35	0.0370	-1.86	0.0311	0.0059
3	0.39	0.0556	-1.67	0.0479	0.0077
4	0.43	0.0741	-1.47	0.0712	0.0029
5	0.44	0.0926	-1.42	0.0782	0.0144
6	0.45	0.1111	-1.37	0.0857	0.0254
7	0.47	0.1296	-1.27	0.1024	0.0273
8	0.51	0.1481	-1.07	0.1425	0.0057
9	0.54	0.1667	-0.92	0.1787	0.0121
10	0.55	0.1852	-0.87	0.1920	0.0068
11	0.56	0.2037	-0.82	0.2059	0.0022
12	0.57	0.2222	-0.77	0.2203	0.0019
13	0.58	0.2407	-0.72	0.2354	0.0054
14	0.59	0.2593	-0.67	0.2509	0.0083
15	0.60	0.2778	-0.62	0.2670	0.0108
16	0.60	0.2963	-0.62	0.2670	0.0293
17	0.61	0.3148	-0.57	0.2836	0.0312
18	0.62	0.3333	-0.52	0.3007	0.0327
19	0.62	0.3519	-0.52	0.3007	0.0512
20	0.65	0.3704	-0.37	0.3545	0.0159
21	0.65	0.3889	-0.37	0.3545	0.0344
22	0.66	0.4074	-0.32	0.3731	0.0343
23	0.67	0.4259	-0.27	0.3921	0.0338
24	0.68	0.4444	-0.22	0.4113	0.0331
25	0.69	0.4630	-0.17	0.4308	0.0322
26	0.69	0.4815	-0.17	0.4308	0.0507
27	0.72	0.5000	-0.03	0.4899	0.0101
28	0.72	0.5185	-0.03	0.4899	0.0286
29	0.72	0.5370	-0.03	0.4899	0.0471
30	0.73	0.5556	0.02	0.5097	0.0458
31	0.74	0.5741	0.07	0.5295	0.0445
32	0.78	0.5926	0.27	0.6076	0.0150
33	0.81	0.6111	0.42	0.6635	0.0524
34	0.82	0.6296	0.47	0.6815	0.0518
35	0.84	0.6481	0.57	0.7161	0.0679
36	0.85	0.6667	0.62	0.7327	0.0660
37	0.87	0.6852	0.72	0.7643	0.0792
38	0.87	0.7037	0.72	0.7643	0.0606
39	0.88	0.7222	0.77	0.7794	0.0572
40	0.88	0.7407	0.77	0.7794	0.0386
41	0.90	0.7593	0.87	0.8077	0.0485
42	0.90	0.7778	0.87	0.8077	0.0299
43	0.91	0.7963	0.92	0.8210	0.0247
44	0.92	0.8148	0.97	0.8337	0.0189
45	0.94	0.8333	1.07	0.8573	0.0240
46	0.95	0.8519	1.12	0.8682	0.0164
47	0.97	0.8704	1.22	0.8883	0.0179
48	0.98	0.8889	1.27	0.8975	0.0086
49	0.99	0.9074	1.32	0.9061	0.0013
50	1.02	0.9259	1.47	0.9287	0.0028
51	1.05	0.9444	1.62	0.9469	0.0024
52	1.11	0.9630	1.91	0.9722	0.0092
53	1.11	0.9815	1.91	0.9722	0.0093