

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



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

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO HIDRÁULICO

Presentado por el Bachiller:

MAURICIO BENITO QUIROZ QUIROZ

Asesorado por:

Dr. Ing. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA-PERÚ

2019

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Ing. Francisco Huamán Vidaurre, asesor de esta presente investigación, por su apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz; jurado de tesis, por sus valiosos comentarios a la presente investigación.

Al Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez, jurado de tesis, por su apoyo y comentarios al presente documento.

Al M.Sc. Ing. Marco Silva Silva, jurado de tesis, por su apoyo y consejos en la presente investigación.

Al Dr. Nilton Deza Arroyo Por confiar en este proyecto y tener buena disposición durante el desarrollo del trabajo.

Al proyecto de investigación TEAM VLIR-UOS.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, por darme la vida, la esperanza y fortaleza para poder culminar este trabajo con éxito.

A mis Padres, Sebastián y Mercedes que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermana, Pamela por el apoyo constante.

A mi hijo y a su madre, Mauricio y Miriam, que fueron mi fortaleza para poder culminar mi carrera profesional y terminar este trabajo con éxito.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION	2
1.4 ALCANCES DE LA INVESTIGACION.....	2
1.5 OBJETIVOS	2
A) OBJETIVO GENERAL	2
B) OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.6 DESCRIPCION DE CONTENIDOS	3
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTES TEORICOS	4
2.2 BASES TEORICA.....	4
2.2.1 Hidrología	4
2.2.2 Tratamiento estadístico de información hidrológica.....	8
2.2.3 Modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz.....	24
2.2.4 Transferencia de información hidrometeorológica.....	36
2.2.5 Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica.....	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1 Ubicación del área de estudio	45
3.2 Equipos y materiales utilizados durante la investigación.	47
3.3 Procedimiento de recolección de datos en campo	47
3.4 Tratamiento Cartográfico.....	48
3.5 Análisis estadístico de la información meteorológica	48
3.6 Generación de Caudales.....	52
IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	54
4.1 Análisis Cartográfico de la zona de estudio.....	54
4.2 Tratamiento estadístico de la información hidrológica.....	54
4.3 Precipitación media mensual de la microcuenca Jadibamba	55
4.4 Precipitación Efectiva	58
4.5 Generación de caudales con el modelo determinístico de Lutz Scholz.....	59
4.6 Generación de caudales utilizando el modelo Transposición de caudales	66
4.7 Caudales aforados en la microcuenca Jadibamba para el año 2017	68
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones	70
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Isoyetas de una cuenca.....	7
Figura 2.- Serie con componente transitoria en forma de salto	9
Figura 3.- Serie con componente transitoria en forma de tendencia	9
Figura 4.- Serie histórica de caudales promedios anuales.	10
Figura 5.- Análisis doble masa para determinar la estación base	11
Figura 6.- Análisis doble masa para obtener los periodos de estudio (en este caso n_1 , n_2 , n_3)	11
Figura 7.- Grados de libertad	13
Figura 8.- Serie histórica de caudales de las cuencas A y B	20
Figura 9.- Series de tamaños N_1 y $N=N_1+N_2$	21
Figura 10.- Ubicación política de la microcuenca Jadibamba	45
Figura 11.- Ubicación referencial de la microcuenca Jadibamba.....	46
Figura 12.- Distribución espacial de las estaciones meteorológicas.....	50
Figura 13.- Distribución de la precipitación media mensual de la microcuenca Jadibamba	56
Figura 14.- Precipitación media mensual (PMTM) y precipitación efectiva (PME) de la microcuenca Jadibamba	59
Figura 15.- Comparación de Caudales Caudales Generados QM GEN. EXT., Observados QM OBS. y Transpuestos QM TRAS. de la microcuenca Jadibamba	69
Figura 16.- Pluviogramas anuales de la estación A. Weberbauer	79
Figura 17.- Pluviogramas anuales de la estación Maqui Maqui	80
Figura 18.- Pluviogramas anuales de la estación La Encañada	80
Figura 19.- Pluviogramas anuales de la estación Quebrada Shugar	81
Figura 20.- Pluviogramas anuales de la estación Celendín	81
Figura 21.- Análisis de doble masa estación Maqui Maqui.....	82
Figura 22.- Análisis de doble masa estación La Encañada.....	82
Figura 23.- Análisis de doble masa estación Quebrada Shugar	83
Figura 24.- Análisis de doble masa estación Celendín	83
Figura 25.- Visita al lugar donde se recopiló la información, y selección de la ubicación de la sección de aforo	95
Figura 26.- Medición de tirantes del Rio Jadibamba	95
Figura 27.- Medición de velocidades del Rio Jadibamba.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos	5
Tabla 2.- Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)	31
Tabla 3.- Valores críticos de “ Δo ”	35
Tabla 4.- Variables y dimensiones del fenómeno precipitación-escorrentía.....	40
Tabla 5.- Coordenadas de las estaciones pluviométricas a utilizar para la microcuenca Jadibamba	49
Tabla 6.- Resumen de la completación y extensión de información meteorológica	55
Tabla 7.- Precipitaciones mensuales sobre la microcuenca Jadibamba (mm/mes)	56
Tabla 8.- Precipitación media mensual sobre la microcuenca Jadibamba (mm/mes) ...	58
Tabla 9.- Precipitación efectiva media mensual de la microcuenca Jadibamba (mm/mes).....	58
Tabla 10.- Coeficiente de escorrentía	59
Tabla 11.- Retención de la microcuenca Jadibamba.....	59
Tabla 12.- Coeficiente de agotamiento	60
Tabla 13.- Valores de la relación de caudales de flujo base “ b_0 ”.	60

Tabla 14.- Valores del gasto de retención (Gi) de la microcuenca Jadibamba	61
Tabla 15.- Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca.....	61
Tabla 16.- Valores del abastecimiento de retención “Ai” de la microcuenca Jadibamba	61
Tabla 17.- Caudales generados para el año promedio en la microcuenca Jadibamba....	62
Tabla 18.- Series y coeficientes estadísticos para regresión múltiple	62
Tabla 19.- Series y coeficientes estadísticos para regresión múltiple	62
Tabla 20.- Calculo del \bar{Q}_t mensual.....	62
Tabla 21.- Calculo del error (e) mensual.....	62
Tabla 22.- Caudales generados Q_m (mm/mes) para un período extendido.....	62
Tabla 23.- Caudales medios mensuales mediante modelo Lutz Scholz (m^3/s).....	65
Tabla 24.- Caudales medios de la microcuenca Tres Ríos (2008-2015).....	65
Tabla 25.- Caudales medios de la microcuenca Tres Ríos completados para los años 2016 y 2017, completados a través de números aleatorios	65
Tabla 26.- Precipitación de la microcuenca Tres Ríos en (mm/mes).	65
Tabla 27.- Caudales medios mensuales transpuestos hacia la microcuenca Jadibamba (m^3/s)	67
Tabla 28.- Resumen de Caudales medios mensuales de la microcuenca Jadibamba	68
Tabla 29.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Augusto Weberbauer ..	73
Tabla 30.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Maqui Maqui	74
Tabla 31.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica La Encañada.....	76
Tabla 32.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Quebrada Shugar	76
Tabla 33.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Celendín.....	78
Tabla 34.- Precipitación total mensual mm –Maqui Maqui	84
Tabla 35.- Precipitación total mensual mm- La Encañada.....	85
Tabla 36.- Precipitación total mensual mm- Quebrada Shugar.....	87
Tabla 37.- Precipitación total mensual mm -Celendín	88
Tabla 38.- Precipitación efectiva generadas para la microcuenca Jadibamba (mm/mes)	90
Tabla 39.- Números aleatorios normalmente distribuidos.....	91
Tabla 40.- Generación de descargas por el modelo estocástico (mm/mes).....	92
Tabla 41.- Control de caudales medios mensuales en el río Jadibamba.....	94
Tabla 42.- Distribución normal – prueba de Smirnov Kolmogorov.....	97

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estimar la disponibilidad hídrica de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos. Se realizó la delimitación de la microcuenca Jadibamba y se calculó sus parámetros geomorfológicos, donde el punto emisor se encuentra en el puente tacarpo del río Jadibamba. Se trabajó estadísticamente la información pluviométrica de cinco estaciones meteorológicas para estimar la precipitación media mensual de la microcuenca usando el método de Isoyetas. Los caudales obtenidos con el modelo Lutz Scholz en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Setiembre fueron $2.79 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.64 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.92 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.32 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Los caudales medios mensuales utilizando el modelo determinístico de transposición de caudales en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Setiembre fueron $4.50 \text{ m}^3/\text{s}$, $5.56 \text{ m}^3/\text{s}$, $3.33 \text{ m}^3/\text{s}$, $4.84 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7.14 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Los caudales aforados en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Setiembre fueron $2.99 \text{ m}^3/\text{s}$, $1.45 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.71 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Se determinó que el modelo que más se aproxima a los caudales medidos en la microcuenca Jadibamba durante el año 2017 es el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz.

Palabras Clave: Microcuenca Jadibamba, disponibilidad de agua, modelo Lutz Scholz, Transposición de Caudales, caudales medios mensuales.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to estimate the water availability of the Jadibamba microbasin, using the stochastic deterministic model of Lutz Scholz and the transposed volume of the Tres Ríos basin. The delimitation of the Jadibamba micro-basin was performed and its geomorphological parameters were calculated, where the emitting point is located in the tacarpo bridge of the Jadibamba river. The rainfall information of five meteorological stations was statistically analyzed to estimate the average monthly rainfall of the microbasin using the Isoyetas method. The flows obtained with the Lutz Scholz model in the months of May, June, July, August and September were 2.79 m³ / s, 1.64 m³ / s, 0.92 m³ / s, 1.32 m³ / s and 1.75 m³ / s respectively. The average monthly flows using the deterministic model of transposition of flows in the months of May, June, July, August and September were 4.50 m³ / s, 5.56 m³ / s, 3.33 m³ / s, 4.84 m³ / s and 7.14 m³ / s respectively . The volumetric flows in the months of May, June, July, August and September were 2.99 m³ / s, 1.45 m³ / s, 0.71 m³ / s, 0.57 m³ / s and 0.42 m³ / s respectively. It was determined that the model that most closely approximates the flows measured in the Jadibamba microbasin during the year 2017 is the stochastic deterministic model of Lutz Scholz.

Keywords: Jadibamba micro-basin, water availability, Lutz Scholz model, Transposition of flows, monthly verage flows.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día la disponibilidad hídrica en las cuencas es cada vez más limitada debido a la mala distribución, al aumento de población, al mal manejo de las fuentes del recurso hídrico y a las actividades antrópicas que contaminan el recurso hídrico.

Desde el siglo XIX en diferentes ríos del mundo se registran caudales en estaciones hidrométricas con la finalidad de conocer la cantidad de agua disponible en las cuencas y micro cuencas. La información de los diferentes tipos de caudales en un río y la predicción de caudales futuros son muy importantes en la planificación y desarrollo de proyectos.

La falta de información hidrométrica y pluviométrica de las cuencas y microcuencas en el Perú dificulta determinar actualmente el comportamiento hidrológico; sin embargo, existen modelos hidrológicos tal como el modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz y el modelo determinístico de parámetros adimensionales, según Ortiz (2015).

La microcuenca Jadibamba que se encuentra en el distrito de Huasmín, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, es una de las microcuencas donde carece de información hidrométrica y pluviométrica, debido a la gran importancia que tiene para la región de Cajamarca ya que aporta un régimen de caudales considerables a la cuenca del río Marañón, debido a esto es de suma importancia tener registros de hidrometría, para hacer comparaciones futuras.

Es de suma importancia también tener registros de hidrometría debido a la influencia que tiene el proyecto minero Conga en la microcuenca Jadibamba y como cualquier área intervenida por este tipo de actividades la microcuenca estará sometida a un cambio tanto morfológico como hidrológico, el registro de hidrometría nos ayudará hacer comparaciones futuras en cuanto puede variar el régimen de los caudales de la microcuenca Jadibamba si el proyecto minero conga se ejecutara en un tiempo futuro.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Pregunta principal: ¿Cuál es la disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación tubo como finalidad investigar, la disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, esto radica principalmente a que en la cuenca de estudio no se tienen datos de hidrometría. Considerando que la cuenca en estudio es una de las más importantes en nuestro valle.

La siguiente investigación servirá para comparar registros de hidrometría en tiempos futuros.

1.4 ALCANCES DE LA INVESTIGACION

El siguiente trabajo de investigación consiste en la generación de caudales medios mensuales de la microcuenca Jadibamaba, mediante el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para el periodo (1968-2017) y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos para el periodo (2008-2017), para luego compararlos con los caudales aforados para el año hidrológico 2017 y ver así cuál de los dos modelos se ajusta más a la realidad.

1.5 OBJETIVOS

A) OBJETIVO GENERAL

- ✓ Estimar la disponibilidad de agua de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos.

B) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diagnosticar la información cartográfica e hidrológica de la microcuenca jadibamba.
- ✓ Estimar los caudales medios mensuales del río Jadibamba utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, tomando como punto de descarga el puente Tacarpo, para el período 1968-2017.

- ✓ Estimar los caudales medios mensuales del río Jadibamba utilizando el modelo determinístico de transposición de caudales desde la cuenca Tres Ríos, para el período 2008-2017.

1.6 DESCRIPCION DE CONTENIDOS

A continuación, se presenta los contenidos:

- ✓ Capítulo II: Marco Teórico, en este capítulo encontramos los antecedentes teóricos y bases teóricas.
- ✓ Capítulo III: Materiales y Métodos, en este capítulo se detalla la ubicación y procedimiento de la investigación.
- ✓ Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados, en este capítulo se presentan los resultados, presentando una discusión sobre los resultados.
- ✓ Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, en este capítulo se presentan las conclusiones de acorde a lo objetivos planteados y las recomendaciones principales de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEORICOS

En la microcuenca Jadibamba no se ha encontrado estudios similares, sin embargo, se han encontrado documentos que pueden aportar al desarrollo de esta investigación, a continuación, se presenta algunos estudios relacionados al tema a desarrollar.

En el 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 del Bach. en Ingeniería Hidráulica Cesar Nixon Terán Guevara, quien valida el modelo Lutz Scholz para la microcuenca Ronquillo.

En el 2015, se ha desarrollado la tesis de Doctorado “Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica” a cargo del Ph.D. Ing. Oswaldo Ortiz Vera, quien manifiesta que las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidrológicos altoandinos con base en el fenómeno precipitación-escorrentía se rigen por la morfometría adimensional, lo cual permite solucionar problemas de escasez de información hidrometeorológica con fines de manejo integral de cuencas hidrográficas piloto, que sean motivos de réplica en cuencas similares.

2.2 BASES TEORICA

2.2.1 Hidrología

Cuenca Hidrológica

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (VILLON, M. 2002)

Delimitación de la Cuenca

La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano a curvas de nivel, la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. (VILLON, M. 2002)

Parámetros Geomorfológicos

Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. (ORTIZ, O. 2004)

La cuenca como unidad dinámica natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros.

En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio.

a. Área (A)

Proyección horizontal delimitada por el parteaguas (parteaguas línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas. (APARICIO, F. 2002)

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

Tabla 1.-Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (Km ²)	N° de Orden
Micro cuenca	10-100	1, 2, 3
Sub cuenca	101-700	4, 5
Cuenca	más de 700	6 a más

Fuente: (ORTIZ, O. 2004)

b. Perímetro (P)

Borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal. (VILLON, M. 2002)

c. **Altitud Media (H)**

Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico. En cuencas andinas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa. (ORTIZ, O. 2004)

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i A_i \quad (1)$$

H: Altitud media (m.s.n.m.)

H_i: Altura correspondiente al área acumulada A_i encima de la curva H_i.

A: Área de la Cuenca

n: Número de áreas parciales

También se define como la ordenada media de curva hipsométrica.

d. **Pendiente del Cauce Principal o del Máximo Recorrido**

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. La metodología más recomendada para determinar la pendiente promedio del cauce principal está basada en el uso del perfil longitudinal y mediante la expresión siguiente:

$$S_0 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{s_i} \right)^{1/2}} \right]^2 \quad (2)$$

S₀: Pendiente del cauce principal

l_i: Longitud de cada tramo de pendiente S_i

n: Número de tramos de similar pendiente

En general, la pendiente del cauce principal es mucho menor que la pendiente de la cuenca.

Precipitación

Es el parámetro más importante de los modelos hidrológicos, constituye la masa de agua inicial de entrada al sistema hidrológico; existen varios métodos para calcular o estimar este dato, a continuación, presentamos algunos alcances para calcular la precipitación media de un espacio geográfico o cuenca. (VILLON, M. 2002)

Isoyetas

Para este método, se necesita un plano de Isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las Isoyetas son curvas que unen puntos de igual

precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de Isoyetas. Se puede decir que, si la precipitación es de tipo orográfico, las Isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. (VILLON, M. 2002)

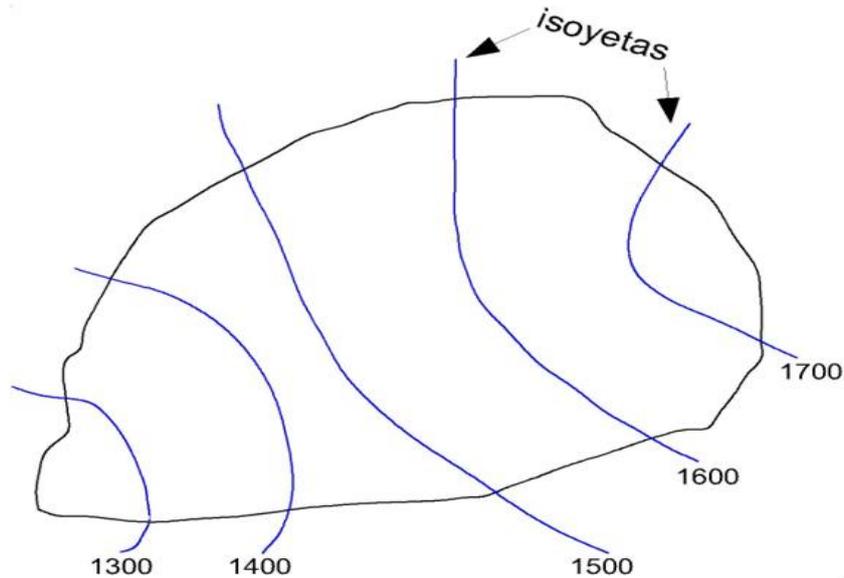


Figura 1.- Isoyetas de una cuenca

Fuente: (VILLON, M. 2002)

El método consiste en:

- ✓ Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- ✓ Trazar las Isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a cómo se trazan las curvas de nivel.
- ✓ Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n entre cada 2 Isoyetas seguidas.
- ✓ Si P_0, P_1, \dots, P_n son las precipitaciones representadas por las Isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0+P_1}{2}A_1 + \dots + \frac{P_{n-1}+P_n}{2}A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (3)$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1}+P_i}{2} \quad (4)$$

Dónde:

P_{med} : precipitación media

A_T : área total de la cuenca

P_i : altura de precipitación de las Isoyetas i

A_i : área parcial comprendida entre las Isoyetas P_{i-1} y P_i

n : número de áreas parciales

2.2.2 Tratamiento estadístico de información hidrológica

a. Análisis de consistencia

El hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico, debe buscar la información de la cuenca en estudio, en las instituciones encargadas de su recopilación, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer es: ¿Es confiable la información disponible?

La respuesta a esta pregunta, se obtiene realizando un análisis de consistencia de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionados por la intervención de la mano del hombre.

La no homogeneidad e inconsistencia, son los causales del cambio a que están expuestas las informaciones hidrológicas, por lo cual su estudio, es de mucha importancia para determinar los errores sistemáticos que puedan afectarlas.

Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como los cambios de datos vírgenes con el tiempo.

La inconsistencia de una serie de tiempo, está dada por la producción de errores sistemáticos (déficit en la toma de datos, cambio de estación de registro, etc.).

Esta consistencia y no homogeneidad se pone de manifiesto con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas (las cuales se muestran en las figuras 2 y 3), afectado las características estadísticas de dichas series, tales como la media, desviación estándar y correlación serial.

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. (VILLON, M. 2002)

Antes de utilizar la serie histórica para el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

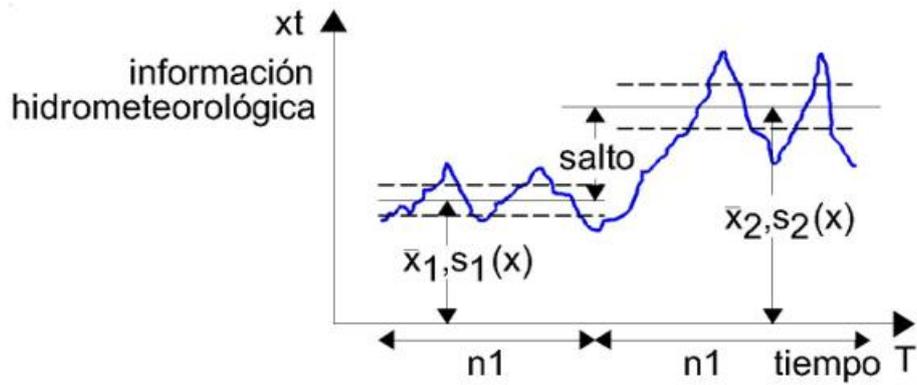


Figura 2.- Serie con componente transitoria en forma de salto

Fuente: (VILLON, M. 2002)

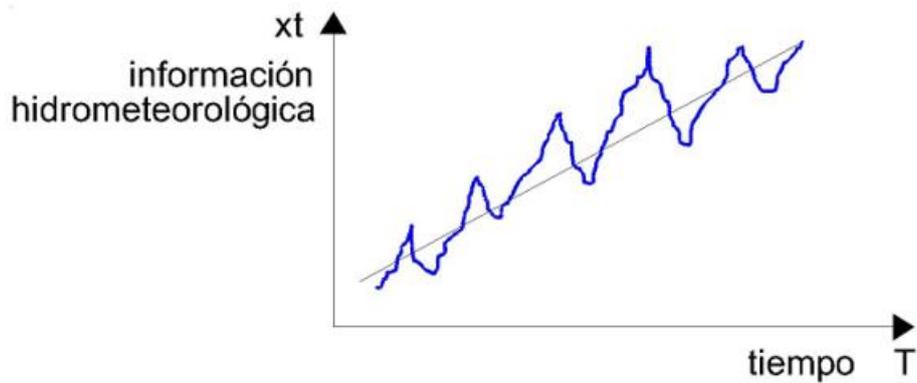


Figura 3.- Serie con componente transitoria en forma de tendencia

Fuente: (VILLON, M. 2002)

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- ✓ Análisis visual gráfico
- ✓ Análisis doble masa
- ✓ Análisis estadístico

Análisis visual grafico

En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas, los valores de la serie y en las abscisas del tiempo (años, meses, días, etc).

Un ejemplo de una serie de caudales promedio anuales se muestra en la figura 4. Este grafico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como

“picos” muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos. (VILLON, M. 2002)

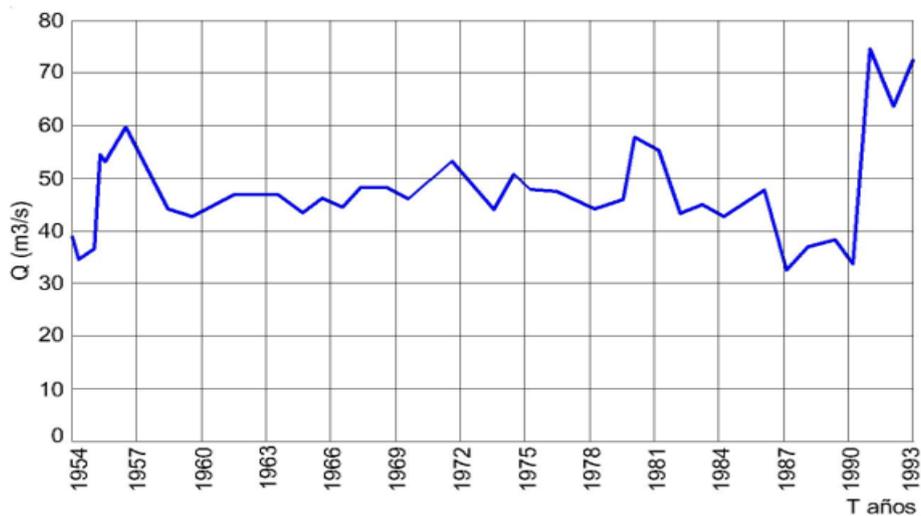


Figura 4.- Serie histórica de caudales promedio anuales.

Fuente: (VILLON, M. 2002)

Para conocer la causa del fenómeno detectado, se puede analizar de diversas formas:

- ✓ Cuando se tienen estaciones vecinas, se comparan los gráficos de las series históricas, y se observa cual periodo varía notoriamente uno con respecto al otro.
- ✓ Cuando se tiene una sola estación, esta se divide en varios periodos y se compara con la información de campo obtenida.
- ✓ Cuando se tienen datos de precipitación y escorrentía, se comparan los diagramas, los cuales deben ser similares en su comportamiento.

La interpretación de estas comparaciones, se efectúa conjuntamente con el análisis doble masa.

Análisis doble masa

Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa.

El diagrama doble masa se obtiene ploteando en el eje de las abscisas los acumulados, por ejemplo, de los promedios de los volúmenes anuales en millones de m³ (MM), de todas las estaciones de la cuenca y, en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m³, de cada una de las estaciones en estudio, como se muestra en la figura 5.

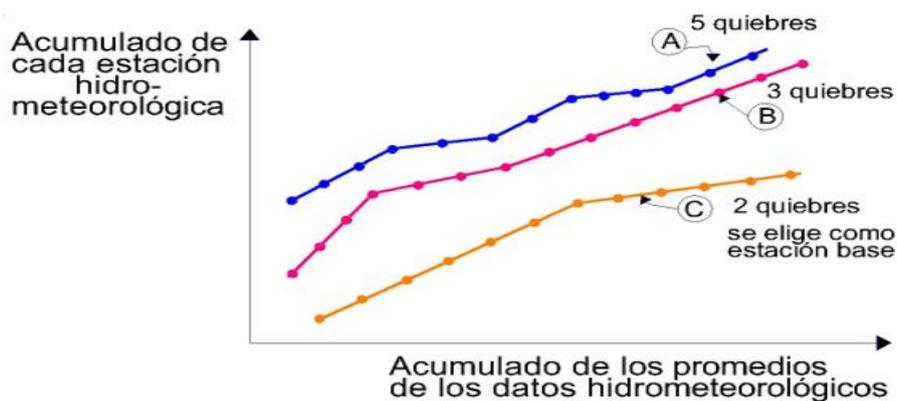


Figura 5.- Análisis doble masa para determinar la estación base

Fuente: (VILLON, M. 2002)

De estos doble masas se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, en el ejemplo de la figura 5, corresponde a la estación C, la cual se usa como estación base para el nuevo diagrama doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el de las ordenadas la estación en estudio, como se muestra en la figura.

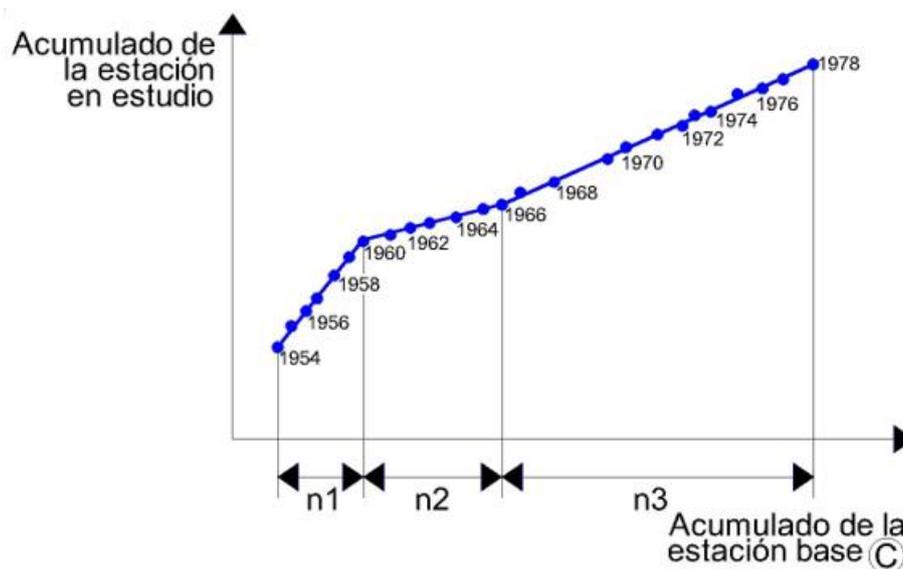


Figura 6.- Análisis doble masa para obtener los periodos de estudio (en este caso n_1 , n_2 , n_3)

Fuente: (VILLON, M. 2002)

El análisis doble masa propiamente dicho, consiste en conocer mediante los “quiebres” que se presentan en los diagramas, las causas de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar el rango de los

periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se deberá corregir utilizando ciertos criterios estadísticos. Para el caso de la figura 6, el análisis de doble masa, permite obtener los periodos, n_1 , n_2 , n_3 , que deben estudiarse, con el análisis estadístico.

Análisis estadístico

Después de obtener de los gráficos contruidos para el análisis visual y de los de doble masa, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar. (VILLON, M. 2002)

b. 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. (ORTIZ, O. 1994)

Consistencia de la media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (\bar{x}_1, \bar{x}_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95 % o con 5% de nivel de significación, de la siguiente manera:

Cálculo de la media y de la desviación estándar para un periodo, según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i ; \quad S_{1(x)} = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j ; \quad S_{2(x)} = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2}$$

Dónde:

x_i : valores de la serie del periodo 1

x_j : valores de la serie del periodo 2

\bar{x}_1, \bar{x}_2 : media de los periodos 1 y 2 respectivamente

$S_{1(x)}, S_{2(x)}$: Desviación estándar de los periodos 1 y 2 respectivamente

n : tamaño de la muestra

n_1, n_2 = tamaño de las submuestras

$n = n_1 + n_2$

Cálculo del t calculado (t_c) según:

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_{\bar{a}}} \quad (6)$$

Dónde: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis, la hipótesis es que las medias son iguales)

Quedando:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{a}}} \quad (7)$$

Además:

$$S_{\bar{a}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2}$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Siendo:

$S_{\bar{a}}$: Desviación de las diferencias de los promedios

S_p : Desviación estándar ponderada

Cálculo del t tabular t_t :

El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de Student, con una probabilidad al 95%, ó con un nivel de significación del 5%, es decir con $\alpha/2 = 0.025$ y con grados de libertad $y = n_1 + n_2 - 2$.

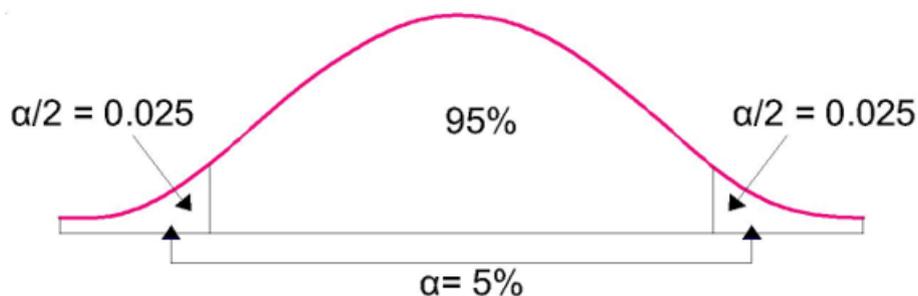


Figura 7.- Grados de libertad

Fuente: (VILLON, M. 2002)

Comparación del tc con el tt:

✓ Si $|t_c| \leq t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (estadísticamente)

En este caso, siendo las medias $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

✓ Si $|t_c| > t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (estadísticamente)

En este caso, siendo las medias $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ estadísticamente, se debe corregir la información.

Consistencia de la Desviación Estándar

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación, de la siguiente forma:

a) Cálculo de las varianzas de ambos períodos:

$$S^2_{1(x)} = \left(\frac{1}{n_1 - 1}\right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2$$
$$S^2_{2(x)} = \left(\frac{1}{n_2 - 1}\right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \quad (9)$$

b) Cálculo del F calculado (F_c), según:

$$F_c = \frac{S^2_{1(x)}}{S^2_{2(x)}}, \text{ si } S^2_{1(x)} > S^2_{2(x)}$$
$$F_c = \frac{S^2_{2(x)}}{S^2_{1(x)}}, \text{ si } S^2_{2(x)} > S^2_{1(x)} \quad (10)$$

c) Cálculo del F tabular (valor crítico de F ó Ft), se obtiene de las tablas F para una probabilidad del 95%, es decir, con un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y grados de libertad:

$$\text{G.L.N} = n_1 - 1$$

$$\text{G.L.D} = n_2 - 1$$

$$\text{Si } S^2_{1(x)} > S^2_{2(x)}$$

$$\text{G.L.N} = n_2 - 1$$

$$\text{G.L.D} = n_1 - 1$$

$$\text{Si } S^2_{2(x)} > S^2_{1(x)}$$

Dónde:

G.L.N: granos de libertad del numerador

G.L.D: grados de libertad del denominador

d) Comparación del F_c con el F_t :

✓ Si $F_c \leq F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ (estadísticamente)

✓ Si $F_c > F_t$ (95%) $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ (estadísticamente), por lo que se debe corregir

Corrección de los datos

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige, por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en la doble masa se observe pequeños quiebres. En caso contrario, se corrigen los valores de las submuestras mediante las siguientes ecuaciones:

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + \bar{x}_2 \quad (11)$$

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} \cdot S_1(x) + \bar{x}_1 \quad (12)$$

Dónde:

$X'(t)$: Valor corregido de saltos

x_t : Valor a ser corregido

La ecuación (15), se utiliza cuando se deben corregir los valores de la submuestra de tamaño n_1 , y la ecuación (16), si se deben corregir la submuestra de tamaño n_2 .

Análisis de Tendencias

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

Tendencia en la Media

La tendencia en la media T_m , puede ser expresada en forma general por la ecuación polinomial:

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (13)$$

Y en forma particular por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m t \quad (14)$$

Dónde:

t: tiempo en años, tomando como la variable independiente de la tendencia

t: 1, 2, 3, ..., n

T_m : tendencia en la media, para este caso:

$T_m = X'(t)$ valor corregido de saltos, es decir, datos a usarse para el cálculo de los parámetros $A_m, B_m, C_m, D_m, \dots$: coeficientes de los polinomios de regresión, que deben ser estimados con los datos

Los parámetros de regresión de estas ecuaciones, pueden ser estimados por el método de mínimos cuadrados, o por el método de regresión lineal múltiple.

El cálculo de la tendencia en la media, se realiza mediante el siguiente proceso:

Cálculo de los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple

$$A_m = \overline{T_m} - \bar{t} \cdot B_m \quad (15)$$

$$B_m = R \cdot \frac{S_{Tm}}{S_t} \quad (16)$$

$$R = \frac{\overline{t \cdot T_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{Tm}} \quad (17)$$

Dónde:

$$\overline{T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{m_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'(t)_i \quad (18)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (19)$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{m_i} \quad (20)$$

$$S_{Tm} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (T_{m_i} - \overline{T_m})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

$$S_t = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

Además:

$\overline{T_m}$: Promedio de las tendencias T_m , o promedio de los datos corregidos de saltos $X'(t)$

\bar{t} : Promedio del tiempo t

S_{Tm} : desviación estándar de la tendencia de la media T_m

S_t : desviación estándar del tiempo t

Evaluación de la tendencia T_m

Para averiguar si la tendencia es significativa, se analiza el coeficiente de regresión B_m o también el coeficiente de correlación R .

El análisis de R según el estadístico t , es como sigue:

Cálculo del estadístico t según:

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (23)$$

Dónde:

t_c : valor del estadístico t calculado.

n: número total de datos

R: coeficiente de correlación

Cálculo de t

El valor crítico de t, se obtiene de la tabla de t de Student, con 95% de probabilidad o con un nivel de significación del 5 %, es decir:

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$G.L. = n-2$$

Comparación del t_c con el t_t

✓ Si $|t_c| \leq t_t (95\%) \rightarrow R$ no es significativo

En este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

✓ Si $|t_c| > t_t (95\%) \rightarrow R$ si es significativo

En este caso, la tendencia es significativa y hay necesidad de corregir la información de tendencia en la media.

Corrección de la información:

La tendencia en la media se elimina haciendo uso de la ecuación:

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m \quad (24)$$

Ó

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_m t) \quad (25)$$

Dónde:

$X'_{(t)}$: serie corregida de saltos

T_m : tendencias en la media

Y_t : serie sin tendencia en la media

Para que el proceso X_t preserve la media constante, se devuelve el promedio de las X'_t ó $\overline{T_m}$,

luego las ecuaciones, toman la forma:

$$Y_t = X'_{(t)} - T_m + \overline{T_m} \quad (26)$$

$$Y_t = X'_{(t)} - (A_m + B_m \cdot t) + \overline{T_m} \quad (27)$$

Donde, T_m es el promedio de la tendencia en la media o promedio de los valores corregidos de saltos.

Tendencia en la desviación estándar

“La tendencia en la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales”. Por lo que, cuando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar. (SALAS, J. 2000)

La tendencia en la desviación estándar T_s , se expresa en forma general por la ecuación polinomial:

$$T_s = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \quad (28)$$

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

$$T_s = A_s + B_s t \quad (29)$$

Dónde:

T_s : tendencia en la desviación estándar

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

t: tiempo en años

t: 1, 2, 3, ..., n

$A_s, B_s, C_s, D_s, \dots$: coeficientes de los polinomios de regresión que deben ser estimados con los datos.

Para calcular y probar si la tendencia en la desviación estándar es significativa, se sigue el siguiente proceso:

- a) La información ya sin tendencia en la media Y_t , se divide en períodos de datos anuales.
- b) Se calcula las desviaciones estándar para cada periodo de toda la información:

$$S_p = \left[\frac{1}{11} \sum_{p=1}^{12} (Y_p - \bar{Y}_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

Donde:

S_p : desviación estándar del año p, es decir de los datos mensuales del año p

Y_p : serie sin tendencia en la media

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

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

- c) Se calculan los parámetros de la ecuación, a partir de las desviaciones estándar anuales y el tiempo t (en años), utilizando las ecuaciones anteriores, dadas para la tendencia en la media.
- d) Se realiza la evaluación de T_s siguiendo el mismo proceso descrito para T_m .

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

$$Z_t = \frac{X'(t) - T_m}{T_s} \quad (31)$$

Dónde: Z_t = serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar. Las demás variables han sido definidas en párrafos anteriores.

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

$$Z_t = \frac{X'(t) - T_m}{T_s} \cdot \overline{T_s} + \overline{T_m} \quad (32)$$

Donde $\overline{T_s}, \overline{T_m}$ son los promedios de la tendencia en la desviación estándar y media respectivamente.

La serie Z_t es una serie homogénea y consistente al 95% de probabilidad.

c. Completación y extensión

La extensión de información, es el proceso de transferencia de información desde una estación con “largo” registro histórico a otra con “corto” registro. (VILLON, M. 2002)

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.

La extensión de datos, es más importante que la completación, por cuanto modifican sustancialmente a los estimadores de los parámetros poblacionales, por ejemplo, la media de una muestra corta, será diferente a la media de una muestra extendida.

La completación y extensión de la información hidrometeorológica faltante, se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiable y de un periodo uniforme.

Técnicas

Las técnicas que se utilizan para la completación, en orden de prioridad son:

Regresión lineal simple, entre estas:

- ✓ Correlación cruzada entre dos o más estaciones, situación (1) sin defasaje de la figura 8.
- ✓ Autocorrelación, situación (2) de la figura 8.
- ✓ Relleno con criterios prácticos.

Para la extensión se usan modelos de:

- ✓ Regresión lineal simple
- ✓ Regresión lineal múltiple

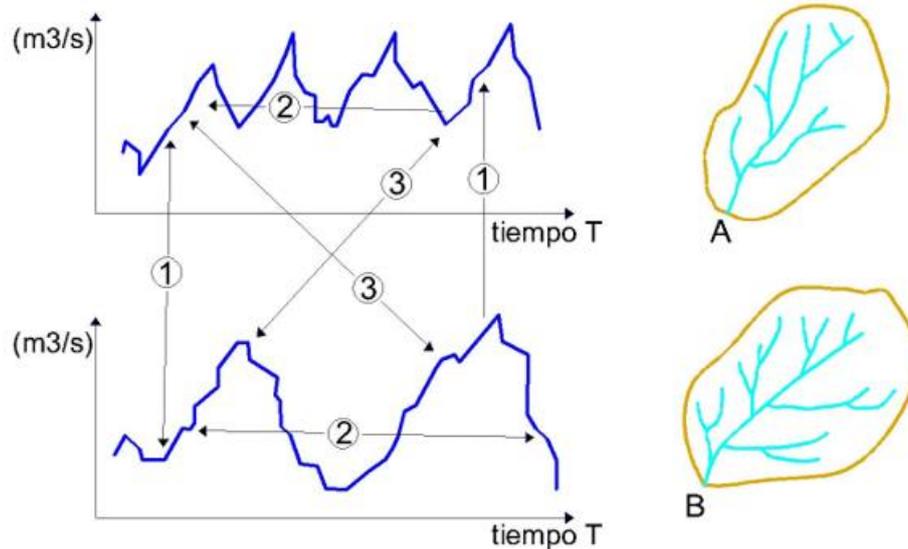


Figura 7.- Serie histórica de caudales de las cuencas A y B

Fuente: (VILLON, M. 2002)

- (1) Correlación cruzada sin desfase (correlación espacial)
- (2) Correlación serial con desfase (correlación temporal o autocorrelación)
- (3) Correlación cruzada con desfase (correlación espacial y temporal)

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

Proceso

El proceso a seguir para la completación o extensión, es como se indica:

- ✓ Obtener la serie de tamaño N_1 , a completar o extender (figura 9)

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$

- ✓ Seleccionar la estación, que guarde una buena relación con la estación con la que se está trabajando, y cuya longitud de la serie sea mayor, como por ejemplo. $N=N_1+N_2$.

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{N_1}, X_{N_1+1}, \dots, X_{N_1+N_2}$

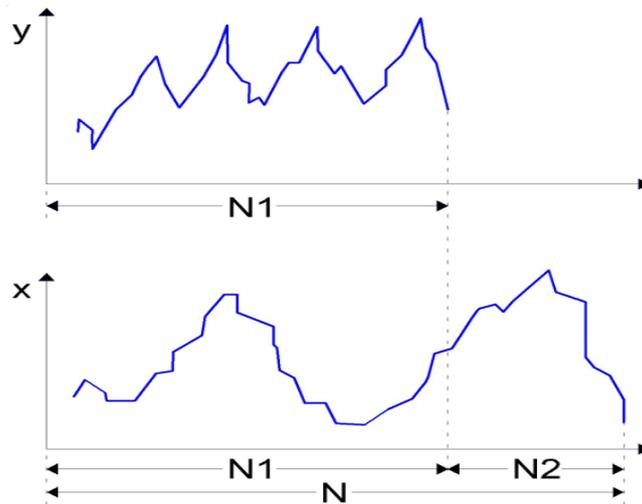


Figura 8.- Series de tamaños N1 y N=N1+N2

Fuente: (VILLON, M. 2002)

Dónde:

y_t : serie de registro “corto”

x_t : serie de registro “largo”

N_1 : tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto

N_2 : tamaño del registro no común

$N=N_1+N_2$: tamaño del registro largo

✓ Seleccionar el modelo de correlación, en este caso, la ecuación de regresión lineal:

$$y_t = a + b x_t \quad (33)$$

Dónde:

y_t : variable hidrológica dependiente

x_t : variable hidrológica independiente

a y b: parámetros de la ecuación de regresión lineal simple

✓ Estimar los parámetros:

Los estimadores de a, b y r se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$b = r \frac{S_1(y)}{S_1(x)}$$

ó

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (34)$$

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (35)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_1}{N_1} \quad (36)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_1}{N_1} \quad (37)$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (38)$$

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

$$S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} (\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2)} \quad (40)$$

Dónde:

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

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$: Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N_1

r: coeficiente de correlación

✓ Ecuación de completación o extensión:

Sustituyendo valores la ecuación resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_t) \quad (41)$$

Para mejorar la información, a la ecuación se le agrega otra componente, que es una variable aleatoria, que tiene por objeto dar una mejor representatividad de la serie hidrológica, especialmente cuando se quiere extender la información a un periodo largo (por ejemplo incrementar el registro en 20 ó 30 años), por lo cual, la ecuación se puede expresar de la siguiente forma:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_t) + \alpha \Theta \sqrt{1 - r^2} \cdot S_{1(y)} \varepsilon_t \quad (42)$$

Dónde:

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

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$: Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N_1

r: coeficiente de correlación

ε_t : Variable aleatoria normal e independiente, con media cero y varianza unitaria

$\varepsilon_t \sim \text{NI}(0,1)$

$\Theta=0$ se usa en completación, en este caso el ruido aleatorio no es considerado

$\Theta=1$ se usa en extensión, en este caso el ruido o factor aleatorio si es considerado

$\alpha = f(N_1, N_2)$ corrige el sesgo en la variancia del proceso

$$\alpha = \frac{N_2(N_1-4)(N_1-1)}{(N_2-1)(N_1-3)(N_1-2)} \quad (43)$$

✓ Criterios de confiabilidad.

La ecuación, solo se podrá usar si hay una correlación significativa entre las variables y_t y x_t , es decir, si el coeficiente de correlación r de la ecuación anterior, es estadísticamente significativo con un cierto nivel de confiabilidad, utilizando el estadístico t , para esto se procede de la siguiente forma:

a) Cálculo del estadístico t_c , según:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N_1-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (44)$$

Dónde:

t_c : valor del estadístico t calculado

N_1 : tamaño del registro común de las series

r : coeficiente de correlación

b) Cálculo de t_t

El valor crítico de t , se obtiene de las tablas t de Student (t_t), con 95% de probabilidad, o con un nivel de significación del 5 %, es decir:

$$\alpha/2=0.025$$

$$\text{G.L.}=N_1-2$$

c) Comparación del t_c con el t_t

✓ Si $|t_c| \leq t_t \rightarrow r$ no es significativo, por lo tanto no hay correlación significativa

✓ Si $|t_c| > t_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre las variables y_t y x_t , y se puede hacer uso de la ecuación anterior, para la completación y extensión.

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

Criterios para mejorar los estimados de los parámetros

Usando el análisis de correlación, para extender el registro corto de la serie y de una estación con tamaño N_1 , utilizando otro registro largo de la serie x , de otra estación con tamaño $N=N_1+N_2$, surge la pregunta, ¿si la extensión de N_2 valores mejora o no, los parámetros requeridos de la serie?

Es muy posible, que la adición de N_2 valores, puede dar un estimado peor (más malo), de los parámetros de la serie y , por lo cual, es necesario conocer algunas medidas de confiabilidad de los parámetros estimados, antes y después de la extensión.

Se puede utilizar la varianza, para medir la precisión de los estimados, así se tiene:

- ✓ Si la VAR (serie y reconstituida) $>$ VAR (serie y histórica), entonces el estimado es menos preciso, por lo cual no se recomienda la extensión de datos.
- ✓ Si la VAR (serie y reconstituida) $<$ VAR (serie y histórica), entonces el estimado es más preciso, por lo cual se puede usar la extensión de los datos.

2.2.3 Modelo determinístico estocástico de Lutz Scholz

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 Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II. (SCHOLZ, L. 1980)

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:

1. Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.

2. Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
3. Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso Markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

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

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (45)$$

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)

Asumiendo:

✓ Que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i = A_i$, y

✓ Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (CP), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/seg) la ecuación se convierte en:

$$Q = c'CP(AR) \quad (46)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Dónde:

Q: Caudal (m³/s)

c' : coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

C: coeficiente de escurrimiento

P: Precipitación total mensual (mm/mes)

AR: Área de la cuenca (m^2)

c. Coeficiente de escorrentía

Se ha considerado el uso de la fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (47)$$

C: Coeficiente de escurrimiento

P: Precipitación Total anual (mm/año)

D: Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D se utiliza la expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (48)$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \quad (49)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln(H) \quad (50)$$

Siendo:

L: Coeficiente de Temperatura

T: Temperatura media anual ($^{\circ}C$)

H: Altitud media de la cuenca

d. Precipitación efectiva

Se define como la intensidad de lluvia promedio por sobre la cual el volumen de lluvia es igual al volumen de la escorrentía directa.

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva (PE), se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calcula para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía. (SCHOLZ, L. 1980)

$$PE_i = C * PT_c \quad (51)$$

Dónde:

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

PT_c: Precipitación total generada (mm/año)

C : Coeficiente de escorrentía.

e. Retención de la cuenca

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

$$R_i = CM_i - P_i \quad (52)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (53)$$

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)

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

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

Sumando los valores de “G” o “A” respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio en 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 muestra una uniformidad de cambio de los valores de G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región.

$$R = \frac{(C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN)}{AR} \quad (54)$$

Dónde:

R: Retención de la cuenca (mm/año)

Ca: Coeficiente (15% -30%)

AR: Área de la cuenca (Km²)

LA: Almacenamiento de acuíferos (mm/año)

AL: Área de las lagunas

LL: Almacenamiento de lagunas y pantanos

AN: Área de los nevados (Km²)

LN: Almacenamiento de nevados (mm/año)

f. Almacenamiento hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

- ✓ Acuíferos
- ✓ Lagunas y pantanos
- ✓ Nevados

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

✓ **Acuíferos:**

$$L_A = -750(I) + 315 \text{ (mm/año)} \quad (55)$$

Siendo:

LA: lámina específica de acuíferos

I: pendiente del cauce principal: $I \leq 15 \%$

$$L_L = 500 \text{ (mm/año)}$$

✓ **Lagunas y Pantanos**

Siendo:

LL = Lámina específica de lagunas y pantanos

✓ **Nevados**

$$L_N = 500 \text{ (mm/año)}$$

Siendo:

L_N : lámina específica de nevados

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

g. Relación entre descargas y retención

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:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)} \quad (56)$$

Dónde:

Q_t : Descarga en el tiempo t

Q_0 : Descarga inicial

a : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo

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

h. Coeficiente de agotamiento

Mediante la siguiente ecuación se puede calcular el coeficiente de agotamiento " a ", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede despreñar la variación del coeficiente " a " durante la estación seca empleando un valor promedio.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca.

$$a = f(\ln AR) \quad (57)$$

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \quad (58)$$

$$r = 0.86$$

El análisis de las observaciones disponibles muestra, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

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 la determinación del coeficiente " *a* " para cuatro clases de cuencas:

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.034 \quad (59)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.030 \quad (60)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.026 \quad (61)$$

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

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.023 \quad (62)$$

Dónde:

a: Coeficiente de agotamiento por día

AR: área de la cuenca (km²)

EP: evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T: duración de la temporada seca (días)

R: retención total de la cuenca (mm/año)

i. Abastecimiento de la retención

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cusco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre

con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20 % restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.- Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)

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

Fuente: (SCHOLZ, L. 1980)

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

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (63)$$

Siendo:

A_i : abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

a_i : Coeficiente de abastecimiento (%)

R: retención de la cuenca (mm/año)

j. Determinación del caudal medio mensual para el año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (64)$$

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 del mes i (mm/mes)

k. Generación de caudales para periodos extendidos

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

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (65)$$

$$Q = g(PE_t) \quad (66)$$

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

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (67)$$

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

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

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Dónde:

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 : Numero 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 el 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 periodo generado.

La precipitación efectiva de cada mes se ha calculado con la ecuación estudiada anteriormente, los valores de los coeficientes $B_{1,2,3}$, S , r se calcular al desarrollar la regresión múltiple con los datos de los caudales para el año promedio.

Regresión múltiple

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

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (69)$$

$$\sum (Q_t * Q_{t-1}) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} * PE_t) \quad (70)$$

$$\sum (Q_t * PE_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} * PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (71)$$

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

$$\overline{Q}_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t \quad (72)$$

$$e = Q_t - \overline{Q}_t \quad (73)$$

Dónde:

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

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

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

e: Error entre los valores muéstrales y estimados.

Calculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (e^2)}{n-p}} \quad (74)$$

Luego el coeficiente de regresión múltiple "r" se calcula:

$$r = \left(1 - \frac{S^2}{S^2_{Q_t}}\right)^{0.5} \quad (75)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n-1} [\sum (Q_t^2 - n * (\overline{Q}_t)^2)] \quad (76)$$

Dónde:

n: Numero de grupos de la muestra

p: Numero de parámetros a estimar

Prueba de bondad de ajuste

a. Definición

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. Fuente: (VILLON, M. 2002)

b. Prueba Smironov - Kolmogorov

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

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad (77)$$

Dónde:

Δ : Estadístico de Smirnov – Kolmogorov.

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

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

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

H_0 : Los datos analizados siguen una distribución Normal.

H_1 : Los datos analizados no siguen una distribución Normal.

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

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

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

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

Tabla 3.- Valores críticos de “Δ₀”

Tamaño	Nivel de Significación "α"				
	0.2	0.15	0.1	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: (M. Villon, 2002)

La tabla 5 muestra los valores críticos de “Δ₀” del estadístico del Smirnov -Kolmogorov “Δ”, para valores de (N > 35) y diferentes niveles de significación. El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico del Smirnov -Kolmogorov, es el siguiente:

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

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

Dónde:

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 “x”.

Seleccionar la máxima diferencia: “Δ_{máx.}”

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

Calcular el valor crítico del estadístico “Δ”, es decir “Δ₀” para un α=5% y N=número de datos.

Los valores de “Δ₀”, se muestran en la tabla 5.

Comparar el valor estadístico “Δ_{máx.}”, con el valor crítico “Δ₀”, con los siguientes criterios de decisión, deducidos de la ecuación.

Δ < Δ₀ → el ajuste es bueno

Δ ≥ Δ₀ → el ajuste no es bueno

I. Restricciones del modelo

El modelo presenta ciertas restricciones de uso o aplicación tales como:

- ✓ El uso de los modelos parciales, únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- ✓ 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)

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones a fin de garantizar una buena performance del modelo.

2.2.4 Transferencia de información hidrometeorológica

Similitud Hidrológica

Indica que, para transferir información hacia una cuenca que no dispone desde otra vecina similar que sí la tiene, hay la necesidad que ambos sistemas hidrológicos cumplan condiciones de similitud. Dos sistemas hidrológicos son similares si cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica. Los parámetros adimensionales juegan aquí un papel de primerísima importancia. (ORTIZ, O. 2004)

Similitud Geométrica

Dos sistemas hidrológicos son similares geoméricamente si el Índice de Compacidad tiene un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas. (ORTIZ, O. 2004)

Similitud Cinemática

Dos sistemas hidrológicos guardan similitud cinemática si la red de drenaje natural tiene la misma conformación geométrica, esto es, cuando la Relación de Confluencia adopta un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas. (ORTIZ, O. 2004)

Similitud Dinámica

Dos sistemas hidrológicos son similares dinámicamente si el Coeficiente Orográfico tiene igual o idéntico valor en ambos sistemas.

El cumplimiento de las tres condiciones anteriores garantiza la similitud total de los sistemas hidrológicos, que encierran implícitamente similares condiciones de clima, geológicas y hasta de cobertura vegetal. (ORTIZ, O. 2004)

Transferencia de Información Hidrometeorológica

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

Número de Oswald (Os)

Parámetro adimensional que relaciona gastos de escorrentía, altitudes medias, lámina de precipitación y área de la cuenca. Este parámetro es utilizado en cuencas andinas donde la precipitación es función de la altura.

$$O_s = \frac{Q \cdot Z}{A^{3/2} P} \quad (80)$$

Os: Número adimensional de OSWALD

Z: Altitud media de la cuenca

P: Lámina de precipitación

Descripción Hidrológica de la Cuenca

Los parámetros geomorfológicos correspondientes al área, relieve y a la red hidrográfica, nos permiten realizar una descripción del comportamiento hidrológico del sistema con bastante aproximación. La ubicación de la cuenca y su altitud, nos permite hacer una inferencia acerca de su pluviosidad; su geometría, relieve y red hidrográfica nos facilita explicar su comportamiento frente a las escorrentías y a la degradación hídrica a que está expuesta.

Una investigación de campo y la realización de algunos aforos nos ayudarán a verificar y a completar el estudio. (ORTIZ, O. 2004)

Recopilación de información

Información Cartográfica

Esta información está constituida por mapas topográficos o cartas nacionales a diferentes escalas, dependiendo del detalle de los estudios. Mientras mayor sea el detalle topográfico que

se desea conocer, se requiere escalas mayores, cuyo costo de la información también se incrementa.

El estudio hidrológico de cuencas, dependiendo de su tamaño, no es muy exigente en este sentido, pudiendo trabajarse con escalas estándares de 1: 100 000. Debe tenerse presente que ciertos parámetros, son muy sensibles a los efectos de escala, tales como el Número de Orden de la cuenca, Relación de Confluencias, Relación de Longitudes y hasta el Área; pues existe un mayor error mientras más pequeña sea la escala.

A partir de la información cartográfica se delimita el área de estudio y se determinan todos parámetros geomorfológicos, los mismos que explican los efectos dinámicos de su comportamiento. (ORTIZ, O. 2004)

Información Hidrometeorológica

Se suele presentar cualquiera de los siguientes casos:

- ✓ Cuencas con suficiente información, referente a precipitación, descargas y climatología general.
- ✓ Cuencas con escasa información, escasa información de descargas y suficiente información de precipitación y viceversa.
- ✓ Cuencas sin información, ni de descargas ni de precipitación.

Este último es el caso más crítico, pero a la vez el más frecuente en casi todos los países subdesarrollados. En este caso, se recomienda como alternativa transferir información desde otra cuenca vecina empleando criterios de similitud.

Se requiere además conocer los caudales promedio mensuales, los que se pueden transferir desde sistemas hidrológicos similares mediante el Número de Oswald. Los aforos realizados permitirán verificar y realizar un mejor ajuste de dicha ecuación.

Recopilación de Información Hidrometeorológica

Generalmente, no se dispone en la zona del proyecto de registros de descargas medias mensuales, ni descargas máximas mensuales, información que requiere este tipo de proyectos. En este sentido, lo más probable es que siempre se tenga que transmitir información desde cuencas vecinas, especialmente en lo referente a escurrimientos sostenidos e intensidades máximas de precipitación.

La información necesaria para realizar transferencia de información consiste casi siempre de registros de precipitaciones mensuales de las cuencas con información y sin información. Con

esta información, previamente tratada estadísticamente, se realiza la transferencia de intensidades máximas y descargas medias mensuales. Para el caso de micro cuencas, la descarga máxima se obtiene a partir de las máximas intensidades de precipitación transferidas desde la cuenca con información. (ORTIZ, O. 2004)

Tratamiento de Información Pluviométrica

Los registros históricos de precipitaciones mensuales de ambas cuencas, se someten a un proceso estadístico de análisis de consistencia. Luego se completan y se extienden las series, por métodos de regresión lineal simple, de ser el caso. Para cuyo efecto, debe realizarse siempre la prueba estadística de «T» del coeficiente de regresión lineal.

Con la información ya tratada se obtiene el coeficiente de transferencia o factor de escala correspondiente utilizando las ecuaciones de transferencia ya citadas. (ORTIZ, O. 2004)

2.2.5 Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica.

Análisis dimensional de sistemas hidrológicos

El fenómeno físico más importante en microcuencas altoandinas es el de precipitación-escorrentía, variables causa y efecto, respectivamente. (ORTIZ, O. 2015)

La primera, dependiente de las características climáticas, y la segunda de la naturaleza de cada microcuenca (CHOW, V. 1993). Sencillamente, si se desprecia la evapotranspiración real, el fenómeno simplificado queda representado por las variables mostradas en la tabla 7.

Las variables se agruparon en parámetros adimensionales, mediante la aplicación del teorema PI de Vaschy-Buckingham (SOTELO, G. et al., 1977). El producto de este análisis condujo a la obtención de las leyes físicas que rigen los sistemas hidrológicos altoandinos, representadas por los parámetros adimensionales de las ecuaciones (81), (82), (83), (84) y (85):

$$\pi_1 = \frac{Q}{AP} \quad (81)$$

$$\pi_2 = \frac{H}{\sqrt{A}} \quad (82)$$

$$\pi_3 = \frac{I*t}{H} \quad (83)$$

$$\pi_4 = \frac{Q}{I*A} \quad (84)$$

$$\pi_5 = \frac{p}{\sqrt{A}} \quad (85)$$

Dónde:

π : Parámetro adimensional.

Q: caudal de escurrimiento.

A: proyección del área receptora-colectora sobre un plano horizontal.

P: precipitación pluviométrica.

H: altitud media sobre el nivel del mar.

I: intensidad de precipitación.

t: periodo de duración de intensidad de precipitación.

p: perímetro de la cuenca.

El hecho de haber despreciado la evapotranspiración real en este análisis se justifica porque los tiempos de duración de las tormentas son relativamente cortos; para periodos de tiempo más largos, los balances hidrológicos deben tomar en cuenta esta componente o bien incluirla como pérdida en los coeficientes de escorrentía. (CHOW, V. et al., 1993)

Tabla 4.- Variables y dimensiones del fenómeno precipitación-escorrentía

Variable	Dimensión
1.Precipitación pluvial: P	LT ⁻¹
2.Intensidad de precipitación pluvial: I	LT ⁻¹
3.Periodo de duración de la lluvia: t	T
4.Proyección del área receptora colectora: A	L ²
5.Desnivel sobre el nivel del mar: H	L
6.Caudal de escurrimiento: Q	L ³ T ⁻¹
7.Perímetro de la cuenca: p	L

Fuente: (ORTIZ, O. 2015)

Parámetro adimensional de semejanza geométrica

Está dado por el parámetro adimensional, donde multiplicando ambos miembros por 0.28 resulta el índice de Gravelius ($Kc = 0.28 * \pi_5$) dado por la ecuación siguiente; parámetro adimensional que se obtiene relacionando el perímetro de una cuenca y el perímetro que tendría un círculo imaginario de la misma área que la cuenca (IBIZATE, A. et al., 2004)

$$K_c = 0.28 \frac{p}{\sqrt{A}} \quad (86)$$

El índice de Gravelius tiene influencia en la configuración de la red de drenaje superficial y en la geometría del hidrograma de escorrentía directa y, por tanto, en la magnitud del caudal pico de avenidas (IBIZATE, A. et al., 2004). Además, los rangos de este parámetro han sido de mucha utilidad en la clasificación de cuencas por su geometría, tal como el que se plasma en la tabla 8 (HENAOS, R. 1988). Este parámetro, por ser descriptor más eficaz de la forma de la cuenca, es un buen referente de similitud geométrica entre sistemas hidrológicos.

Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos se puede inferir entonces que: “dos o más sistemas hidrológicos son geoméricamente semejantes si tienen igual índice de Gravelius”.

Conviene resaltar que el término “igual” no tiene connotación matemática, sino simplemente el de una “igualdad hidrológica”, que al igual que en estadística, se acepta con cierto nivel de aproximación válida para fines prácticos.

Las microcuencas de forma oval concentran más rápidamente los flujos superficiales, generando picos súbitos violentos y recesiones rápidas ante tormentas extraordinarias, características que favorecen la escorrentía directa y la erosión hídrica, en detrimento de la recarga de acuíferos, contrariamente al comportamiento de las cuencas alargadas. (ORTIZ, O. 2015)

Parámetro adimensional de escurrimiento sostenido

Expresión que puede usarse para la determinación de caudales promedio multianuales de escorrentía, que involucra a las componentes de escorrentía directa y subterránea (CHOW, V. et al., 1993)

$$Q = K A P \quad (87)$$

Dónde:

Q: caudal promedio en el periodo considerado.

A: área de la cuenca receptora-colectora de precipitaciones.

P: “Precipitación efectiva” en el periodo considerado.

K: coeficiente de escorrentía.

Parámetro adimensional orográfico y semejanza dinámica

Conocido como coeficiente orográfico, C_0 ($\pi^2_2 = C_0$), parámetro asociado con las fuerzas gravitacionales de los flujos superficiales y, por ende, con los potenciales de erosión hídrica y de generación de energía hidráulica. (HENAOS, R. 1988)

$$C_0 = \frac{H^2}{A} \quad (88)$$

Los sistemas altoandinos de relieve escarpado, ubicados a gran altitud, tienen coeficientes orográficos muy altos, siendo indicativos de una gran capacidad erosiva y de transporte de sedimentos (HENAOS, R. 1988). Por todo ello, se considera que este parámetro constituye un buen referente de similitud dinámica.

Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos se puede inferir que: “dos o más sistemas hidrológicos altoandinos son semejantes, dinámicamente, si tienen igual coeficiente orográfico”, con similar consideración del término “igual” que para el caso de semejanza geométrica.

Parámetro de relación de confluencias promedio y semejanza cinemática

Este parámetro adimensional, influenciado también por el índice de Gravelius, describe la configuración espacial o geometría de la red de drenaje y expresa el grado de ramificaciones de la red (IBIZATE, A. et al., 2004). Se cuantifica mediante la aplicación de las ecuaciones, para lo cual es necesaria la categorización previa de la red de drenaje superficial, prefiriéndose la metodología de Horton (GASPARI, F. et al., 2012)

Por la influencia que ejerce en la configuración espacial de la red de drenaje, se considera que la relación de confluencias promedio es un buen referente de la similitud cinemática de los sistemas hidrológicos.

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad (89)$$

$$R_c = \frac{1}{n} \sum_1^n r_d \quad (90)$$

Dónde:

r_c : relación de confluencias parcial.

n_i : número de cursos naturales de orden i .

n_{i+1} : número de cauces de orden inmediatamente superior a i ($i = 1, 2, 3, \dots, N-1$).

N : número de orden de la cuenca.

r_{ci} : cada uno de los “ n ” valores parciales.

R_C : relación de confluencias promedio.

Por analogía, entre modelo y prototipo, se infiere que: “dos sistemas hidrológicos son semejantes, cinemáticamente, si tienen igual relación de confluencias promedio”, con la misma indicación del término “igual” que para los dos casos de semejanza anteriores.

Parámetro adimensional de lluvia

Este parámetro, describe las características de la precipitación pluviométrica sobre la cuenca como una variable con distribución espacial y temporal. Se observa que las mayores intensidades ocurren en periodos cortos de tiempo y a mayor altitud sobre el nivel del mar y viceversa (CHOW, V. et al., 1993). Es muy importante en la generación de escorrentías máximas (caudales pico) a partir de datos de precipitación; pero, además, explica que en cuencas altoandinas la precipitación es dependiente de la altitud sobre el nivel del mar.

Condición de semejanza hidráulica de sistemas hidrológicos

Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos a escala, “dos o más sistemas hidrológicos altoandinos son semejantes si cumplen simultáneamente las condiciones de semejanza geométrica, cinemática y dinámica”, con cierto nivel de aproximación previamente adoptado.

Parámetros adimensionales de transferencia

Establecida la similitud hidráulica entre sistemas, todos los parámetros adimensionales que controlan las leyes del fenómeno estudiado se convierten en funciones de transferencia, dependiendo en qué parámetro se ubique la variable de interés (SOTELO, G. et al., 1977).

En ocasiones, con el propósito de mejorar la calidad de transferencia, se pueden realizar combinaciones entre parámetros para obtener otro(s) parámetro adimensional(es) con mayor cantidad de variables, tal como el parámetro adimensional, resultado de combinar las ecuaciones, muy importante para transferir escorrentías (SOTELO, G. et al., 1977):

$$\pi_{12} = \frac{QH}{A^{3/2}P} \quad (91)$$

Aplicando el principio de similitud para una dupla de cuencas origen y destino, el parámetro adimensional queda conforme lo establece la ecuación estudiada, o su equivalente, en función de escalas (SOTELO, G. et al., 1977):

$$\frac{Q_0 H_0}{A_0^{3/2} P_0} = \frac{Q_d H_d}{A_d^{3/2} P_d} \quad (92)$$

Los subíndices de las variables del primer y segundo miembro de esta ecuación corresponden a los sistemas hidrológicos de origen y destino, respectivamente:

$$Q_d = \left(\frac{H_0}{H_d}\right) \left(\frac{P_d}{P_0}\right) \left(\frac{A_d}{A_0}\right)^{3/2} Q_0 \quad (93)$$

$$Q_d = H_e^{-1} P_e A_e^{3/2} Q_0 \quad (94)$$

Dónde:

He: escala de altitudes.

Pe: escala de precipitaciones.

Ae: escala de áreas.

Qo: caudal total en la cuenca de origen.

Qd: caudal total transferido a la cuenca destino.

Disponibilidades promedio de agua

Las disponibilidades promedio mensuales de agua o de escurrimiento sostenido, se determinan multiplicando el factor de transferencia, obtenido de la similitud hidrológica, por los datos de la serie de descargas medias mensuales corregida y completada por procedimientos estadísticos. El factor de transferencia más completo es el obtenido mediante el Número de OSWALD, y la bondad de transferencia se verifica con aforos realizados en la fuente en diferentes épocas del periodo de estiaje. (ORTIZ, O. 2015)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

a) Política

Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín y Distrito de Huasmín.

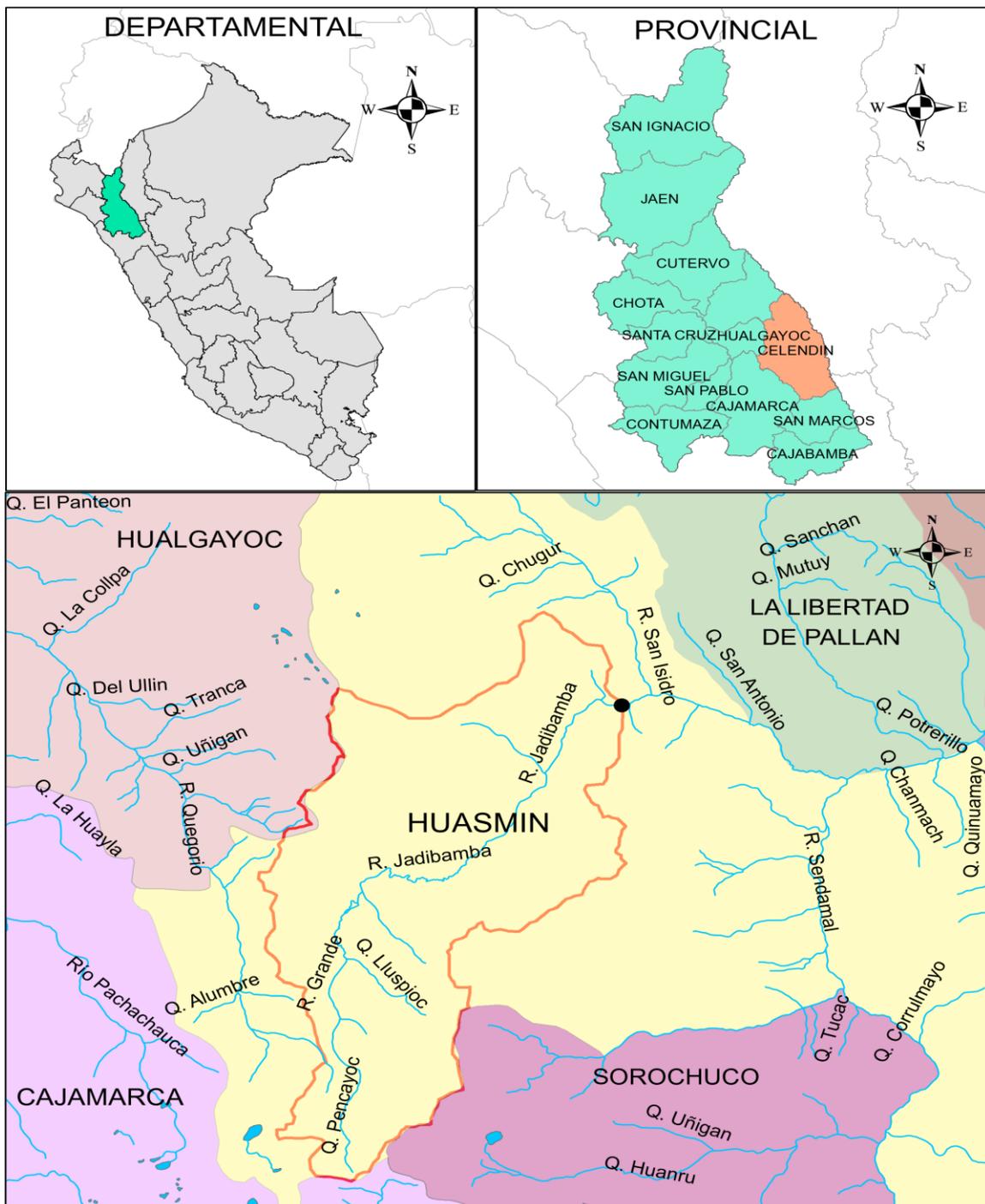


Figura 10.- Ubicación política de la microcuenca Jadibamba.

b) Hidrológica

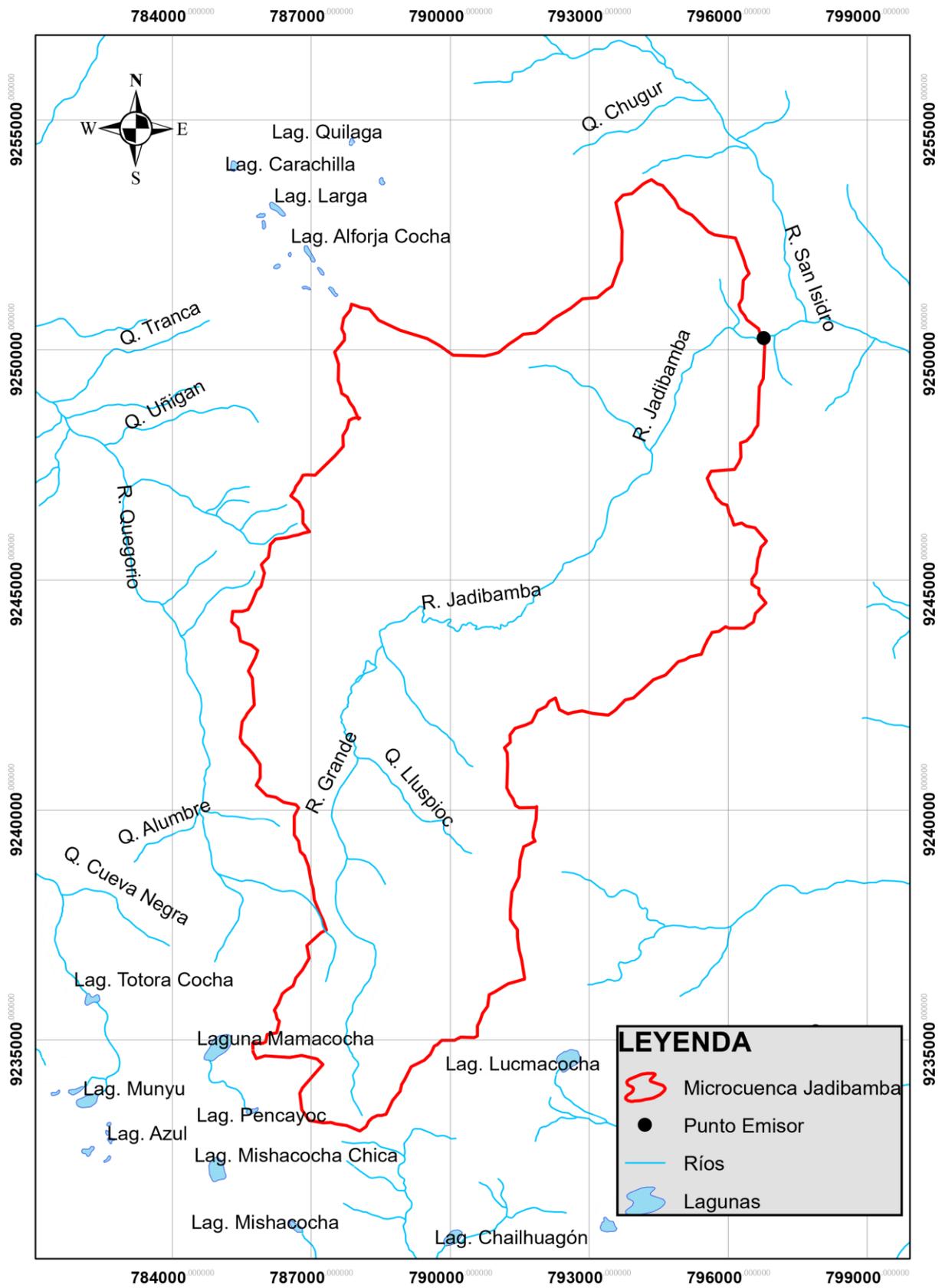


Figura 11.- Ubicación referencial de la microcuenca Jadibamba.

3.2 Equipos y materiales utilizados durante la investigación.

Equipos de campo

- Correntómetro digital para aforar en canales y ríos.
- GPS
- Cámara fotográfica
- Laptop

Materiales y Equipo de gabinete

- Materiales de escritorio (Papel bond, folder manilo, lapicero, marcador)
- libros,
- fotografías satelitales, cartas geográficas.
- libreta de Campo, wincha,
- vestuario de protección (poncho impermeable, botas de jebe, guantes, casco).

Software

Programas computacionales:(Microsoft Word, Excel, Autocad civil 3D, ArcGis, Power Point)

3.3 Procedimiento de recolección de datos en campo

Visita de campo, y ubicación de la sección del río donde se aforó durante los meses del año 2017.

- El tramo del río que se escogió para aforar, es debajo del puente Tacarpo.
- La sección de control está ubicada en un tramo en el cual el flujo es calmado y, por lo tanto, libre de turbulencias, y donde la velocidad misma de la corriente esta, dentro de un rango que puede ser registrado por un correntómetro.
- Tanto aguas abajo como aguas arriba, la estación de aforo está libre de la influencia de presas o cualquiera otra construcción que puedan afectar las mediciones.
- El lugar es de fácil acceso para realizar las mediciones.

Aforo del río Jadibamba en la sección del puente Tacarpo.

Métodos de aforo.

Son varios los métodos que se pueden emplear para aforar el agua, la mayoría basados en la determinación del área de la sección y la velocidad.

El método que se va emplear en la investigación, para aforar los caudales en el puente Tacarpo es el método con el correntómetro.

3.4 Tratamiento Cartográfico

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

- Se utilizó el mapa cartográfico 14G-Celendín, a escala 1:100 000 proporcionados por la 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.
- Se delimitó la microcuenca basada en el principio de la red de flujo, considerando que la línea divisoria de aguas es teóricamente una línea neutral de flujo.
- Se procesó la información cartográfica, un ejemplo de esto son los parámetros geomorfológicos empleando las mismas metodologías, para cada caso (área, perímetro, altitud media, etc.).
- Se utilizó como herramienta para todo este proceso el Software ArcGIS 10.3

3.5 Análisis estadístico de la información meteorológica

Recopilación de la información meteorológica

Para el estudio de la microcuenca Jadibamba se utilizó cinco estaciones meteorológicas, las mismas que son administradas por senamhi (Ver tablas del anexo A.1)

**Tabla 5.- Coordenadas de las estaciones pluviométricas a utilizar para la microcuenca
Jadibamba**

COORDENADAS UTM -WGS84-17S				
N°	ESTACION	ESTE	NORTE	COTA
01	A. Weberbauer	776880.86	9206978.38	2536
02	Maqui Maqui	780019.00	9228957.00	4024
03	La Encañada	795823.80	9212281.83	2862
04	Quebrada Shugar	781090.64	9259270.89	3293
05	Celendín	818505.54	9240309.12	2470

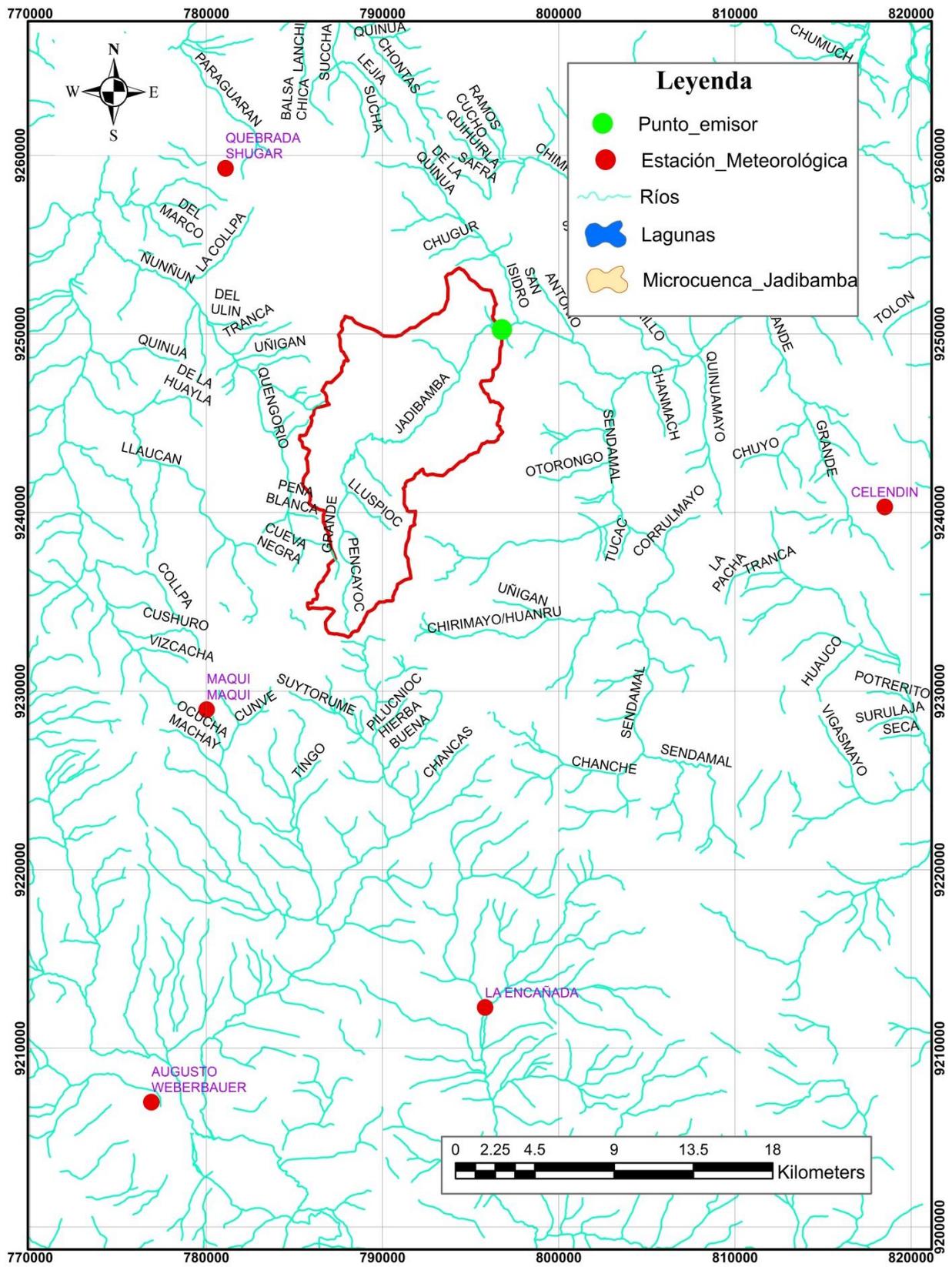


Figura 12.- Distribución espacial de las estaciones meteorológicas

Procesamiento de información meteorológica

El cálculo de datos meteorológicos se realizó de forma clásica, es decir de forma secuencial, para lo cual en el capítulo II 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 A. Weberbauer, con la que se ha completado algunos datos faltantes y se ha extendido los valores de precipitación, alcanzando una data de 50 años; esta extensión se ha realizado para las estaciones de Maqui Maqui, La Encañada, Quebrada Shugar y Celendín.
- ✓ El análisis de consistencia, completación y extensión de la información pluviométrica se muestran en los anexos A.2 y A.3, respectivamente.

Precipitación media mensual de la microcuenca Jadibamba

El registro de la precipitación media mensual sobre la microcuenca Jadibamba fue obtenida mediante el método de Isoyetas, se ha usado datos de las estaciones: A. Weberbauer, Maqui Maqui, La Encañada, Quebrada Shugar y Celendín, como consecuencia de esto se tiene la precipitación media mensual.

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se estimó únicamente con el método de L-Turc discutido en el capítulo anterior

Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva se obtiene, del producto entre el coeficiente de escorrentía y la precipitación total mensual.

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 Jadibamba.

Retención en la cuenca

La retención de la cuenca (R) se produce en los almacenes naturales: acuíferos, nevados, lagunas y pantanos, se calculó utilizando los parámetros geomorfológicos de la microcuenca.

La retención en la microcuenca se asemeja a una cuenca con agotamiento rápido.

El coeficiente de agotamiento hallado, se utilizó para obtener la relación de caudales del flujo base en los meses de estiaje.

El gasto de la retención de la cuenca, es el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje.

Abastecimiento de la retención de la cuenca

Durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática, descrita en el capítulo anterior, obtenemos los coeficientes de abastecimiento que le corresponden a la región de Cajamarca.

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación efectiva.

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, 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, 24 h, 60 min y 60 seg.

Caudales mensuales para un periodo extendido

El modelo hidrológico de Lutz Scholz permite estimar los caudales del año promedio del río Jadibamba. 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 “Qt” como valor dependiente y “Qt-

1 y P_{Et}”, como valores independientes. Asimismo, se estimó los caudales y los coeficientes estadísticos de la correlación múltiple.

- ✓ Se calculó la precipitación efectiva a partir de la precipitación media para un periodo de 50 años a partir de 1968 hasta el año 2017.
- ✓ 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”.
- ✓ Se calculó los caudales generados para el periodo extendido.

Caudales mensuales transpuestos de una cuenca a otra

Para la transposición de caudales de una cuenca hacia otra, se determina primero si ambas cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica. Donde se analizan los parámetros que son, el índice de compacidad, relación de confluencia y coeficiente orográfico respectivamente.

Para hacer la transposición de caudales se debe tener la información del área de la cuenca, altura media de la cuenca y precipitación media de la cuenca, y se procederá hacer el cálculo de acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior

Caudales aforados por el método del correntómetro

Método que el investigador utilizó para aforar el río Jadibamba.

- ✓ Para realizar la medición de velocidad se utilizó un correntómetro digital Global Water modelo FP11.

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.

IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Análisis Cartográfico de la zona de estudio

El análisis cartográfico permitió para hallar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Jadibamba, los parámetros que se utilizaron en el siguiente trabajo de investigación fueron los siguientes:

- ✓ **Área de la cuenca (A)** es 124.65 km², es fundamental este parámetro para hallar la precipitación media de la cuenca mediante el método de las isoyetas, ya que desde punto parte el trabajo de investigación.
- ✓ **Perímetro (P)** es 65.45 km, siendo un parámetro clave para el cálculo de los caudales usando el modelo de transposición de caudales de una cuenca hacia otra.
- ✓ **Altitud media (H)** se ubica a una altura de 3649.33 msnm, siendo un parámetro clave en el cálculo de las precipitaciones, en la temperatura media anual y también para el cálculo de los caudales usando el modelo de transposición de caudales de una cuenca hacia otra.
- ✓ **Pendiente del cauce principal (S)** resultó 3 %, siendo clave para determinar la retención de la microcuenca Jadibamba.
- ✓ **El Coeficiente de Gravelius** resultó 1.642, siendo clave para comparar con el coeficiente de Gravelius de la cuenca de los tres ríos y así poder verificar si los dos sistemas hidrológicos son similares geoméricamente.
- ✓ **Relación de confluencias** resultó 1.584, siendo clave para comparar con la relación de confluencias de la cuenca de los tres ríos y así poder verificar si los dos sistemas hidrológicos tienen similitud cinemática
- ✓ **Coeficiente orográfico** resultó 0.107, siendo clave para comparar con el coeficiente orográfico de la cuenca de los tres ríos y así poder verificar si los dos sistemas hidrológicos tienen similitud dinámica.

4.2 Tratamiento estadístico de la información hidrológica

Análisis de consistencia de la información meteorológica

El análisis visual gráfico y análisis de doble masa del registro de las precipitaciones anuales de todas las estaciones, permitió para elegir a la estación base siendo la que tiene más datos de precipitaciones y la que tiene menos quiebres. Tomando como estación base a la estación A. Weberbauer (Ver anexo A.2.).

- ✓ Los grupos de análisis se formaron en función a la información completa con la que cuenta la Estación Base, se formaron dos grupos para el análisis estadístico de la información.
- ✓ Todas las Estaciones no presentaron saltos ya sea en la media y en la desviación estándar, también es importante resaltar que ninguna de las estaciones presentó tendencias. (Ver anexo A.2)

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 el anexo A.3.

La información pluviométrica disponible, consistente, completa y extendida de la estación se presenta en el anexo A.3.

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

- ✓ Las extensiones de los datos se realizaron en las Estaciones: Maqui Maqui, Quebrada Shugar, y La Encañada. Estas extensiones son largas como se puede apreciar en las series presentadas del anexo A.3 y se realizaron mes a mes correlacionando con la Estación Base (A. Weberbauer).

Tabla 6.- Resumen de la completación y extensión de información meteorológica

Nombre de la Estación	Completación	Extensión
	Correlación Lineal	
	mes a mes	mes a mes
Maqui Maqui	-	A. Weberbauer
La Encañada	-	A. Weberbauer
Quebrada Shugar	-	A. Weberbauer
Celendín	A. Weberbauer	-

4.3 Precipitación media mensual de la microcuenca Jadibamba

Se determinó mediante el método de las isoyetas debido a que es el método más preciso, el cual utiliza información de precipitaciones totales mensuales de diferentes estaciones con el fin de generar curvas de igual precipitación (isoyetas), posteriormente se calculan las áreas comprendidas entre cada curva de isoyeta generada.

Aplicando la fórmula del método de las isoyetas se obtuvo la precipitación media para la microcuenca Jadibamba, período 1968-2017 (Ver tabla 07)

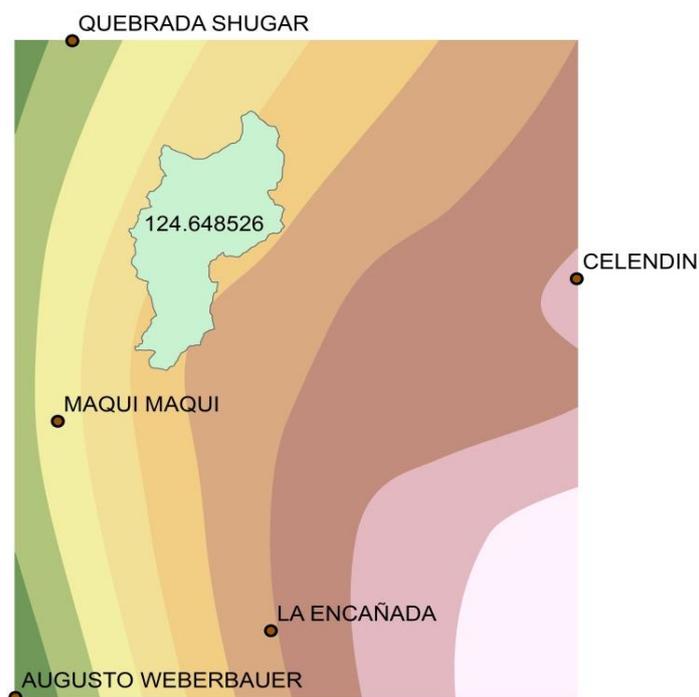


Figura 13. Distribución de la precipitación media mensual de la microcuenca Jadibamba

La serie de precipitaciones mensuales obtenidas mediante el método de Isoyetas en la microcuenca Jadibamba se presenta en la tabla 07.

Tabla 7.- Precipitaciones mensuales sobre la microcuenca Jadibamba (mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	78.36	129.60	98.56	62.78	40.98	15.17	8.65	29.40	119.58	85.91	100.19	139.54
1969	25.88	131.84	111.87	152.27	13.89	82.17	7.41	3.32	60.40	147.94	227.11	248.65
1970	167.08	64.03	116.19	79.49	41.93	48.44	6.99	7.29	54.33	164.43	113.59	159.54
1971	94.65	132.77	233.19	93.10	54.85	30.48	15.13	7.00	29.72	98.51	82.44	136.35
1972	69.38	91.46	192.12	143.81	70.93	12.24	1.49	41.52	76.25	35.02	168.54	81.33
1973	118.44	91.01	153.81	157.98	43.68	41.85	24.82	25.27	100.15	72.54	107.65	131.34
1974	75.54	206.44	159.10	56.93	19.89	49.75	19.24	35.53	37.11	133.16	81.66	104.94
1975	87.54	197.49	208.54	129.50	106.77	36.01	30.18	28.57	55.87	103.32	62.44	51.32
1976	118.65	100.29	194.64	68.61	86.47	51.11	6.30	9.47	24.28	56.84	41.31	87.65
1977	165.79	188.58	115.63	68.47	35.15	29.10	15.45	1.02	65.52	72.85	114.58	85.96
1978	50.68	56.94	94.33	85.81	64.80	4.29	32.78	1.06	45.05	80.19	96.32	138.38

1979	68.59	123.86	241.63	92.20	49.25	1.20	16.89	45.25	104.06	5.36	76.86	61.51
1980	61.48	73.39	161.10	57.68	76.44	16.12	9.24	7.39	8.37	242.84	243.84	150.33
1981	70.27	193.50	119.93	80.34	69.89	39.87	11.32	36.39	25.68	163.14	137.87	200.91
1982	72.35	93.82	115.36	88.48	70.60	35.53	13.04	0.00	95.58	232.77	137.71	179.61
1983	138.21	56.09	209.67	133.44	58.34	23.74	13.10	12.82	34.21	88.83	68.14	187.17
1984	52.61	259.40	157.32	109.39	91.67	48.66	38.03	21.95	9.22	122.10	98.72	131.92
1985	52.48	97.65	116.48	30.26	30.26	11.31	13.81	34.81	54.50	27.69	67.75	115.26
1986	114.53	106.48	141.10	140.43	54.90	4.19	4.79	25.68	5.60	65.91	136.95	112.43
1987	150.73	100.61	124.30	98.38	29.18	14.54	26.64	16.18	51.93	92.12	148.82	154.70
1988	157.41	123.32	87.02	115.32	30.52	3.71	3.28	11.34	38.37	67.37	105.44	104.66
1989	96.30	146.61	175.83	118.99	37.88	16.54	8.47	1.88	55.01	140.88	62.63	46.52
1990	64.20	115.08	101.87	84.63	50.38	38.40	3.49	15.60	40.63	165.67	202.94	95.18
1991	56.63	92.46	195.73	82.89	27.73	12.12	10.22	5.40	34.28	28.07	70.24	136.11
1992	54.22	64.22	87.10	83.03	34.95	47.15	8.33	15.47	82.82	105.73	57.46	99.99
1993	93.00	104.07	231.76	127.72	40.53	13.65	1.25	11.70	53.03	126.24	114.09	184.92
1994	142.79	141.75	162.22	171.19	44.14	14.87	6.22	2.49	36.05	54.80	121.08	138.83
1995	42.42	142.58	139.82	75.53	51.82	19.99	17.21	1.72	29.74	76.51	93.56	166.94
1996	83.23	146.86	133.14	94.76	18.14	17.62	4.60	11.66	28.63	100.63	58.30	22.55
1997	55.82	116.21	75.35	81.35	27.10	13.43	0.45	6.62	25.46	81.08	135.93	143.62
1998	126.50	175.56	225.44	150.85	66.57	3.98	0.08	2.02	36.10	177.41	106.34	83.71
1999	143.33	323.01	116.14	80.41	92.32	80.08	26.21	8.05	128.69	50.35	154.84	221.87
2000	89.11	211.95	216.72	103.39	84.25	57.76	2.61	35.92	129.22	13.29	69.36	174.87
2001	258.58	125.65	275.72	76.64	72.04	4.86	20.85	2.11	34.58	116.75	150.80	156.06
2002	61.77	112.00	225.80	148.87	51.12	10.46	21.44	1.19	43.58	194.51	160.53	183.12
2003	92.79	121.44	128.34	102.74	50.34	90.24	2.61	14.99	67.01	102.67	89.52	117.12
2004	76.27	67.09	111.22	89.81	62.29	17.24	26.56	12.44	70.15	130.42	188.07	172.96
2005	129.63	148.95	257.91	54.45	33.38	11.92	6.44	18.40	40.64	242.02	66.31	207.34
2006	102.60	120.05	312.77	69.28	12.50	55.64	16.90	1.13	100.86	87.60	128.90	137.31
2007	131.82	29.78	235.59	148.04	62.56	7.05	12.19	18.20	51.07	159.57	181.88	154.58
2008	120.36	190.99	192.37	127.10	75.31	49.41	3.87	43.25	53.24	169.69	140.56	46.95
2009	256.52	95.79	191.97	153.83	96.91	33.67	13.59	1.99	57.51	160.66	181.25	149.85
2010	88.01	125.96	170.71	66.90	76.94	38.42	15.14	2.40	55.71	95.87	128.61	164.37
2011	144.09	105.60	172.87	152.36	25.80	10.04	15.75	6.71	74.98	65.01	120.34	240.66

2012	213.62	175.46	169.89	130.45	70.65	6.80	1.14	3.98	24.25	150.66	189.26	117.84
2013	79.01	117.76	287.16	95.80	101.27	32.79	11.67	34.60	9.03	175.44	25.68	165.90
2014	100.58	149.62	156.83	81.18	104.22	0.66	5.10	4.96	50.78	89.73	96.51	156.00
2015	213.46	78.58	226.98	103.49	127.94	28.85	6.15	15.64	11.95	47.32	146.25	115.43
2016	113.90	134.07	110.23	37.64	19.15	8.39	3.77	1.11	60.14	100.36	25.67	218.64
2017	172.63	100.54	243.81	139.57	88.31	25.05	2.81	42.58	60.32	104.70	41.79	197.31
PROM.	107.88	127.97	169.66	101.55	56.94	27.33	11.87	14.91	52.82	109.45	114.53	139.60
D.ST.	52.14	53.06	57.73	34.22	27.16	21.6	9.081	13.57	29.94	55.88	50.08	50.32
MIN	25.88	29.78	75.35	30.26	12.50	0.66	0.08	0.00	5.60	5.36	25.67	22.55
MAX	258.58	323.01	312.77	171.19	127.94	90.24	38.03	45.25	129.22	242.84	243.84	248.65

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

- ✓ La precipitación media anual en la microcuenca Jadibamba es de 1034.5 mm/año.
- ✓ La distribución de la precipitación en la microcuenca Jadibamba 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 (88.31 mm), alcanzando el punto más bajo en el mes de julio (2.81 mm) durante el año 2017.
- ✓ Los meses lluviosos son: octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril. Estos meses serán considerados como meses húmedos, siendo el mes de marzo de 2017 el más lluvioso con una precipitación de (243.81 mm)

Tabla 8.- Precipitación media mensual sobre la microcuenca Jadibamba (mm/mes)

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PMTM	107.9	128.0	169.7	101.6	56.9	27.3	11.9	14.9	52.8	109.4	114.5	139.6	1034.5

4.4 Precipitación Efectiva

El cálculo de la precipitación efectiva media mensual, servirá más adelante para hallar el caudal para el año promedio (Ver tabla 09).

Tabla 9.- Precipitación efectiva media mensual de la microcuenca Jadibamba (mm/mes)

MES	ENE	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PME	59.74	70.87	93.96	56.24	31.53	15.14	6.57	8.26	29.25	60.61	63.43	77.31	572.91

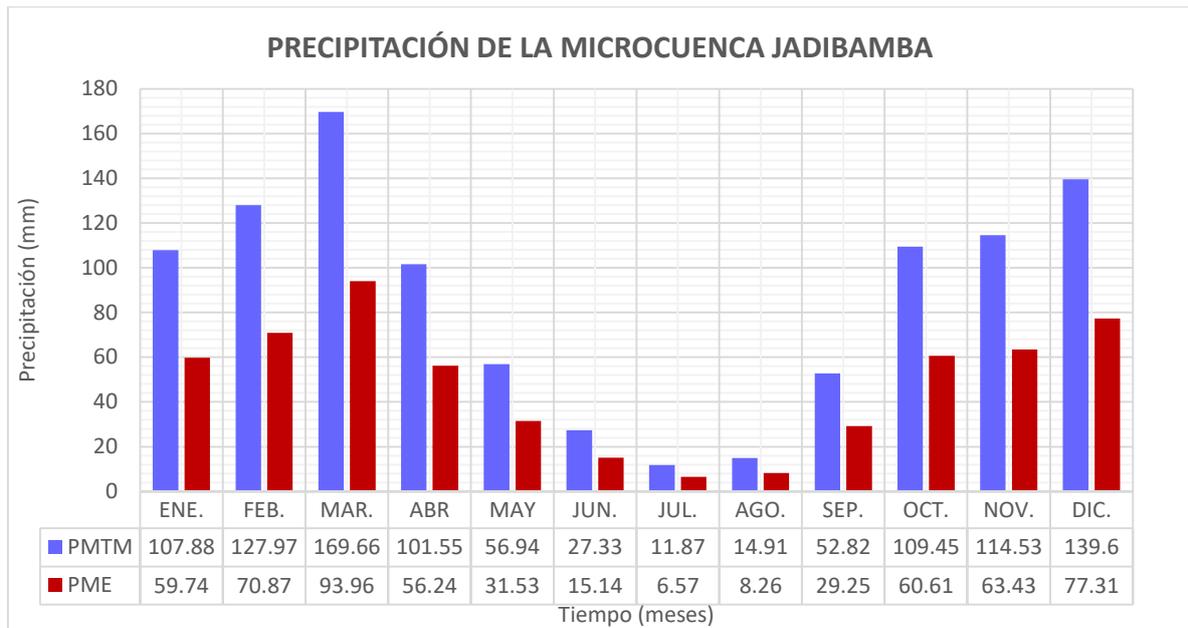


Figura 14.- Precipitación media mensual (PMTM) y precipitación efectiva (PME) de la microcuenca Jadibamba

4.5 Generación de caudales con el modelo determinístico de Lutz Scholz

Coefficiente de escorrentía

El resultado del coeficiente de escorrentía y déficit de escurrimiento, según la fórmula propuesta por L. Turc, donde el coeficiente de escorrentía resultó 0.55 mm/año y el déficit de escurrimiento de 461.60 mm/año (Ver tabla 10)

Tabla 10.- Coeficiente de escorrentía

Temperatura Media Anual (°C)	T°	7.53
Coefficiente de Temperatura	L	509.49
Déficit de escurrimiento (mm/año)	D	461.60
Coefficiente de escorrentía	C	0.55

Retención de la cuenca

El cálculo de la Retención de la cuenca “R” arrojó un valor de 58.5 mm/año (Ver tabla 11)

Tabla 11.- Retención de la microcuenca Jadibamba

Coefficiente	Ca =	20	(%)
Área de la cuenca	AR =	124.65	(Km ²)

Almacenamiento de acuíferos	LA =	292.50	(mm/año)
Pendiente del cauce principal	I =	0.03	m/m
Área de las lagunas	AL =	0.00	(Km2)
Almacenamiento de lagunas y pantanos	LL =	500.00	(mm/año)
Área de los nevados	AN =	0.00	(Km2)
Almacenamiento de nevados	LN =	0.00	(mm/año)
Retención de la cuenca	R =	58.5	(mm/año)

Coefficiente de agotamiento

Microcuenca con agotamiento rápido, retención entre 50 – 80 mm/año y vegetación poca desarrollada (puna)

Tabla 12.- Coeficiente de agotamiento

$$(\alpha) = 0.01784 \text{ días}^{-1}$$

Relación de caudales del flujo base

Se realiza para los meses de estiaje los cuales son del mes de Mayo a Setiembre, el cálculo se realiza de acuerdo al número de días que trae cada mes que serán analizados.

Tabla 13.- Valores de la relación de caudales de flujo base “b₀”.

Mes	n° días	b ₀
Mayo	31	0.575
Junio	30	0.337
Julio	31	0.194
Agosto	31	0.111
Septiembre	30	0.065
suma	bm =	1.282

Gasto de la retención de la microcuenca Jadibamba

Se obtiene para los meses de estiaje de Mayo a Setiembre en función de la retención (R), la relación de caudales del flujo base (bo) y la suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ($\Sigma bo = bm$).

Tabla 14.- Valores del gasto de retención (Gi) de la microcuenca Jadibamba

Mes	n° días	bo	G i(mm/mes)
Mayo	31	0.575	26.24
Junio	30	0.337	15.36
Julio	31	0.194	8.84
Agosto	31	0.111	5.08
Septiembre	30	0.065	2.98

Abastecimiento de la retención de la microcuenca Jadibamba

Se obtiene para la estación lluviosa, meses de Octubre a Abril, en función del coeficiente de abastecimiento para la región Cajamarca y la retención de la cuenca.

Tabla 15.- Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca

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

Tabla 16.- Valores del abastecimiento de retención “Ai” de la microcuenca Jadibamba

Mes	Días (t)	ai	Ai (mm/mes)
Octubre	31	0.25	14.63
Noviembre	30	-0.05	-2.93
Diciembre	31	0	0.00
Enero	31	0.2	11.70
Febrero	28	0.25	14.63
Marzo	31	0.35	20.48
Abril	30	0	0.00

Caudales mensuales para el año promedio

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, igualmente el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la microcuenca Jadibamba

Tabla 17.- Caudales generados para el año promedio en la microcuenca Jadibamba

Mes	N° días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)
Ene.	31	107.88	59.74		11.70	48.04	2.24
Feb.	28	127.97	70.87		14.63	56.24	2.90
Mar.	31	169.66	93.96		20.48	73.48	3.42
Abr.	30	101.55	56.24		0.00	56.24	2.70
May.	31	56.94	31.53	26.24		57.77	2.69
Jun.	30	27.33	15.14	15.36		30.50	1.47
Jul.	31	11.87	6.57	8.84		15.41	0.72
Ago.	31	14.91	8.26	5.08		13.34	0.62
Sep.	30	52.82	29.25	2.98		32.23	1.55
Oct.	31	109.45	60.61		14.63	45.99	2.14
Nov.	30	114.53	63.43		-2.93	66.35	3.19
Dic.	31	139.60	77.31		0.00	77.31	3.60

Caudales mensuales para un período extendido

Los coeficientes estadísticos que se mencionan en la tabla 18, 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 18.- Series y coeficientes estadísticos para regresión múltiple

Mes	Qt (mm/mes)	Qt-1 (mm/mes)	P Et (mm)
Enero	48.04	77.31	59.74
Febrero	56.24	48.04	70.87
Marzo	73.48	56.24	93.96
Abril	56.24	73.48	56.24
Mayo	57.77	56.24	31.53
Junio	30.50	57.77	15.14
Julio	15.41	30.50	6.57
Agosto	13.34	15.41	8.26
Setiembre	32.23	13.34	29.25
Octubre	45.99	32.23	60.61
Noviembre	66.35	45.99	63.43
Diciembre	77.31	66.35	77.31

$\Sigma =$	572.91	572.91	572.91
------------	--------	--------	--------

Tabla 19.- Series y coeficientes estadísticos para regresión múltiple

Mes	(Qt)(Qt-1)	(Qt-1) (P Et)	(Qt)(P Et)	(Qt-1)(Qt-1)	(P Et)(P Et)
Enero	3714.28	4618.81	2870.32	5976.88	3569.32
Febrero	2702.21	3404.85	3986.03	2308.21	5022.50
Marzo	4132.99	5284.60	6904.23	3163.46	8828.01
Abril	4132.53	4132.53	3162.74	5399.68	3162.74
Mayo	3248.98	1773.38	1821.73	3162.74	994.35
Junio	1762.01	874.39	461.62	3337.57	229.08
Julio	470.03	200.49	101.31	930.22	43.21
Agosto	205.59	127.25	110.15	237.50	68.18
Setiembre	429.94	390.23	942.73	177.97	855.66
Octubre	1482.12	1953.46	2787.50	1038.66	3673.97
Noviembre	3051.39	2916.88	4208.45	2114.92	4022.93
Diciembre	5129.66	5129.66	5976.88	4402.53	5976.88
$\Sigma =$	30461.73	30806.53	33333.70	32250.33	36446.83

$$572.91 = 12 B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t$$

$$30461.73 = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} PE_t)$$

$$33333.70 = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2$$

COEFICIENTES

B1	B2	B3	T I
12	572.91	572.91	572.91
572.91	32250.33	30806.53	30461.73
572.91	30806.53	36446.83	33333.70

MATRIZ INVERSA

0.57842521	-0.0082565	-0.0021135
-0.0082565	0.00027885	-0.0001059
-0.0021135	-0.0001059	0.00015018

B1 =	9.426
B2 =	0.234
B3 =	0.569

$$\hat{Q}_t = 9.426 + 0.234 Q_{t-1} + 0.569 PE_t$$

Tabla 20.- Calculo del \widehat{Q}_t mensual

Mes	Qt-1	P Et	\widehat{Q}_t
Enero	77.31	59.74	61.48
Febrero	48.04	70.87	60.97
Marzo	56.24	93.96	76.02
Abril	73.48	56.24	58.59
Mayo	56.24	31.53	40.50
Junio	57.77	15.14	31.53
Julio	30.50	6.57	20.29
Agosto	15.41	8.26	17.72
Setiembre	13.34	29.25	29.19
Octubre	32.23	60.61	51.44
Noviembre	45.99	63.43	56.26
Diciembre	66.35	77.31	68.91

Tabla 21.- Calculo del error (e) mensual

Mes	Qt	\widehat{Q}_t	e	e ²	Q _t ²
Enero	48.04	61.48	-13.43	180.46	2308.20679
Febrero	56.24	60.97	-4.7270935	22.35	3163.45683
Marzo	73.48	76.02	-2.541251	6.46	5399.67526
Abril	56.24	58.59	-2.3504379	5.52	3162.74134
Mayo	57.77	40.50	17.2675034	298.17	3337.57413
Junio	30.50	31.53	-1.0329046	1.07	930.215074
Julio	15.41	20.29	-4.8796061	23.81	237.501443
Agosto	13.34	17.72	-4.3837926	19.22	177.968817
Setiembre	32.23	29.19	3.04217709	9.25	1038.65959
Octubre	45.99	51.44	-5.45364	29.74	2114.92048
Noviembre	66.35	56.26	10.0949165	101.91	4402.52976
Diciembre	77.31	68.91	8.39769228	70.52	5976.88165
Media Qt=	47.743		suma =	768.48	32250.3312

$$S = 9.240$$

$$S^2Qt = 445.286$$

$$r = 0.8990$$

$$Z = 4.046$$

Tabla 22.- Caudales generados Qm (mm/mes) para un período extendido

Mes	z	Qt-1	P Et	Qm
Enero	0.376	77.31	59.74	63.00
Febrero	0.554	48.04	70.87	63.21
Marzo	0.816	56.24	93.96	79.33
Abril	0.178	73.48	56.24	59.31
Mayo	0.974	56.24	31.53	44.45

Junio	0.133	57.77	15.14	32.07
Julio	0.982	30.50	6.57	24.27
Agosto	0.762	15.41	8.26	20.81
Setiembre	0.573	13.34	29.25	31.50
Octubre	0.107	32.23	60.61	51.87
Noviembre	0.901	45.99	63.43	59.90
Diciembre	0.216	66.35	77.31	69.79

Ofertas hídricas en la microcuenca Jadibamba

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$\hat{Q}_t = 9.426 + 0.234 Q_{t-1} + 0.569 PE_t + 4.046z$$

- ✓ Tener en cuenta si se inicia el cálculo con el mes de enero, se toma como Q_{t-1} el valor de Q_m de Diciembre; en este caso es 69.79 mm/año.
- ✓ PE_t , es la precipitación efectiva mensual por cada año.
- ✓ z , números aleatorios comprendidos entre 0 y 1

Tabla 23.- Caudales medios mensuales mediante modelo Lutz Scholz (m³/s)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	2.52	3.25	2.65	2.08	1.58	1.19	0.92	1.18	2.62	2.46	2.65	3.14
1969	1.63	3.10	2.83	3.62	1.52	2.24	1.21	0.82	1.67	3.03	4.74	5.28
1970	4.22	2.78	2.81	2.46	1.80	1.76	1.03	0.88	1.61	3.38	3.02	3.51
1971	2.69	3.45	4.66	3.17	1.98	1.49	1.04	0.89	1.19	2.33	2.37	3.08
1972	2.21	2.66	3.93	3.63	2.37	1.28	0.79	1.33	2.12	1.48	3.48	2.60
1973	2.84	2.70	3.34	3.82	2.04	1.60	1.17	1.14	2.32	2.13	2.65	2.97
1974	2.31	4.48	3.90	2.39	1.31	1.55	1.07	1.33	1.40	2.89	2.55	2.61
1975	2.45	4.36	4.45	3.53	2.87	1.87	1.46	1.28	1.78	2.51	2.05	1.79
1976	2.73	2.86	4.01	2.63	2.34	1.83	1.02	0.83	1.11	1.71	1.65	2.21
1977	3.45	4.57	3.16	2.38	1.49	1.38	1.03	0.87	1.82	2.10	2.71	2.37
1978	1.87	1.90	2.37	2.40	2.08	1.17	1.26	0.89	1.46	2.08	2.55	3.06
1979	2.23	3.21	4.75	3.16	2.03	1.04	1.06	1.43	2.49	1.14	2.01	1.84
1980	1.87	2.20	3.32	2.26	2.09	1.21	0.85	0.91	0.89	4.33	5.37	4.01
1981	2.54	4.42	3.27	2.55	2.20	1.67	1.13	1.29	1.33	3.28	3.36	4.24
1982	2.63	2.83	2.79	2.58	2.16	1.66	1.07	0.82	2.17	4.46	3.62	4.05
1983	3.46	2.40	4.09	3.64	2.30	1.54	1.11	1.01	1.36	2.14	2.15	3.83
1984	2.18	5.39	3.94	3.06	2.60	1.83	1.43	1.15	0.96	2.52	2.75	3.10
1985	2.06	2.65	2.77	1.70	1.27	1.00	0.88	1.16	1.71	1.41	1.86	2.69
1986	2.87	3.01	3.23	3.43	2.18	1.20	0.89	1.05	0.94	1.68	2.96	2.87
1987	3.48	3.09	3.05	2.77	1.55	1.08	1.19	1.00	1.53	2.23	3.25	3.59
1988	3.68	3.46	2.52	2.90	1.57	1.01	0.82	0.88	1.44	1.87	2.51	2.56
1989	2.48	3.69	3.92	3.28	1.91	1.24	0.91	0.77	1.48	2.99	2.25	1.69
1990	1.86	2.96	2.59	2.56	1.93	1.67	1.05	1.04	1.45	3.37	4.40	3.02
1991	1.98	2.59	3.99	2.84	1.61	1.06	0.95	0.79	1.20	1.29	1.86	2.93
1992	2.02	2.14	2.36	2.34	1.64	1.73	1.11	1.06	2.07	2.49	2.02	2.36
1993	2.36	2.98	4.60	3.63	1.88	1.29	0.76	0.83	1.58	2.77	3.02	3.87

1994	3.47	3.89	3.65	3.99	2.11	1.33	0.99	0.85	1.36	1.65	2.77	3.14
1995	1.98	3.32	3.27	2.41	1.85	1.22	1.16	0.79	1.16	1.86	2.43	3.62
1996	2.62	3.58	3.31	2.78	1.37	1.15	0.91	0.97	1.18	2.33	2.02	1.40
1997	1.60	2.95	2.34	2.28	1.40	1.08	0.84	0.75	1.19	1.92	3.05	3.33
1998	3.08	4.19	4.79	4.08	2.48	1.30	0.75	0.79	1.25	3.48	3.09	2.44
1999	3.25	6.62	3.64	2.67	2.52	2.28	1.45	1.05	2.78	1.84	3.36	4.45
2000	2.94	4.82	4.75	3.18	2.54	1.96	1.00	1.23	2.77	1.35	2.00	3.55
2001	5.22	3.90	5.33	3.10	2.27	1.14	1.11	0.89	1.32	2.49	3.48	3.60
2002	2.20	3.08	4.48	3.90	2.12	1.30	1.18	0.90	1.42	3.62	3.77	3.99
2003	2.88	3.36	3.05	2.76	1.83	2.27	1.00	0.89	1.72	2.50	2.52	2.76
2004	2.34	2.29	2.62	2.52	2.11	1.31	1.16	1.05	1.90	2.91	4.08	4.00
2005	3.36	3.79	5.20	2.59	1.61	1.08	0.91	0.94	1.31	4.32	2.51	4.18
2006	3.03	3.29	5.85	3.06	1.37	1.65	1.20	0.75	2.26	2.33	3.04	3.23
2007	3.30	1.90	4.30	3.73	2.28	1.15	0.94	0.98	1.52	3.14	4.15	3.71
2008	3.12	4.56	4.23	3.40	2.45	1.91	1.09	1.39	1.67	3.44	3.60	2.04
2009	4.71	3.28	4.13	3.96	2.89	1.82	1.09	0.83	1.71	3.19	3.99	3.65
2010	2.64	3.27	3.67	2.53	2.18	1.67	1.22	0.84	1.55	2.21	2.97	3.60
2011	3.44	3.24	3.71	3.71	1.71	1.18	1.08	0.90	1.88	1.91	2.88	4.65
2012	4.75	4.65	3.99	3.52	2.37	1.32	0.82	0.81	1.17	3.09	4.12	3.26
2013	2.40	3.19	5.45	3.40	2.76	1.71	1.11	1.21	0.97	3.41	1.68	3.40
2014	2.88	3.67	3.55	2.69	2.70	1.20	0.95	0.88	1.52	2.16	2.62	3.37
2015	4.54	3.03	4.52	3.26	3.10	1.80	1.01	0.97	0.91	1.38	3.03	2.88
2016	2.91	3.61	2.83	1.78	1.13	1.04	0.79	0.81	1.71	2.35	1.43	4.07
2017	4.03	3.31	4.75	3.85	2.79	1.64	0.92	1.32	1.75	2.45	1.70	3.80
PROM.	2.87	3.40	3.73	3.00	2.04	1.46	1.04	0.99	1.59	2.51	2.88	3.23
DESV.	0.84	0.90	0.89	0.61	0.48	0.35	0.17	0.19	0.47	0.81	0.85	0.80
MIN	1.60	1.90	2.34	1.70	1.13	1.00	0.75	0.75	0.89	1.14	1.43	1.40
MAX	5.22	6.62	5.85	4.08	3.10	2.28	1.46	1.43	2.78	4.46	5.37	5.28

4.6 Generación de caudales utilizando el modelo Transposición de caudales

Similitud Geométrica

la comparación entre el coeficiente de Gravelius de la microcuenca Jadibamba ($K_c = 1.64$) y la microcuenca Tres Ríos ($K_c = 1.3$), observamos que hay una variación de 0.34 entre ambas microcuencas lo cual hace que no sean geoméricamente semejantes.

Similitud Cinemática

la comparación entre la relación de confluencias de la microcuenca Jadibamba ($R_c = 1.58$) y la microcuenca Tres Ríos ($R_c = 2.43$), observamos que hay una variación de 0.95, lo cual hace que ambos sistemas no sean cinemáticamente semejantes.

Similitud Dinámica

la comparación entre el coeficiente orográfico de la microcuenca Jadibamba (0.107) y la microcuenca Tres Ríos (0.112), observamos que hay una variación de 0.005 que es equivalente

al 0.5%. los cual hace que ambos sistemas sean dinámicamente semejantes por no tener una variación considerable

Tabla 24.- Caudales medios de la microcuenca Tres Ríos (2008-2015)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	0.554	0.867	0.947	0.891	0.431	0.267	0.197	0.154	0.125	0.183	0.211	0.107
2009	0.329	0.414	0.538	0.953	0.473	0.22	0.159	0.133	0.151	0.419	0.282	0.614
2010	0.202	0.326	0.339	0.928	0.311	0.187	0.167	0.142	0.12	0.132	0.116	0.151
2011	0.802	1.502	0.803	0.671	0.438	0.271	0.211	0.21	0.168	0.152	0.123	0.272
2012	0.37	0.531	1.691	0.734	0.242	0.217	0.173	0.099	0.144	0.204	0.406	0.202
2013	0.306	0.392	1.093	0.491	0.273	0.261	0.234	0.162	0.132	0.222	0.167	0.313
2014	0.322	0.312	0.837	0.481	0.463	0.3	0.269	0.166	0.125	0.148	0.194	0.251
2015	0.816	0.519	1.23	0.639	0.449	0.331	0.298	0.264	0.221	0.144	0.213	0.208

Fuente Álvarez Villanueva, Jairo (Aporte de Agua En la Captación en el Ronquillo – Cajamarca según el caudal recesivo en estiaje, para los años hidrológicos 2008-2015)

Tabla 25.- Caudales medios de la microcuenca Tres Ríos completados para los años 2016 y 2017, completados a través de números aleatorios

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	0.554	0.867	0.947	0.891	0.431	0.267	0.197	0.154	0.125	0.183	0.211	0.107
2009	0.329	0.414	0.538	0.953	0.473	0.22	0.159	0.133	0.151	0.419	0.282	0.614
2010	0.202	0.326	0.339	0.928	0.311	0.187	0.167	0.142	0.12	0.132	0.116	0.151
2011	0.802	1.502	0.803	0.671	0.438	0.271	0.211	0.21	0.168	0.152	0.123	0.272
2012	0.37	0.531	1.691	0.734	0.242	0.217	0.173	0.099	0.144	0.204	0.406	0.202
2013	0.306	0.392	1.093	0.491	0.273	0.261	0.234	0.162	0.132	0.222	0.167	0.313
2014	0.322	0.312	0.837	0.481	0.463	0.3	0.269	0.166	0.125	0.148	0.194	0.251
2015	0.816	0.519	1.23	0.639	0.449	0.331	0.298	0.264	0.221	0.144	0.213	0.208
2016	0.637	0.572	0.458	0.377	0.302	0.287	0.203	0.155	0.308	0.262	0.409	0.434
2017	0.499	0.53	0.543	0.275	0.254	0.314	0.188	0.273	0.403	0.583	0.476	0.589
Media	0.48	0.6	0.85	0.64	0.36	0.27	0.21	0.18	0.19	0.24	0.26	0.31
Desv.Est.	0.21	0.36	0.41	0.24	0.09	0.05	0.05	0.06	0.09	0.15	0.13	0.18

Tabla 26: Precipitación de la microcuenca Tres Ríos en (mm/mes).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2008	35.78	50.58	61.16	55.69	27.84	16.69	12.72	9.95	7.81	11.82	13.19	6.91	310.14
2009	21.25	24.15	34.75	59.57	30.55	13.75	10.27	8.59	9.44	27.06	17.63	39.66	296.65
2010	13.05	19.02	21.89	58.00	20.09	11.69	10.79	9.17	7.50	8.53	7.25	9.75	196.72
2011	51.80	87.62	51.86	41.94	28.29	16.94	13.63	13.56	10.50	9.82	7.69	17.57	351.21
2012	23.90	30.98	109.22	45.88	15.63	13.56	11.17	6.39	9.00	13.18	25.38	13.05	317.33

2013	19.76	22.87	70.59	30.69	17.63	16.31	15.11	10.46	8.25	14.34	10.44	20.22	256.68
2014	20.80	18.20	54.06	30.06	29.90	18.75	17.37	10.72	7.81	9.56	12.13	16.21	245.58
2015	52.70	30.28	79.44	39.94	29.00	20.69	19.25	17.05	13.81	9.30	13.31	13.43	338.21
2016	41.14	33.37	29.58	23.56	19.51	17.94	13.11	10.01	19.25	16.92	25.56	28.03	277.99
2017	32.23	30.92	35.07	17.19	16.40	19.63	12.14	17.63	25.19	37.65	29.75	38.04	311.85
Media	31.24	34.80	54.76	40.25	23.48	16.59	13.56	11.35	11.86	15.82	16.23	20.29	290.23
Desv.Est.	13.86	20.74	26.62	14.78	6.12	2.87	2.91	3.63	5.93	9.43	8.01	11.37	126.28

Caudales transpuestos hacia la microcuenca Jadibamba

Datos de la microcuenca Jadibamba	Datos de la microcuenca Tres Ríos		
Área	124.65	Área	41.47
Altura Media	3649.33	Altura Media	3479.72
Prec. Media	1034.52	Prec. Media	290.23

Tabla 27.- Caudales medios mensuales transpuestos hacia la microcuenca Jadibamba (m³/s)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	9.81	15.36	16.77	15.78	7.63	4.73	3.49	2.73	2.21	3.24	3.74	1.90
2009	5.83	7.33	9.53	16.88	8.38	3.90	2.82	2.36	2.67	7.42	4.99	10.87
2010	3.58	5.77	6.00	16.44	5.51	3.31	2.96	2.52	2.13	2.34	2.05	2.67
2011	14.20	26.60	14.22	11.88	7.76	4.80	3.74	3.72	2.98	2.69	2.18	4.82
2012	6.55	9.40	29.95	13.00	4.29	3.84	3.06	1.75	2.55	3.61	7.19	3.58
2013	5.42	6.94	19.36	8.70	4.84	4.62	4.14	2.87	2.34	3.93	2.96	5.54
2014	5.70	5.53	14.82	8.52	8.20	5.31	4.76	2.94	2.21	2.62	3.44	4.45
2015	14.45	9.19	21.79	11.32	7.95	5.86	5.28	4.68	3.91	2.55	3.77	3.68
2016	11.28	10.13	8.11	6.68	5.35	5.08	3.60	2.75	5.46	4.64	7.24	7.69
2017	8.84	9.39	9.62	4.87	4.50	5.56	3.33	4.84	7.14	10.33	8.43	10.43
Media	8.57	10.56	15.02	11.41	6.44	4.70	3.72	3.11	3.36	4.34	4.60	5.56
Desv.Est.	3.80	6.30	7.30	4.19	1.68	0.81	0.80	1.00	1.68	2.59	2.27	3.12
Min.	3.58	5.53	6.00	4.87	4.29	3.31	2.82	1.75	2.13	2.34	2.05	1.90
Max.	14.45	26.60	29.95	16.88	8.38	5.86	5.28	4.84	7.14	10.33	8.43	10.87

4.7 Caudales aforados en la microcuenca Jadibamba para el año 2017

Tabla 28.- Resumen de Caudales medios mensuales de la microcuenca Jadibamba

AÑO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	DIC.
2017	2.83	4.05	5.18	2.99	1.45	0.71	0.57	0.42	1.58	3.73

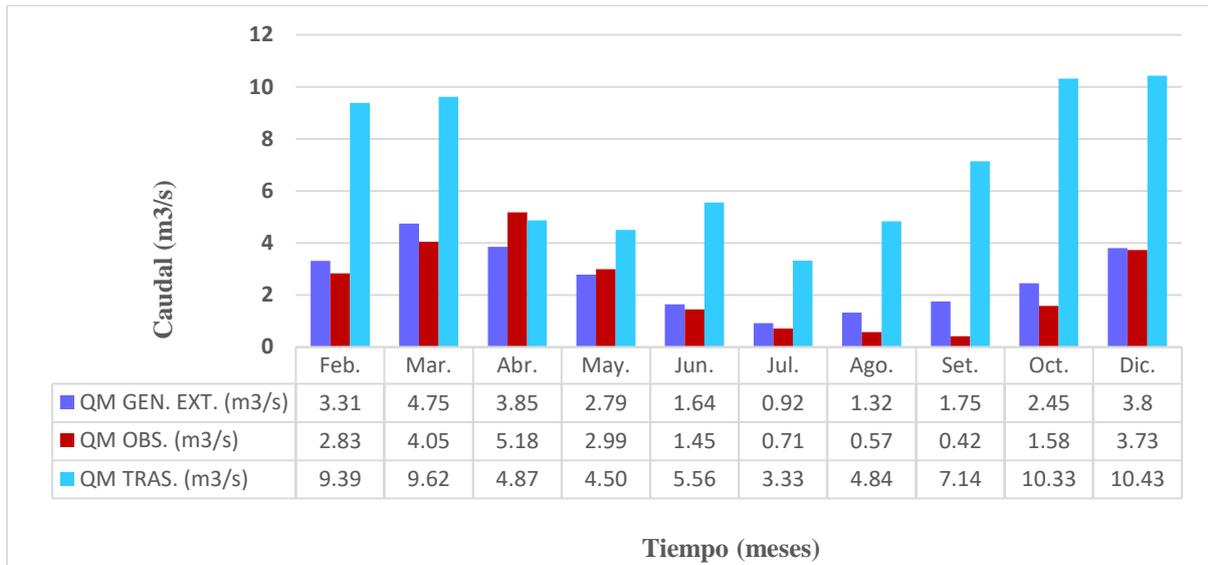


Figura 15.- Comparación de Caudales Generados QM GEN. EXT., Observados QM OBS. y Transpuestos QM TRAS. de la microcuenca Jadibamba.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ Se evaluó la disponibilidad hídrica de la microcuenca Jadibamba, utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz periodo (1968-2017) y el volumen transpuesto de la cuenca Tres Ríos periodo (2008-2017), siendo el que más se ajusta a la realidad con los aforos realizados en el puente Tacarpo para el año hidrológico 2017 es el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz.
- ✓ Se procesó la información cartográfica obteniendo como resultados los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Jadibamba los que fueron utilizados para el siguiente trabajo de investigación son: Área de la cuenca: 124.65 km², Perímetro: 65.45 km, Altitud media: 3649.33 msnm, Pendiente de la cuenca: 24 % y Pendiente del cauce principal: 3 % Posteriormente se procesó la información Hidrológica de 5 estaciones meteorológicas, tomando como estación base a la estación Augusto Weberbauer, para realizar la completación y extensión de datos de precipitación de las estaciones Maqui Maqui, La Encañada, Quebrada Shugar y Celendín, para obtener con esta información la precipitación media de la microcuenca Jadibamba con el método de las isoyetas.
- ✓ Los resultados de los caudales medios mensuales del río Jadibamba utilizando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz periodo (1968-2017), para los meses de avenidas varía de 1.14 a 6.62 m³/s y los meses de estiaje varia de 0.75 a 3.10 m³/s, dichos resultados servirán para hacer pronósticos y comparaciones futuras en cómo pueden variar los regímenes de los caudales a través del tiempo.
- ✓ Los resultados de los caudales medios mensuales del río Jadibamba utilizando el modelo determinístico de transposición de caudales periodo (2008-2017) para los meses de avenidas varía entre 1.90 a 29.95 m³/s y los meses de estiaje varía entre 1.75 a 8.38 m³/s, los resultados de los caudales no permitirán hacer comparaciones futuras, debido a que las cuencas de estudio no cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda la instalación de una estación hidrométrica, realizando campañas de aforos trimestrales como mínimo, para poder evaluar la disponibilidad hídrica del río Jadibamba.

De ser posible se podría instalar una regla limnimétrica en el puente Tacarpo donde se realizarían observaciones diarias.

- ✓ Debido a que la red hidrológica y meteorológica en la microcuenca Jadibamba es básica, es necesario la instalación de pequeñas estaciones meteorológicas, en tal sentido se recomienda al municipio de Huasmín, evaluar la instalación de pluviómetros dentro de la microcuenca, siempre y cuando se cuente con personal técnico y profesional.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1. Aparicio Mijares Francisco J, (1992).** Fundamentos De Hidrología de Superficie, Editorial Limusa, México, D.F.
- 2. Scholz Lutz, (1980).** Generación de caudales mensuales en la sierra peruana, Meriss II, Perú.
- 3. Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, (1993).** Hidrología aplicada.
- 4. Villón Béjar Máximo, (2002).** Hidrología Estadística, segunda edición, editorial Villón, Lima-Perú.
- 5. Villón Béjar, Máximo, (2002).** Hidrología segunda edición, editorial Villón, Lima-Perú.
- 6. Ortiz Vera Oswaldo, (2015).** Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- 7. Ortiz Vera Oswaldo, (2004).** Pronóstico de variables aleatorias en el diseño de ingeniería.
- 8. Ortiz Vera Oswaldo, (1994).** “Hidrología de Superficie”.
- 9. Henaos, J. E. (1988).** Introducción al manejo de cuencas hidrográficas.
- 10. Gaspari, F. G. (2002).** Plan de ordenamiento territorial de cuencas degradadas.
- 11. Sotelo-Ávila, G. (1977).** Hidráulica general.
- 12. Askoa-Ibizate, G. (2004).** Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas.
- 13. Terán Guevara Nixon, (2014).** Volumen de Agua Aprovechable en la Microcuenca del Rio Tres Ríos, Usando el Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado para los años Hidrológicos 2008-2012. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

ANEXOS

A.1 Periodo de registro de las estaciones pluviométricas

Tabla 29.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Augusto Weberbauer

ESTACION		A. WEBERBAUER												
NORTE	:	9206978.38				DEPARTAMENTO				:	CAJAMARCA			
ESTE	:	776880.86				PROVINCIA				:	CAJAMARCA			
COTA	:	2536	m.s.n.m.			DISTRITO				:	CAJAMARCA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1968	58	81	67.7	26.6	14.9	1.6	1.6	16.2	50	66.4	54.6	70.8		
1969	42	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3	13.2	18.4	55.4	106.4	162		
1970	71	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103	51.4	54.1		
1971	58.4	97.8	275.7	54.7	8	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5		
1972	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	29	31.4	66.5	50.2		
1973	95.3	70.7	91.6	98.4	27.4	29.3	8.4	18.3	87.2	65.5	68.2	72.3		
1974	64.1	128.2	95.2	58.5	4.6	17.3	6.5	23.6	38.7	70.5	53.9	76.4		
1975	91.6	158.1	199.4	70.7	66.8	10	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9		
1976	130.4	62.9	81.3	55.2	43	23	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4		
1977	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2		
1978	12.7	34.4	48.5	37	65.6	3.9	4.4	3.8	23.8	24.4	54	44.8		
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6		
1980	34.9	42.4	65	29.3	6.9	15.1	3.2	5.6	2.3	130.4	111	106.7		
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22	111.9	45.6	111.3		
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4		
1983	116.6	75.4	151.6	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4		
1984	24.7	233.6	123.8	80	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1		
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53	0.4	4.8	18.3	37.3	50	23.9	40.3		
1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.2	43.6	66.2	51.8		
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	11.1	4	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	60.5		
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0	32.9	69.4	65.2	63.4	73.6		
1989	87	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7		
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3		
1991	43.8	90	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9		
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10	40.8	64	32	34.1		
1993	61	112.2	245	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1		
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6		
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4		
1996	65.2	124	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1		
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17	15.4	0.3	0	27.4	50.8	119.9	129.4		
1998	103	116.5	257	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9		
1999	94.8	242.7	69.5	65	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77	68.8		

2000	46	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27	60	133.1	77.2	23	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46	63.8	80.7
2004	36.1	102	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29	1.4	10.7	6.4	11.6	117.2	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.2	S/D
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	102	16.7	0.4	8.3	0	47.1	31.5	24.4	109.7
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3
2013	61.5	98	213.3	73.8	85.6	7.5	5.7	21.5	3.7	S/D	S/D	S/D
2014	75.7	68	134.2	78.8	26.9	5	2	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
2015	184.7	55.4	202.2	63	75.8	3	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
2016	81	85.3	119	56.2	7	1.6	2.1	1.1	23.4	61.7	13.5	63.8
2017	79.4	71.9	139.1	78.8	47.2	12	2.3	20.9	21.2			

Fuente: SENAMHI

Tabla 30.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Maqui Maqui

ESTACION :		MAQUI MAQUI												
NORTE	:	9228957				DEPARTAMENTO				:	CAJAMARCA			
ESTE	:	780019				PROVINCIA				:	CAJAMARCA			
COTA	:	4024	m.s.n.m.			DISTRITO				:	CAJAMARCA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1968	21.1	195.1	99.1	70.1	52.7	10.8	6.5	7.5	123.3	161.4	94.8	137.3		
1969	21.3	178.2	131.1	142.9	18.1	62.8	5.7	0.5	73.5	1862.0	223.7	210.0		
1970	151.1	88.5	110.8	69.2	51.9	39.7	8.0	4.3	54.3	158.3	104.1	189.5		
1971	111.3	197.0	165.4	94.3	42.7	23.9	7.9	7.7	31.3	105.1	70.3	144.2		
1972	52.0	95.3	193.6	131.3	49.2	5.3	2.6	18.0	57.5	17.0	133.5	154.4		
1973	109.1	84.7	134.3	142.5	46.7	32.0	13.3	5.2	50.1	80.8	82.8	146.8		
1974	72 00	190.2	177.5	50.5	28.5	44.1	11.5	19.9	41.1	111.3	79.9	103.1		
1975	55.1	210.7	205.5	104.0	74.4	21.5	20.7	21.6	46.5	108.3	63.5	76.5		
1976	114.9	112.4	168.8	67.4	72.3	11.0	3.9	7.3	15.6	44.4	63.5	124.3		
1977	140.9	138.4	137.6	62.4	22.2	3.0	7.9	0.9	52.4	58.4	114.4	107.3		
1978	47.4	123.4	101.8	74.0	61.4	1.9	18.4	2.4	38.3	78.9	92.4	118.7		
1979	55.4	124.3	214.4	128.3	37.2	0.0	5.4	21.3	102.3	3.3	85.8	69.2		
1980	37.0	66.8	140.4	50.1	Continuación de tabla	10.1			5.4	150.9	214.3	176.2		
1981	108.7	195.3	129.1	44.6	56.8	28.9	4.2	18.4	15.8	111.1	135.1	195.4		

1982	70.8	109.0	150.7	60.5	49.9	0.0	6.0	0.0	83.6	209.6	141.2	208.5
1983	126.5	85.7	166.4	128.1	71.1	22.4	8.5	4.9	22.4	66.3	85.1	156.3
1984	50.1	24.2	145.9	62.4	70.0	9.3	17.8	12.6	14.2	89.3	103.7	135.1
1985	47.8	115.3	121.6	91.9	37.0	4.9	14.9	15.0	46.5	14.8	66.2	129.9
1986	103.2	104.0	127.7	122.6	45.6	7.2	6.1	14.9	0.0	23.2	122.8	129.3
1987	150.8	90.5	130.3	92.0	28.2	13.9	17.3	7.1	57.3	27.1	149.1	157.7
1988	171.9	118.4	106.9	109.4	22.9	7.2	5.4	4.1	27.3	64.6	78.9	127.2
1989	83.7	131.9	173.2	113.3	33.3	12.2	6.0	3.8	5.6	161.8	50.8	62.5
1990	79.5	108.3	102.1	79.5	53.1	34.9	3.6	18.6	13.9	199.3	200.2	133.3
1991	45.1	111.3	297.3	77.8	32.8	13.7	4.7	10.9	31.0	21.7	76.2	139.2
1992	47.5	78.1	81.4	39.3	29.8	28.7	4.8	12.0	71.0	102.6	54.8	103.9
1993	88.7	141.1	221.9	126.9	28.8	18.6	2.8	2.5	47.9	130.1	121.5	184.7
1994	153.6	170.3	185.4	150.4	49.4	12.2	9.8	2.7	16.9	51.7	102.1	161.6
1995	20.6	145.0	154.6	64.5	72.5	14.2	3.9	3.6	22.2	70.4	156.2	168.9
1996	79.0	155.2	184.9	97.8	55.1	22.9	2.8	10.4	44.1	146.3	55.4	83.3
1997	94.2	125.2	74.9	63.5	25.1	9.4	6.1	2.3	25.9	89.7	136.4	118.6
1998	57.4	192.5	161.0	119.4	93.4	5.6	0.4	1.6	18.0	155.4	160.8	47.4
1999	162.4	315.2	137.4	69.6	101.4	93.2	17.0	7.2	123.6	58.0	110.2	238.0
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	26.4	5.0	35.8	136.4	9.6	55.2	147.8
2001	243.2	148.8	257.4	99.6	65.4	6.6	12.8	3.4	72.0	124.6	170.4	193.6
2002	53.0	106.6	193.0	168.6	35.2	15.8	18.4	3.3	40.8	195.6	134.0	207.2
2003	92.4	101.6	113.8	25.6	9.4	132.0	4.4	4.4	13.4	18.0	22.4	118.7
2004	95.7	67.1	110.0	71.5	21.6	7.4	22.1	8.7	55.6	115.8	187.0	203.0
2005	116.3	140.2	325.7	122.9	30.5	17.5	11.4	17.8	36.8	292.4	73.9	229.4
2006	91.4	257.3	270.8	122.4	21.6	58.7	9.7	22.6	33.0	140.0	168.9	276.6
2007	120.1	72.4	236.2	137.4	67.3	6.3	51.0	37.1	33.2	234.0	194.8	108.2
2008	145.3	250.9	167.9	102.9	87.4	29.0	16.3	41.4	91.4	154.2	134.6	128.7
2009	263.7	173.7	256.3	198.4	134.6	74.4	24.9	29.4	45.2	182.1	200.4	176.2
2010	74.7	147.6	241.3	113.3	109.7	22.1	16.8	4.6	27.7	119.6	267.7	198.1
2011	118.6	193.3	277.6	222.3	28.9	17.8	22.9	13.7	98.0	92.2	168.4	192.3
2012	367.0	296.4	134.9	116.8	52.3	16.0	2.5	10.9	116.8	283.2	91.7	

Fuente: SENAMHI

Tabla 31.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica La Encañada

ESTACION		LA ENCAÑADA												
NORTE	:	9212281.83				DEPARTAMENTO				:	CAJAMARCA			
ESTE	:	795823.80				PROVINCIA				:	CAJAMARCA			
COTA	:	2862	m.s.n.m.			DISTRITO				:	LA ENCAÑADA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1996	8.1	15	17.8	10.1	20	21.8	18.7	7.2	0.6	0.1	0.8	3.6		
1997	13.3	4	5.8	11.2	32.9	10.7	10.2	10.3	6.3	1.1	0.9	13.1		
1998	102.1	196	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6		
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4		
2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20	88.1	4.7	50.4	117.4		
2001	238	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4		
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2				
2003	33.1	80.6	145.5	93	37.8	38.3	0	9.9	41.9	93.8	124.4	85		
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2		
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42	12.4	1.2	7	13.4	205.5	38.2	145.4		
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7		
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9		
2008	104.1	149	175.9	151.5	44	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7		
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	115.3	66.6		
2010	70	94.8	184.3	123	39.8	11.8	7.7	0	35.7	100	98.9	94		
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0	51.2	52.1	93.8	149.5		
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	152.8	56		
2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	106.9		
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9		
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	170.5	23.2		
2016	138.7	95.2	123.7	72.3	3.2	23.1	0.8	0.6	61.7	85.1	8.2	201.9		
2017	109.1	109.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8					

Fuente: SENAMHI

Tabla 32.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Quebrada Shugar

ESTACION		QUEBRADA SHUGAR												
NORTE	:	9259270.89				DEPARTAMENTO				:	CAJAMARCA			
ESTE	:	781090.64				PROVINCIA				:	HUALGAYOC			
COTA	:	3293	m.s.n.m.			DISTRITO				:	BAMBAMARCA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1978	74.7	85.9	55.9	88.3	61.5	5.8	56.7	1.2	56.5	54.4	105.8	125.3		
1979	76.8	99.4	268.5	98.7	44.6	2.6	34.4	48.9	78.1	20.3	58.7	54.8		

1980	87.9	82.2	137.5	40	31.3	17.6	21	11.2	9.5	204.5	214.6	72.3
1981	80.7	195	162.6	106.5	77.7	51.8	21.4	96.9	44.5	164.7	85.9	102
1982	85.1	95.8	93.3	105.2	129	106.2	32.4	0	123.7	186.4	119.9	171.5
1983	214.5	37.8	207	125.7	49.9	29.2	23.1	26.2	62.7	82.8	100.7	161.9
1984	50.7	249.9	152.6	87	95.6	26.9	41.8	33.7	68.8	154.6	72.1	59.2
1985	43.6	64.6	76.8	47	32.7	10.7	20.7	18.7	66.1	15.5	47.2	95.9
1986	115	99.9	115.6	84.9	46.7	0	3.5	40.7	60.1	31.1	69.9	94.3
1987	123.1	115.7	90	66.4	26.9	14.4	82.4	0.9	50.4	16.8	126.2	
1988	108.8	172.3	77.2	69.7	30	0	0	0	47.9	62.1	118.9	66.1
1989	126.9	98.5	131.1	82.5	79	16	87	0	59.5	99.6	56.5	30.8
1990	33.9	24	9.3	70.9	49.1	34.6	4.9	6.4	26.6	94.6	98.4	61.3
1991	76.4	67.3	54.1	109.3	17.6	7.4	21.6	0	36.4	31.5	55	120.2
1992	57	61.3	108.1	81.1	22.6	62.2	15.3	33.2	91.8	88.5	53.7	70.6
1993	92.3	55.7	97.5	102	76.4	6.5	0	22.6	27.2	75.8	81.6	85.1
1994	76.7	88.9	78.2	71.2	27.2	21.9	1.2	2.9	46.7	48.1	63.9	104.4
1995	60.5	43.2	77.6	25.8	61.7	28.1	26.7	0	22.8	93.1	88.3	150.9
1996	92.4	135.9	115.6	66.3	28.3	10.3	3	17.9	23.5	87.9	26.2	14.9
1997	59.5	44.8	67.7	134.9	24	24.6	0	14.9	35.2	48.5	96.8	114.5
1998	69	100.9	146	98.7	48.7	2.6	0	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4
1999	136.7	284	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124
2000	56.7	181.6	196.3	86.3	94.4	75.9	27.8	6.7	66.3	24.7	122.9	141.5
2001	196	65.3	260.5	43	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	100.1	150.8	126.7
2002	61.5	136.7	197.6	165	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6
2003	136.8	152.7	107.7	125.1	49.4	41.6	1.3	41.3	79.1	94.3	115.9	106.8
2004	65.9	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9
2006	156	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29	2.3	23.1	38.2	37	121.4	151	71.9
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17	3.2	27	87.5	151.1	98.6	40.4
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6	52.2	134.4	156.2	152.6
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41	28.1	3.4	41.5	50	104.2	83.6
2011		63.2	225.2	137.9	51.9	17.9	19.7	8	80.1	70.2	91.7	187.5
2012	202.7	208.9	127.6	113	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	139.1
2013	133	108.4	303.5	109.7	102	6.8	17	67.3	7.6	135	20.3	168.6
2014	159.8	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3
2015	163.8	95.9					10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9
2016	93.2		86.6	35.6	18.5	19.8	6.9					

2017	192.8	94.3	240.1	113.5	81.7	35.5	3.2	48.5	50.1	111.2		
------	-------	------	-------	-------	------	------	-----	------	------	-------	--	--

Fuente: SENAMHI

Tabla 33.- Precipitación mensual de la estación pluviométrica Celendín

ESTACION		CELENDIN												
NORTE	:	9240309.12				DEPARTAMENTO				:	CAJAMARCA			
ESTE	:	818505.54				PROVINCIA				:	CELENDIN			
COTA	:	2470	m.s.n.m.			DISTRITO				:	CELENDIN			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1968	98.3	144	135.4	38.5	17.6	6.5	4.2	3.3	158.6	76.4	78.4	84		
1969	15.3	126.3	134.9	185.3	4.7	85.8	1.6	7.5	56.6	213.3	308.6	197.9		
1970	147.6	51.1	113.6	96.7	42.4	20.4	11	2.8	18.3	93.1	99.3	126		
1971	125.1	120.2	144.1	116.6	44.3	16.4	5.1	18.8	17.9	131.3	17.1	131.5		
1972	41.8	63.7	196.3	184.1	58.4	0	0	21.4	66.2	31.8	181.4	89.3		
1973	75.5	49.1	104.7	163.1	28.5	8.7	29	64	47	45	73	93.7		
1974	37	210.2	185.1	61.3	0.2	42.8	0	42.2	28.5	162	109.1	77.3		
1975	56.4	209.8	176.2	131.6	104.3	25.6	42.9	48.7	11.7	110.8	52.1	33.8		
1976	111.8	87.2	212.7	82.4	46.8	21	0	19.2	13.9	55	43.6	52.1		
1977	144.1	123.5	161	78	8.2	0	1.7	0.8	44.6	111.1	136.3	56.7		
1978	54	50.9	88.4	119.9	93.9	2.5	49.6	2.4	17.8	98.5	72.1	112.5		
1979	53	98.2	266.1	197.8	2.8	0.5	8.1	37.6	107.3	18.6	27	37.2		
1980	27.6	50.1	158.8	53.2	164	18.4	0	22.4	16.9	147	390.6	118.1		
1981	61.5	154.5	107.1	59.4	59.2	22.6	0	13.6	10.1	99.5	140.2	198.7		
1982	81.7	60	124.9	68.4	34.3	0	8.2	0	69.6	139.4	153.2	144.8		
1983	124.3	74.6	157.5	148.3	39.4	17.4	6.2	8	28.5	73.4	32.1	69.6		
1984	47.6	219.8	157.3	114.2	61.2	4.2	16.9	15.3	4.1	104.8	128.5	41.8		
1985	37	36.6	109.6	100.2	32.6	10	19.2	16.4	11.6	39.9	34.2	95.8		
1986	110.8	67.2	102.7	116.2	34.6	3.1	6.7	23.5	0	35.9	73	82.1		
1987	124.4	72	147.8	108.2	9.9	0	24.5	6	52.8	69	163.6	99.3		
1988	117.1	84.1	79.6	143.2	21.2	4.9	0.2	0	19.5	66.9	82.5	100.7		
1989	74.5	86.6	111.7	137.7	15.7	14.1	8.7	3	39.8	105.3	24.6	15		
1990	84.4	98.5	83	86.6	19.9	28.3	0	27	20.5	169	227.2	48		
1991	42.6	88.3	336.3	109.1	14.4	9.2	0	11.8	17.5	71.1	81.2	85.9		
1992	55	14.7	70.8	77.6	16.3	30.3	0.6	12.7	32.7	101.5	17.2	72.9		
1993	98.4	102.7	211.5	120.6	17.3	11.6	4.1	6.4	30.3	114.7	92.7	144		
1994	122	139.8	203.3	158.2	37.8	0	10.3	0.3	21	82.2	81.3	115.3		
1995	13.5	100.7	124.8	105.8	65.5	3.4	12.8	0	11	57.4	17.2	132.6		
1996	69.5	104.5	136.1	74.5	28	0	0.5	0	24.4	176.3	62.6	17.2		
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0	0	33.5	89.2	119.4	154.1		
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0	0.7	0	18.3	174.3	91.8	44.8		

1999	177.5	319.1	100.4	13	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9
2000	107.7	224	220.6	112.4	45	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
2001	249.5	134.9	445	50.6	39.6	1.3	5.4	0	32.2	104.3	162.2	97
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0	2	208.6	122	151.8
2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0	0	0	39	250.3	26.6	166.7
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3	6	9.9	20	215.3	152.9	123.2
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28	11	21	21	132	142.5	38.8
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0	38.2	98.7	139.5	116
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39	60.4	123	135.1
2011						1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6
2012	217.7	115.6	127.2	100	42.7	3.4		1.7	0.3	142	208.1	79.7
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70	62.2	79.2
2014	78.1	136.7	166.6	84	77.3	5.5	3.1	0	0.6	35.7	96.9	44.3
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	6.7	2.1	1.8	2	30.6	134	19.4	213.6
2016	100.3	169.8	130.8	42.9	81.1	16.1	1.2	16.9	20.7			
2017	241.5	92.9	300.2	170.7								

Fuente: SENAMHI

A.2 Consistencia de la información pluviométrica

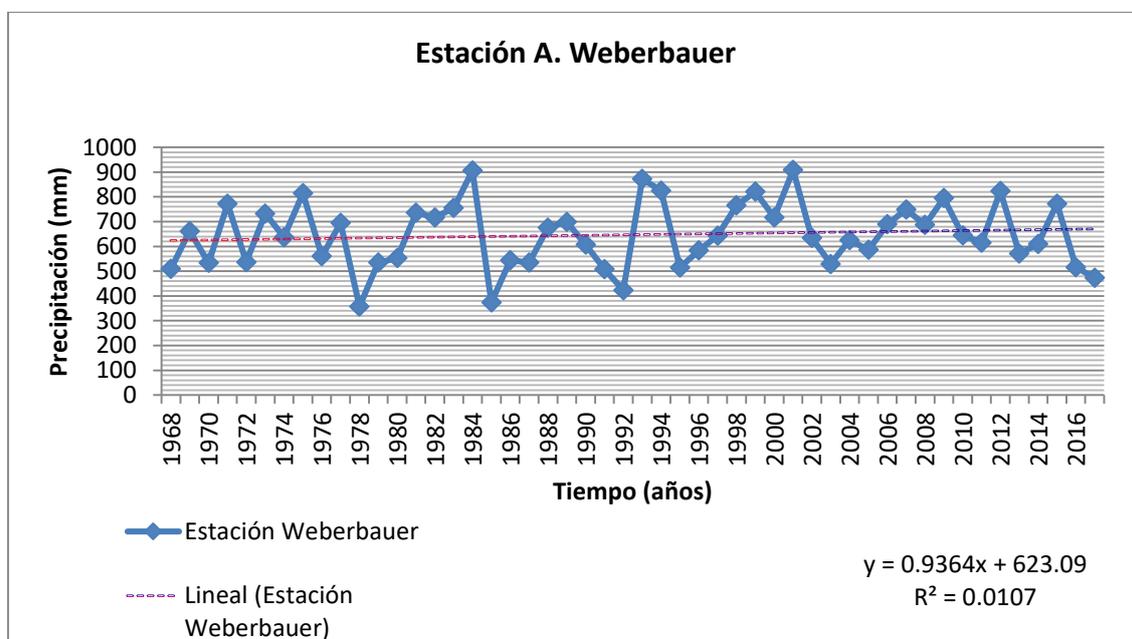


Figura 16.- Pluviogramas anuales de la estación A. Weberbauer

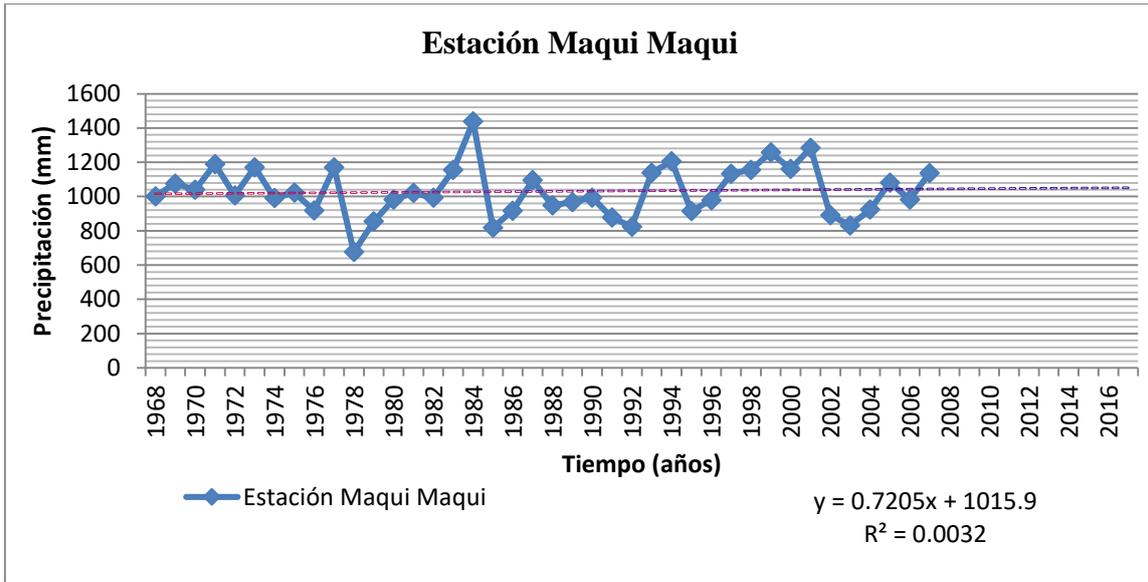


Figura 17.- Pluviogramas anuales de la estación Maqui Maqui

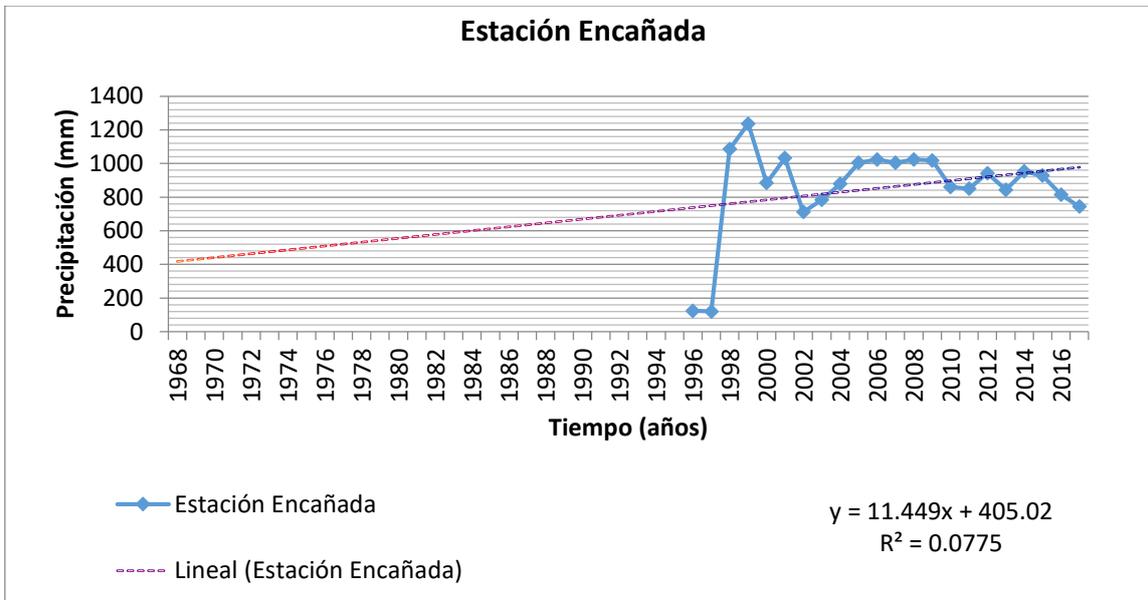


Figura 18.- Pluviogramas anuales de la estación La Encañada

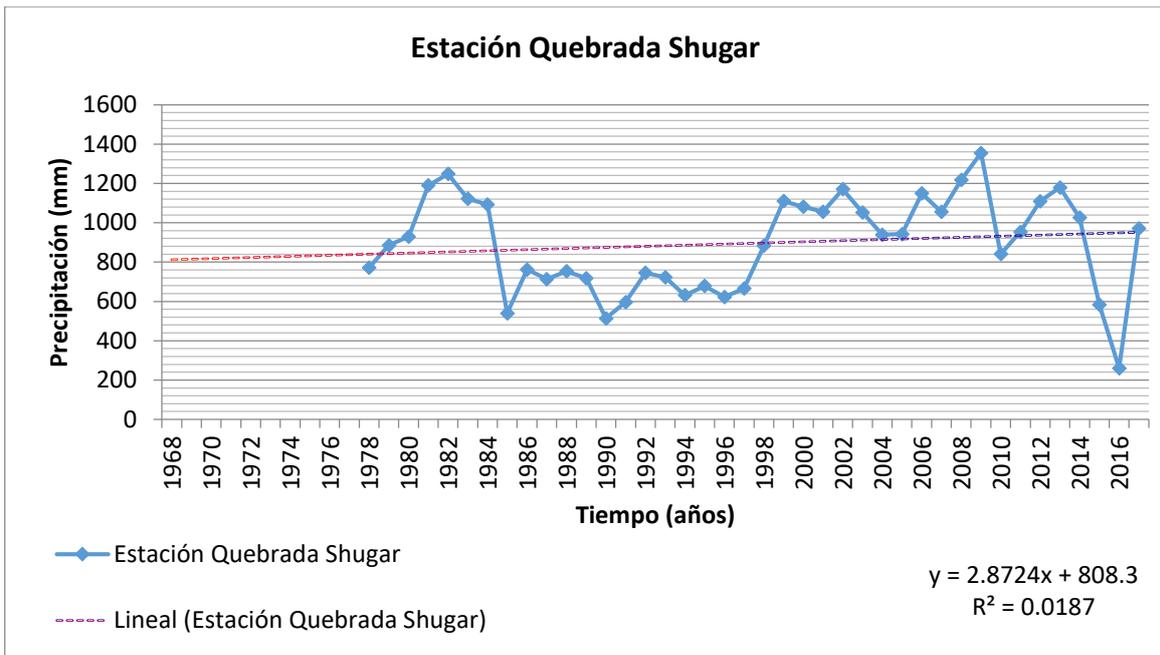


Figura 19.- Pluviogramas anuales de la estación Quebrada Shugar

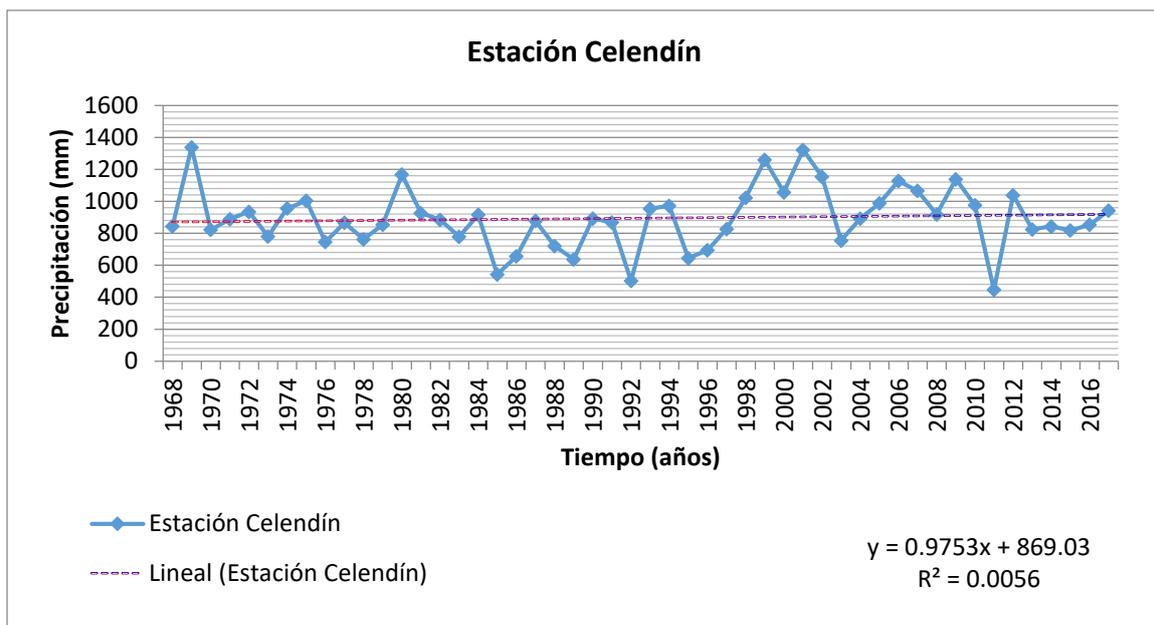


Figura 20.- Pluviogramas anuales de la estación Celendín

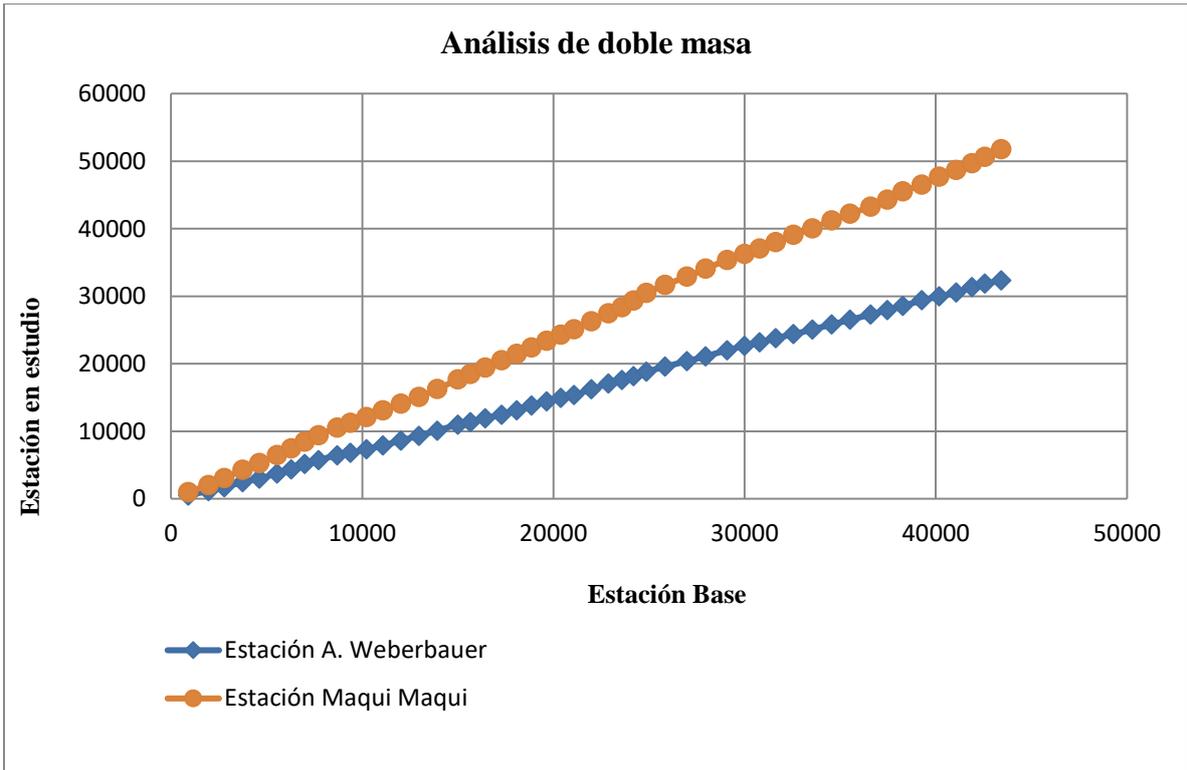


Figura 21.- Análisis de doble masa estación Maqui Maqui

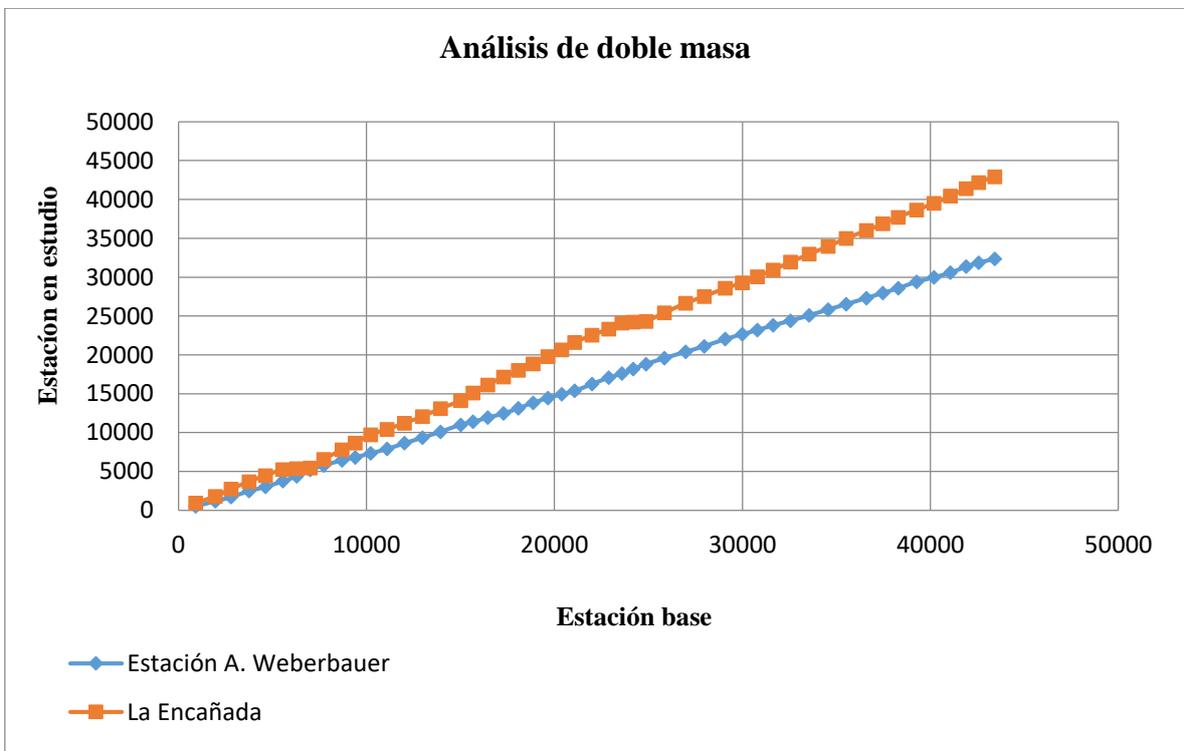


Figura 22.- Análisis de doble masa estación La Encañada

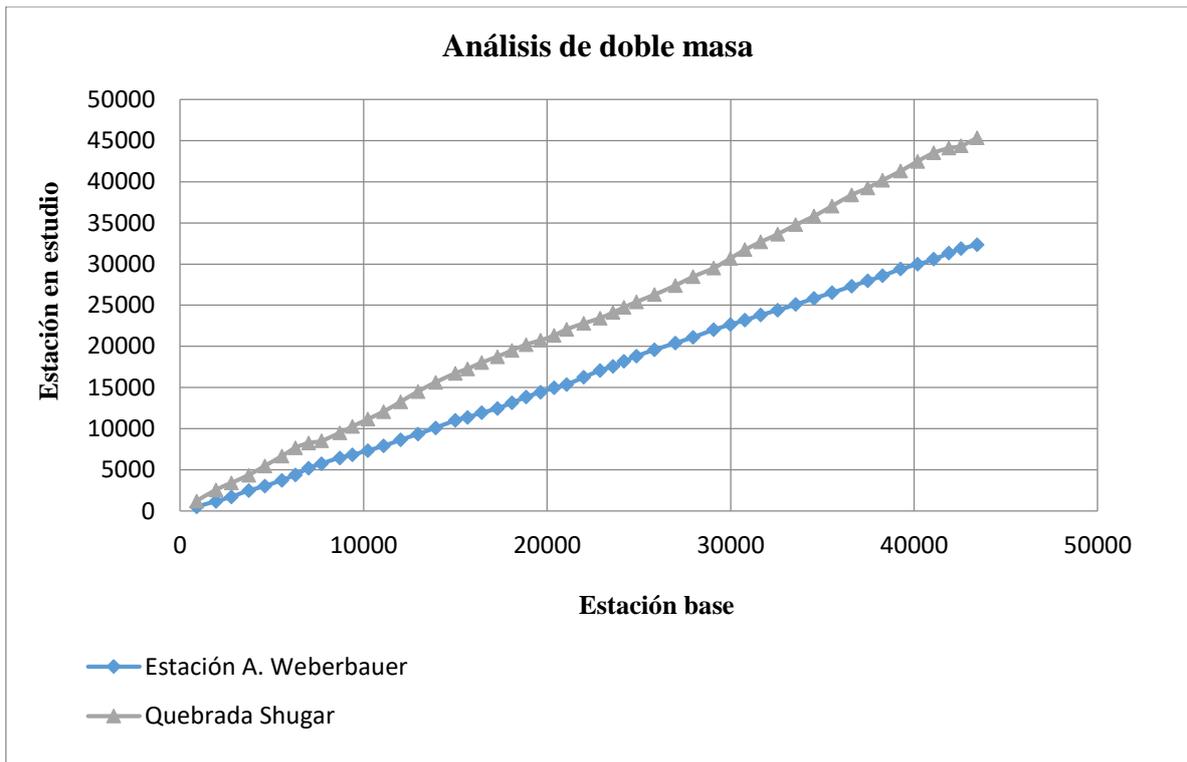


Figura 23.- Análisis de doble masa estación Quebrada Shugar

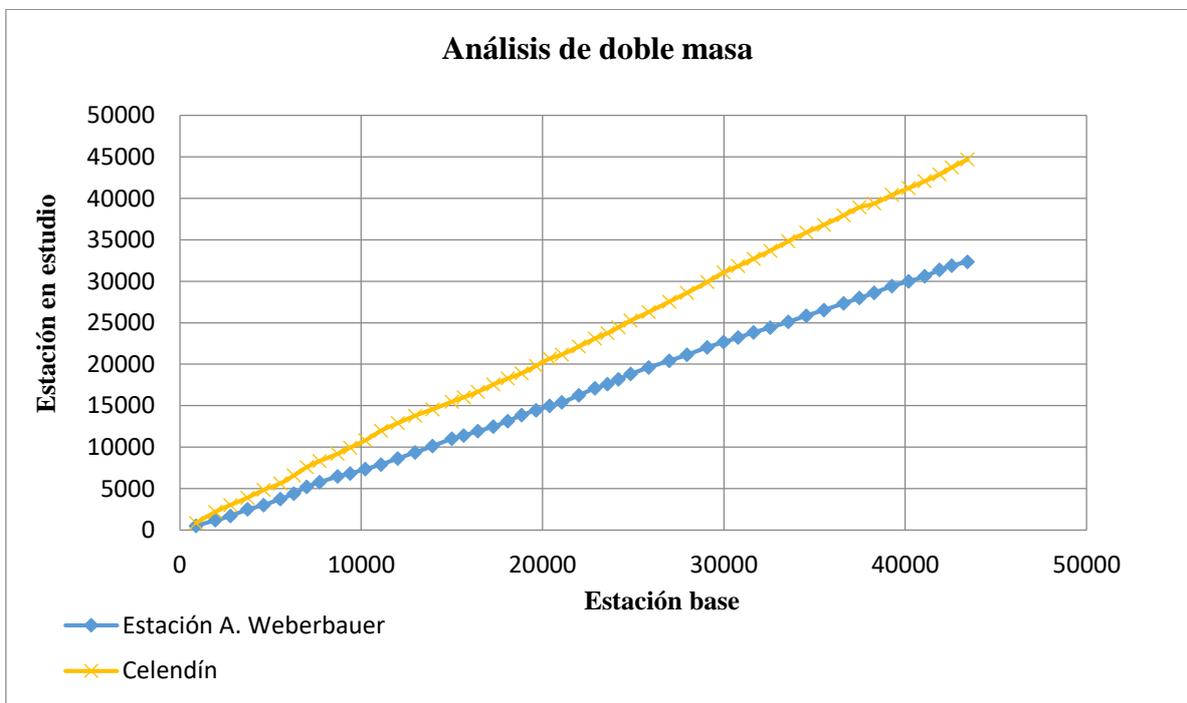


Figura 24.- Análisis de doble masa estación Celendín

A.3 Completación y extensión de la información

Tabla 34.- Precipitación total mensual mm –Maqui Maqui

ESTACIÓN	MAQUI MAQUI													
NORTE	9228957			DEPARTAMENTO					CAJAMARCA					
ESTE	780019			PROVINCIA					CAJAMARCA					
COTA	4024	m.s.n.m.			DISTRITO					CAJAMARCA				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1968	79.6	112.2	99.1	70.1	34.7	10.8	0	7.5	123.3	62.6	94.8	137.3		
1969	21.3	153.3	131.1	142.9	18.1	62.8	0	5	54.6	114	223.7	306		
1970	151.1	88.5	110.8	69.2	51.9	39.7	8	4.3	54.3	158.3	104.1	164.5		
1971	111.3	137.1	216.8	94.3	42.7	23.9	7.9	7.7	31.3	105.1	70.3	144.2		
1972	52	95.3	193.6	131.3	49.2	5.3	2.6	9.9	57.5	31.6	133.5	78.5		
1973	109.1	84.7	134.3	142.5	46.7	32	13.3	9.3	97.3	80.8	82.8	146.8		
1974	83.9	190.2	177.5	50.5	28.5	44.1	10.5	15.9	41.1	111.3	79.9	103.1		
1975	59.5	210.7	205.5	104	74.4	21.5	13	14.2	46.5	108.3	63.5	70.1		
1976	177.8	112.4	168.8	67.4	72.3	42.4	3.9	7.3	15.6	44.4	63.5	124.3		
1977	140.9	163.2	137.6	62.4	22.2	22.4	7.9	0.9	52.4	58.4	114.4	107.3		
1978	47.4	25.6	101.8	74	61.4	1.9	17.6	2.4	38.3	78.9	92.4	118.7		
1979	55.4	124.3	214.4	64.6	37.2	0	5.4	22.1	102.3	3.3	85.8	69.2		
1980	37	66.8	140.4	50.1	66.9	18	3.7	1.3	5.4	247.8	214.3	176.2		
1981	57.9	195.3	129.1	82.1	66.9	18	3.7	1.3	5.4	247.8	214.3	176.2		
1982	70.8	109	115.9	56.5	49.9	37.5	6	0	83.6	209.6	141.2	208.5		
1983	126.5	85.7	166.4	128.1	54.4	22.4	8.5	4.9	22.4	108.7	85.1	202.9		
1984	50.1	277.8	145.9	109.3	70	59.9	17.8	12.6	14.2	102.2	103.7	135.1		
1985	47.8	114.2	121.6	87.4	37	4.9	7.1	15.4	46.5	14.8	66.2	129.9		
1986	103.2	104	127.7	122.6	45.6	7.2	5.2	17.9	0	59.7	122.8	129.3		
1987	150.8	90.5	130.3	92	28.2	13.9	15.8	7.1	57.3	101	149.1	157.7		
1988	148.4	118.4	106.9	109.4	22.9	7.2	2.8	4.1	27.3	64.6	78.9	127.2		
1989	83.7	131.9	173.2	113.3	33.3	12.2	6	3.8	52.4	161.8	50.8	62.5		
1990	79.5	108.3	102.1	79.5	53.1	34.9	3.6	3.7	47.9	161	200.2	133.3		
1991	45.1	111.3	166	77.8	32.8	13.7	4.7	3.7	31	21.7	76.2	139.2		
1992	47.5	78.1	81.4	73.8	29.8	28.7	4.8	5.7	71	102.6	54.8	103.9		
1993	88.7	141.1	221.9	126.9	28.8	18.6	2.8	2.5	47.9	130.1	121.5	184.7		
1994	153.6	170.3	185.4	150.4	49.4	12.2	4.8	2.7	16.9	51.7	102.1	161.6		
1995	20.6	145	154.6	64.5	42.6	14.2	10.4	3.6	22.2	70.4	85.1	168.9		
1996	79	155.2	132.7	94.3	5.4	22.9	2.8	10.4	27.8	78.4	55.4	17.8		
1997	57	125.2	74.9	63.5	25.1	9.4	0	2.3	25.9	89.7	136.4	128.5		
1998	122.8	192.5	187.8	119.4	59.8	5.6	0.4	1.6	18	155.4	118.1	92.6		

1999	139.6	315.2	137.4	69.6	90.5	56	11.9	7.2	123.6	58	140.5	238
2000	86.4	226.2	196.2	97.6	68.4	43.8	5	10.2	119.8	9.6	55.2	198
2001	243.2	148.8	257.4	65.5	65.4	6.6	13	3.4	25.5	124.6	170.4	193.6
2002	53	106.6	193	148.7	35.2	15.8	12.9	3.3	40.8	195.6	134	207.2
2003	92.4	101.6	113.8	118	52.8	78.3	4.4	4.4	69	89.4	49.5	118.7
2004	95.7	67.1	110	71.5	53.6	7.4	14.6	8.7	55.6	115.8	187	203
2005	116.3	140.2	250.6	44.4	30.5	17.5	7.7	2.5	36.8	217.6	73.9	229.4
2006	102.6	93	268.6	64.1	13.2	25.7	8.6	0	94.4	59.8	115.5	138
2007	132	4	219.2	119.6	59.3	11.4	3.4	6.4	59.5	139.6	190.2	163.9
2008	93.3	176.7	178.3	122	72.8	53.5	3	12.8	55.1	167.6	141.8	49.4
2009	221.7	115.4	164	143.9	89.2	31.3	5.4	0	50.1	170.6	187.8	154.8
2010	69.8	137.6	179.4	68.4	80.4	37.4	1.8	1.7	64.6	115	119.9	163
2011	138.3	119	165	150.3	3.6	6.3	9.8	5.7	71.2	40.8	105.9	266.2
2012	215.1	213.5	197	130.7	72.4	0	0	0.8	35.5	153.5	192.7	140
2013	62.6	123.2	295.5	86.2	80.5	20.1	6.9	15.1	12.2	176.6	25.4	163.8
2014	98.3	194.4	140.8	66.5	89.9	1.1	1.5	2.9	48.2	112.5	79	173.4
2015	197.7	73.3	274.8	115.1	113.7	33.5	3.5	6.4	17.4	41.4	181.5	134.9
2016	118	125.5	119.1	32.9	23.5	0	2.6	1.8	77.7	82.2	16.5	209.2
2017	109.1	109.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	129
PROM	100.9	132.2	165.8	94.1	49.9	22.9	6.4	6.9	48.4	104.1	110.3	149.9
D. EST.	51.5	56.7	53.83	31.8	23.85	18.2	4.7	5.9	30.42	56.1	50.80	54.70
MÍN.	20.6	4	74.9	32.9	3.6	0	0	0	0	3.3	16.5	17.8
MÁX.	243.2	315.2	295.5	150.4	113.7	78.3	17.8	27.7	123.6	247.8	223.7	306

Tabla 35.- Precipitación total mensual mm- La Encañada

ESTACION : LA ENCAÑADA												
NORTE : 9212281.83						DEPARTAMENTO :		CAJAMARCA				
ESTE : 795823.8						PROVINCIA :		CAJAMARCA				
COTA : 2862 m.s.n.m.						DISTRITO :		LA ENCAÑADA				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	64.7	75.4	87.3	33.9	26.2	3.8	3.1	10.2	73.2	95.2	68.3	50.7
1969	29.6	70.3	102.4	128.7	10.1	28.8	2.6	8.8	24.8	81.5	122.9	94.1
1970	93.2	48	99	78.6	48.8	29.3	3.8	3.6	24.5	140.9	65	42.8
1971	65.6	87.2	287	79	17.9	18.5	9.7	10.7	39.7	124.4	59.1	48.7
1972	59.2	66.1	131.5	113.5	30	7.7	3.8	12.3	41	51.5	80.9	40.9
1973	146.5	68.2	110.2	149.1	41.2	42.3	5.9	11.2	130.1	94.1	82.7	51.4
1974	78.1	108.4	113.7	85.1	13.8	25.6	5.1	13.8	55.9	100.3	67.6	53.4
1975	138.4	129.3	213.7	104.6	88.4	15.5	5.4	11.7	65.7	112.5	79.4	17.5

1976	109.5	62.8	100.3	79.8	59.9	33.6	2.5	4.5	15.5	52.5	86.3	38.1
1977	109.2	121.1	158.5	59.5	38.9	12.7	5.5	2.4	21.3	79	68.6	49.5
1978	38.9	42.9	68.8	50.6	87	7	4.3	4.2	33.1	42.8	67.7	38.3
1979	81.7	75.8	175.6	50.7	27.8	4.1	5.5	10	48.1	42.8	38.5	39.2
1980	52.2	48.5	84.7	38.2	16.6	22.6	3.8	5.1	0.2	175.1	127.8	67.8
1981	78.2	149.1	123.8	45.3	25.9	10.8	5.4	8.5	30.3	152	58.9	69.9
1982	74.3	90.7	95	133.5	54.1	12.4	3.3	5.6	63.8	168.1	81.7	58.6
1983	101.2	71.5	167.8	160.8	45.6	15.6	6.4	3.7	26	120.8	40.4	73.3
1984	46.1	182	141.1	119.6	91.6	36.5	12	11.4	52.8	98	113.7	66.5
1985	46	48.5	58	58.4	71.8	2.1	4.4	11.2	53.7	74.8	36	36.2
1986	81.9	52.2	115.2	184.1	27.7	2.4	2.9	9.4	-1.5	66.8	80.6	41.7
1987	90.2	85.3	59.9	74.9	21.6	7.1	6.9	8.3	57.1	58.8	89.1	45.8
1988	97.1	92.5	65.3	144.6	21	9.1	2.4	18.3	102.9	93.7	77.6	52
1989	83.5	129.8	131.3	128.2	30.8	24.8	3.8	5.2	78.5	145.4	60.4	18.3
1990	92.3	66.7	78.2	35.2	55.7	35.8	2.8	5.8	27.4	121.7	115.3	51.4
1991	57.6	81.7	150.7	79.8	29.8	2.5	2.6	2.5	12.3	47.5	68.9	51.2
1992	62.8	41.1	86.2	65.8	31	31.1	4.3	7.2	59.1	92.2	44.5	33.2
1993	67.9	97.2	257.5	156.3	44.5	4.2	3.8	3.8	75.3	145	86.1	57
1994	101.4	90.9	185.7	223.7	50.6	6.2	2.4	2.5	14.9	46.3	105.4	75.3
1995	58.1	94.5	95	70.9	33	3.9	7.9	7.6	14.2	77	64	53.4
1996	8.1	15	17.8	10.1	20	21.8	18.7	7.2	0.6	0.1	0.8	3.6
1997	13.3	4	5.8	11.2	32.6	10.7	10.2	10.3	6.3	1.1	0.9	13.1
1998	102.1	196	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6
1999	115.3	294.8	108.7	99.7	102.8	62.9	11	9.3	132.8	30.3	125.3	143.4
2000	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20	88.1	4.7	50.4	117.4
2001	238	72.4	203.8	105.7	69.7	12.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2	116.1	57.97
2003	33.1	80.6	145.5	93	37.8	38.3	0	9.9	41.9	93.8	124.4	85
2004	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2
2005	119.6	107.1	260.8	51.2	42	12.4	1.2	7	13.4	205.5	38.2	145.4
2006	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7
2007	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9
2008	104.1	149	175.9	151.5	44	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7
2009	222.7	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	115.3	66.6
2010	70	94.8	184.3	123	39.8	11.8	7.7	0	35.7	100	98.9	94
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0	51.2	52.1	93.8	149.5
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	152.8	56

2013	72.7	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	106.9
2014	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9
2015	188.3	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	170.5	23.2
2016	138.7	95.2	123.7	72.3	3.2	23.1	0.8	0.6	61.7	85.1	8.2	201.9
2017	109.1	109.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	129
Prom	88.3	93.4	147.9	98.1	47.2	15.8	5.6	7.9	40.5	96.9	80.4	70.2
D.Est	46.34	48.14	71.83	46.01	27.51	13.65	4.547	6.037	31.37	48.98	37.28	42.38
Mín	8.1	4	5.8	10.1	3.2	0	0	0	-1.5	0.1	0.8	3.6
Máy	238	294.8	292.1	223.7	115.4	62.9	21.7	27.7	132.8	205.5	170.5	201.9

Tabla 36.- Precipitación total mensual mm- Quebrada Shugar

ESTACION : QUEBRADA SHUGAR												
NORTE : 9259270.89						DEPARTAMENTO :			CAJAMARCA			
ESTE : 781090.64						PROVINCIA :			HUALGAYOC			
COTA : 3293 m.s.n.m.						DISTRITO :			BAMBAMARCA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	82.6	97.8	105.7	74.1	37.9	11.8	12.9	25.5	63.9	94.6	86.6	91
1969	46.6	92	115.8	93.3	26.2	41.6	11.1	22.4	41.5	82	131.2	156.8
1970	111.9	66.8	113.5	83.2	54.4	42.1	15	11.5	41.4	136.6	83.9	78.9
1971	83.5	111	238.2	83.2	31.8	29.4	34	26.5	48.4	121.5	79.1	87.9
1972	77	87.2	135.1	90.2	40.7	16.5	15.2	30	49	54.4	96.9	76.1
1973	166.6	89.6	120.9	97.5	48.8	57.7	21.8	27.6	90.4	93.6	98.3	92.1
1974	96.4	135	123.2	84.5	28.9	37.8	19.3	33	55.9	99.3	86	95
1975	158.3	158.7	189.6	88.5	83.3	25.7	20.3	28.7	60.5	110.4	95.7	40.5
1976	128.6	83.4	114.4	83.4	62.5	47.3	10.9	13.5	37.2	55.3	101.3	71.9
1977	128.3	149.4	153	79.3	47.2	22.4	20.7	9.1	39.9	79.7	86.8	89.1
1978	74.7	85.9	55.9	88.3	61.5	5.8	56.7	1.2	56.5	54.4	105.8	125.3
1979	76.8	99.4	268.5	98.7	44.6	2.6	34.4	48.9	78.1	20.3	58.7	54.8
1980	87.9	82.2	137.5	40	31.3	17.6	21	11.2	9.5	204.5	214.6	72.3
1981	80.7	195	162.6	106.5	70.7	51.8	21.4	16.9	44.5	164.7	85.9	102
1982	85.1	95.8	93.3	105.2	129	106.2	32.4	0	123.7	186.4	119.9	171.5
1983	214.5	37.8	207	125.7	49.9	29.2	23.1	26.2	62.7	82.8	100.7	161.9
1984	50.7	249.9	152.6	87	95.6	26.9	41.8	33.7	68.8	154.6	72.1	59.2
1985	43.6	64.6	76.8	47	32.7	10.7	20.7	18.7	66.1	15.5	47.2	95.9
1986	115	99.9	115.6	84.9	46.7	0	3.5	40.7	60.1	31.1	69.9	94.3
1987	123.1	115.7	90	66.4	26.9	14.4	82.4	0.9	50.4	16.8	126.2	83.53
1988	108.8	172.3	77.2	69.7	30	0	0	0	47.9	62.1	118.9	66.1

1989	126.9	98.5	131.1	82.5	7.9	16	8.7	0	59.5	99.6	56.5	30.8
1990	33.9	24	9.3	70.9	49.1	34.6	4.9	6.4	26.6	94.6	98.4	61.3
1991	76.4	67.3	54.1	109.3	17.6	7.4	21.6	0	36.4	31.5	55	120.2
1992	57	61.3	108.1	81.1	22.6	62.2	15.3	33.2	91.8	88.5	53.7	70.6
1993	92.3	55.7	97.5	102	76.4	6.5	0	22.6	27.2	75.8	81.6	85.1
1994	76.7	88.9	78.2	71.2	27.2	21.9	1.2	2.9	46.7	48.1	63.9	104.4
1995	60.5	43.2	77.6	25.8	61.7	28.1	26.7	0	22.8	93.1	88.3	150.9
1996	92.4	135.9	115.6	66.3	28.3	10.3	3	17.9	23.5	87.9	26.2	14.9
1997	59.5	44.8	67.7	134.9	24	24.6	0	14.9	35.2	48.5	96.8	114.5
1998	69	100.9	146	98.7	48.7	2.6	0	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4
1999	136.7	284	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124
2000	56.7	181.6	196.3	86.3	94.4	75.9	27.8	6.7	66.3	24.7	122.9	141.5
2001	196	65.3	260.5	43	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	100.1	150.8	126.7
2002	61.5	136.7	197.6	165	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6
2003	136.8	152.7	107.7	125.1	49.4	41.6	1.3	41.3	79.1	94.3	115.9	106.8
2004	65.9	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9
2006	156	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29	2.3	23.1	38.2	37	121.4	151	71.9
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17	3.2	27	87.5	151.1	98.6	40.4
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6	52.2	134.4	156.2	152.6
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41	28.1	3.4	41.5	50	104.2	83.6
2011	105.4	63.2	225.2	137.9	51.9	17.9	19.7	8	80.1	70.2	91.7	187.5
2012	202.7	208.9	127.6	113	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	139.1
2013	133	108.4	303.5	109.7	102	6.8	17	67.3	7.6	135	20.3	168.6
2014	159.8	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3
2015	163.8	95.9	8.1	1.5	91.2	14.15	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9
2016	93.2	6.7	86.6	35.6	18.5	19.8	6.9	0	45.1	89.2	51.3	85.9
2017	192.8	94.3	240.1	113.5	81.7	35.5	3.2	48.5	50.1	111.2	81.2	89.8
Prom	111.4	110.4	140.6	87.8	52.6	26.3	18.1	18.7	50.6	93.1	96.7	103.4
D.Est	53.68	57.51	69.59	32.62	27.87	24.01	16.06	19.54	23.47	48.47	37.01	40.64
Mín	33.9	6.7	8.1	1.5	7.9	0	0	0	7.6	15.5	20.3	14.9
Máx	290.6	284	303.5	165	129	106.2	82.4	96.9	123.7	209.1	214.6	187.5

Tabla 37.- Precipitación total mensual mm -Celendín

ESTACION :	CELENDIN		
NORTE :	9240309.12	DEPARTAMENTO :	CAJAMARCA
ESTE :	818505.54	PROVINCIA :	CELENDIN

COTA		2470 m.s.n.m.				DISTRITO			CELENDIN			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1968	98.3	144	135.4	38.5	17.6	6.5	4.2	3.3	158.6	76.4	78.4	84
1969	15.3	126.3	134.9	185.3	4.7	85.8	1.6	7.5	56.6	213.3	308.6	197.9
1970	147.6	51.1	113.6	96.7	42.4	20.4	11	2.8	18.3	93.1	99.3	126
1971	125.1	120.2	144.1	116.6	44.3	16.4	5.1	18.8	17.9	131.3	17.1	131.5
1972	41.8	63.7	196.3	184.1	58.4	0	0	21.4	66.2	31.8	181.4	89.3
1973	75.5	49.1	104.7	163.1	28.5	8.7	29	64	47	45	73	93.7
1974	37	210.2	185.1	61.3	0.2	42.8	0	42.2	28.5	162	109.1	77.3
1975	56.4	209.8	176.2	131.6	104.3	25.6	42.9	48.7	11.7	110.8	52.1	33.8
1976	111.8	87.2	212.7	82.4	46.8	21	0	19.2	13.9	55	43.6	52.1
1977	144.1	123.5	161	78	8.22	0	1.7	0.8	44.6	111.1	136.3	56.7
1978	54	50.9	88.4	119.9	93.9	2.5	49.6	2.4	17.8	98.5	72.1	112.5
1979	53	98.2	266.1	197.8	2.8	0.5	8.1	37.6	107.3	18.6	27	37.2
1980	27.6	50.1	158.8	53.2	164	18.4	0	22.4	16.9	147	390.6	118.1
1981	61.5	154.5	107.1	59.4	59.2	22.6	0	13.6	10.1	99.5	140.2	198.7
1982	81.7	60	124.9	68.4	34.3	0	8.2	0	69.6	139.4	153.2	144.8
1983	124.3	74.6	157.5	148.3	39.4	17.4	6.2	8	28.5	73.4	32.1	69.6
1984	47.6	219.8	157.3	114.2	61.2	4.2	16.9	15.3	4.1	104.8	128.5	41.8
1985	37	36.6	109.6	100.2	32.6	10	19.2	16.4	11.6	39.9	34.2	95.8
1986	110.8	67.2	102.7	116.2	34.6	3.1	6.7	23.5	0	35.9	73	82.1
1987	124.4	72	147.8	108.2	9.9	0	24.5	6	52.8	69	163.6	99.3
1988	117.1	84.1	79.6	143.2	21.2	4.9	0.2	0	19.5	66.9	82.5	100.7
1989	74.5	86.6	111.7	137.7	15.7	14.1	8.7	3	39.8	105.3	24.6	15
1990	84.4	98.5	83	86.6	19.9	28.3	0	27	20.5	169	227.2	48
1991	42.6	88.3	336.3	109.1	14.4	9.2	0	11.8	17.5	71.1	81.2	85.9
1992	55	14.7	70.8	77.6	16.3	30.3	0.6	12.7	32.7	101.5	17.2	72.9
1993	98.4	102.7	211.5	120.6	17.3	11.6	4.1	6.4	30.3	114.7	92.7	144
1994	122	139.8	203.3	158.2	37.8	0	10.3	0.3	21	82.2	81.3	115.3
1995	13.5	100.7	124.8	105.8	65.5	3.4	12.8	0	11	57.4	17.2	132.6
1996	69.5	104.5	136.1	74.5	28	0	0.5	0	24.4	176.3	62.6	17.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0	0	33.5	89.2	119.4	154.1
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0	0.7	0	18.3	174.3	91.8	44.8
1999	177.5	319.1	100.4	13	54.1	49.2	5.8	6.6	107.8	53.6	130.2	241.9
2000	107.7	224	220.6	112.4	45	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
2001	249.5	134.9	445	50.6	39.6	1.3	5.4	0	32.2	104.3	162.2	97
2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0	2	208.6	122	151.8

2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0	0	0	39	250.3	26.6	166.7
2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3	6	9.9	20	215.3	152.9	123.2
2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28	11	21	21	132	142.5	38.8
2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0	38.2	98.7	139.5	116
2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39	60.4	123	135.1
2011	90	85.5	182.1	135.1	32.7	1.3	17.7	4.8	40.5	95.3	113.5	173.6
2012	217.7	115.6	127.2	100	42.7	3.4	6.6	1.7	0.3	142	208.1	79.7
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63	21.1	16.5	33.2	4.7	162.9	24.3	129.4
2014	78.1	136.7	166.6	84	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70	62.2	79.2
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	0	0.6	35.7	96.9	44.3
2016	100.3	169.8	130.8	42.9	6.7	2.1	1.8	2	30.6	134	19.4	213.6
2017	241.5	92.9	300.2	170.7	81.1	16.1	1.2	16.9	20.7	100	75.2	172
Prom.	94.4	109.1	172.9	108	41.7	13	8.7	11.1	33.9	104.5	106.1	108
D.Est.	54.95	60.48	78.74	43.25	32.52	16.81	11.04	14.14	29.81	53.74	74.66	52.38
Mín.	13.5	14.7	70.8	13	0.2	0	0	0	0	5.7	17.1	15
Máx.	249.5	319.1	445	197.8	164	85.8	49.6	64	158.6	250.3	390.6	241.9

A.4 Precipitación media mensual en la microcuenca Jadibamba

Tabla 38.- Precipitación efectiva generadas para la microcuenca Jadibamba (mm/mes)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	43.40	71.77	54.58	34.77	22.69	8.40	4.79	16.28	66.22	47.58	55.49	77.28
1969	14.33	73.01	61.95	84.33	7.69	45.51	4.10	1.84	33.45	81.93	125.77	137.70
1970	92.53	35.46	64.35	44.02	23.22	26.83	3.87	4.04	30.09	91.06	62.91	88.35
1971	52.42	73.53	129.14	51.56	30.38	16.88	8.38	3.88	16.46	54.55	45.66	75.51
1972	38.42	50.65	106.40	79.64	39.28	6.78	0.83	22.99	42.23	19.39	93.34	45.04
1973	65.59	50.40	85.18	87.49	24.19	23.18	13.75	13.99	55.46	40.17	59.62	72.74
1974	41.83	114.33	88.11	31.53	11.02	27.55	10.66	19.68	20.55	73.74	45.22	58.12
1975	48.48	109.37	115.49	71.72	59.13	19.94	16.71	15.82	30.94	57.22	34.58	28.42
1976	65.71	55.54	107.79	38.00	47.89	28.30	3.49	5.24	13.45	31.48	22.88	48.54
1977	91.81	104.44	64.04	37.92	19.47	16.12	8.56	0.56	36.28	40.34	63.45	47.60
1978	28.07	31.53	52.24	47.52	35.89	2.38	18.15	0.59	24.95	44.41	53.34	76.63
1979	37.99	68.59	133.81	51.06	27.27	0.66	9.35	25.06	57.63	2.97	42.56	34.06
1980	34.05	40.64	89.22	31.94	42.33	8.93	5.12	4.09	4.64	134.48	135.04	83.25
1981	38.92	107.16	66.42	44.49	38.70	22.08	6.27	20.15	14.22	90.35	76.35	111.26
1982	40.07	51.96	63.89	49.00	39.10	19.68	7.22	0.00	52.93	128.91	76.26	99.47
1983	76.54	31.06	116.11	73.90	32.31	13.15	7.25	7.10	18.95	49.19	37.74	103.65
1984	29.14	143.66	87.12	60.58	50.77	26.95	21.06	12.16	5.11	67.62	54.67	73.06
1985	29.06	54.08	64.51	16.76	16.76	6.26	7.65	19.28	30.18	15.33	37.52	63.83

1986	63.43	58.97	78.14	77.77	30.40	2.32	2.65	14.22	3.10	36.50	75.84	62.26
1987	83.47	55.72	68.84	54.48	16.16	8.05	14.75	8.96	28.76	51.02	82.42	85.67
1988	87.17	68.29	48.19	63.86	16.90	2.05	1.82	6.28	21.25	37.31	58.39	57.96
1989	53.33	81.19	97.37	65.90	20.98	9.16	4.69	1.04	30.46	78.02	34.68	25.76
1990	35.55	63.73	56.42	46.87	27.90	21.27	1.93	8.64	22.50	91.75	112.39	52.71
1991	31.36	51.20	108.40	45.90	15.36	6.71	5.66	2.99	18.98	15.55	38.90	75.38
1992	30.03	35.56	48.24	45.98	19.36	26.11	4.61	8.57	45.87	58.55	31.82	55.37
1993	51.50	57.63	128.35	70.73	22.45	7.56	0.69	6.48	29.37	69.91	63.18	102.41
1994	79.08	78.50	89.84	94.80	24.44	8.23	3.44	1.38	19.96	30.35	67.05	76.88
1995	23.49	78.96	77.43	41.83	28.70	11.07	9.53	0.95	16.47	42.37	51.81	92.45
1996	46.09	81.33	73.73	52.48	10.05	9.76	2.55	6.46	15.86	55.73	32.29	12.49
1997	30.91	64.36	41.73	45.05	15.01	7.44	0.25	3.67	14.10	44.90	75.28	79.54
1998	70.06	97.22	124.85	83.54	36.87	2.20	0.04	1.12	19.99	98.25	58.89	46.36
1999	79.38	178.88	64.32	44.53	51.13	44.35	14.52	4.46	71.27	27.88	85.75	122.87
2000	49.35	117.38	120.02	57.26	46.66	31.99	1.45	19.89	71.56	7.36	38.41	96.84
2001	143.20	69.58	152.69	42.44	39.90	2.69	11.55	1.17	19.15	64.66	83.51	86.43
2002	34.21	62.03	125.05	82.44	28.31	5.79	11.87	0.66	24.13	107.72	88.90	101.41
2003	51.39	67.25	71.07	56.90	27.88	49.97	1.45	8.30	37.11	56.86	49.58	64.86
2004	42.24	37.15	61.59	49.74	34.50	9.55	14.71	6.89	38.85	72.23	104.15	95.79
2005	71.79	82.49	142.83	30.15	18.49	6.60	3.57	10.19	22.51	134.03	36.72	114.82
2006	56.82	66.48	173.21	38.37	6.92	30.81	9.36	0.63	55.86	48.51	71.38	76.04
2007	73.00	16.49	130.47	81.98	34.65	3.90	6.75	10.08	28.28	88.37	100.72	85.61
2008	66.66	105.77	106.53	70.39	41.71	27.36	2.14	23.95	29.48	93.97	77.84	26.00
2009	142.06	53.05	106.31	85.19	53.67	18.65	7.53	1.10	31.85	88.97	100.38	82.99
2010	48.74	69.76	94.54	37.05	42.61	21.28	8.38	1.33	30.85	53.09	71.22	91.03
2011	79.80	58.48	95.74	84.38	14.29	5.56	8.72	3.72	41.52	36.00	66.64	133.28
2012	118.30	97.17	94.08	72.24	39.13	3.77	0.63	2.20	13.43	83.44	104.81	65.26
2013	43.76	65.22	159.03	53.05	56.08	18.16	6.46	19.16	5.00	97.16	14.22	91.88
2014	55.70	82.86	86.85	44.96	57.72	0.37	2.82	2.75	28.12	49.69	53.45	86.39
2015	118.21	43.52	125.70	57.31	70.85	15.98	3.41	8.66	6.62	26.21	80.99	63.92
2016	63.08	74.25	61.05	20.84	10.61	4.65	2.09	0.61	33.31	55.58	14.22	121.08
2017	95.60	55.68	135.02	77.29	48.91	13.87	1.56	23.58	33.41	57.98	23.14	109.27
MEDIA	59.74	70.87	93.96	56.24	31.53	15.14	6.58	8.26	29.25	60.61	63.43	77.31
D. EST.	28.87	29.38	31.97	18.95	15.04	11.96	5.03	7.52	16.58	30.95	27.73	27.87
MIN	14.33	16.49	41.73	16.76	6.92	0.37	0.04	0.00	3.10	2.97	14.22	12.49
MAX	143.20	178.88	173.21	94.80	70.85	49.97	21.06	25.06	71.56	134.48	135.04	137.70

A.5 Generación de descargas con modelo estocástico

Tabla 39.- Números aleatorios normalmente distribuidos

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	0.91	0.03	0.43	0.17	0.39	0.62	0.45	0.49	0.34	0.93	0.41	0.30
1969	0.41	0.27	0.52	0.90	0.31	0.89	0.83	0.27	0.52	0.23	0.57	0.68
1970	0.51	0.81	0.40	0.66	0.98	0.70	0.50	0.51	0.60	0.87	0.15	0.28
1971	0.25	0.53	0.40	0.91	0.11	0.49	0.21	0.57	0.39	0.94	0.52	0.59
1972	0.17	0.55	0.62	0.27	0.35	0.36	0.24	0.52	0.99	0.24	0.61	0.96
1973	0.29	0.03	0.38	0.85	0.51	0.10	0.01	0.28	0.36	0.54	0.27	0.03
1974	0.35	0.21	0.97	0.66	0.19	0.12	0.00	0.63	0.31	0.98	0.81	0.32
1975	0.61	0.17	0.17	0.21	0.37	0.91	0.83	0.41	0.89	0.81	0.23	0.73
1976	0.72	0.21	0.61	0.89	0.19	0.18	0.40	0.08	0.47	0.99	0.83	0.59

1977	0.33	0.63	0.31	0.64	0.00	0.66	0.27	0.93	0.83	0.95	0.07	0.34
1978	0.72	0.02	0.76	0.38	0.81	0.74	0.39	0.75	0.58	0.73	0.66	0.07
1979	0.40	0.66	0.49	0.81	0.82	0.43	0.71	0.41	0.61	0.29	0.62	0.25
1980	0.55	0.19	0.28	0.68	0.11	0.04	0.00	0.85	0.46	0.67	0.93	0.79
1981	0.70	0.66	0.73	0.45	0.86	0.44	0.77	0.29	0.89	0.77	0.15	0.52
1982	0.76	0.67	0.32	0.56	0.55	0.75	0.36	0.67	0.36	0.64	0.03	0.86
1983	0.24	0.53	0.38	0.89	0.99	0.86	0.68	0.68	0.76	0.48	0.74	0.86
1984	0.37	0.61	0.30	0.02	0.64	0.05	0.12	0.31	0.45	0.42	0.98	0.56
1985	0.69	0.23	0.35	0.59	0.04	0.36	0.07	0.02	0.76	0.95	0.23	0.74
1986	0.65	0.27	0.44	0.35	0.85	0.81	0.58	0.15	0.78	0.32	0.12	0.62
1987	0.83	0.34	0.71	0.49	0.29	0.17	0.60	0.27	0.22	0.51	0.01	0.78
1988	0.50	0.12	0.38	0.46	0.15	0.62	0.54	0.44	0.97	0.65	0.03	0.11
1989	0.14	0.88	0.68	0.38	0.94	0.37	0.36	0.50	0.06	0.82	0.62	0.33
1990	0.47	0.60	0.18	1.00	0.93	0.89	0.96	0.67	0.67	0.90	0.31	0.99
1991	0.05	0.45	0.69	0.85	0.63	0.19	0.63	0.26	0.21	0.87	0.17	0.42
1992	0.53	0.42	1.00	0.30	0.85	0.85	0.84	0.71	0.56	0.15	0.48	0.01
1993	0.03	0.94	0.72	0.67	0.16	0.90	0.06	0.22	0.61	0.67	0.87	0.19
1994	0.18	0.98	0.07	0.32	0.64	0.75	0.84	0.75	0.79	0.51	0.43	0.19
1995	0.99	0.04	0.41	0.14	0.56	0.11	1.00	0.30	0.35	0.20	0.58	0.97
1996	0.61	0.15	0.89	0.48	0.17	0.53	0.78	0.79	0.32	0.76	0.60	0.92
1997	0.07	0.77	0.91	0.18	0.28	0.43	0.78	0.11	0.88	0.14	0.39	0.48
1998	0.07	0.28	0.87	0.93	0.77	0.96	0.11	0.76	0.31	0.84	0.97	0.42
1999	0.74	0.24	0.54	0.60	0.68	0.01	0.62	0.82	0.61	0.19	0.59	0.01
2000	0.81	0.66	0.64	0.07	0.77	0.07	0.41	0.14	0.35	0.46	0.90	0.52
2001	0.82	0.13	0.13	1.00	0.41	0.33	0.55	0.88	0.66	0.22	0.72	0.43
2002	0.11	0.98	0.43	0.56	0.28	0.92	0.72	0.87	0.44	0.02	0.07	0.08
2003	0.78	0.76	0.13	0.08	0.13	0.02	0.06	0.00	0.17	0.89	0.57	0.19
2004	0.76	0.50	0.38	0.40	0.98	0.42	0.21	0.83	0.68	0.68	0.38	0.56
2005	0.43	0.08	0.95	0.28	0.53	0.29	0.72	0.10	0.06	0.20	0.04	0.71
2006	0.57	0.33	0.68	0.73	0.29	0.11	0.74	0.07	0.49	0.51	0.35	0.49
2007	0.90	0.40	0.03	0.00	0.43	0.22	0.31	0.32	0.29	0.09	0.96	0.36
2008	0.29	0.80	0.02	0.03	0.75	0.60	0.89	0.32	0.39	0.73	0.98	0.54
2009	0.15	0.11	0.99	0.90	0.71	0.82	0.21	0.57	0.94	0.06	0.10	0.58
2010	0.29	0.30	0.21	0.90	0.25	0.56	0.97	0.45	0.26	0.09	0.18	0.44
2011	0.27	0.71	0.27	0.27	0.30	0.83	0.78	0.60	0.35	0.51	0.70	0.15
2012	0.49	0.44	0.43	0.64	0.54	0.99	0.33	0.64	0.79	0.93	0.28	0.87
2013	0.21	0.83	0.69	0.90	0.35	0.48	0.62	0.04	0.45	0.95	0.07	0.80
2014	0.89	0.05	0.21	0.78	0.67	0.45	0.88	0.79	0.42	0.33	0.92	0.25
2015	0.96	0.47	0.62	0.76	0.27	0.81	0.39	0.33	0.20	0.25	0.14	0.32
2016	0.68	0.91	0.08	0.39	0.05	0.96	0.34	0.90	0.76	0.29	0.09	0.53
2017	0.59	0.71	0.22	0.71	0.97	0.68	0.36	0.24	0.35	0.41	0.09	0.48

Tabla 40.- Generación de descargas por el modelo estocástico (mm/mes)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	54.09	63.02	56.94	43.20	34.02	24.65	19.73	25.26	54.40	52.96	55.01	67.47
1969	35.01	60.25	60.84	75.28	32.66	46.55	26.00	17.65	34.68	65.08	98.51	113.53
1970	90.64	54.04	60.28	51.23	38.59	36.54	22.17	18.97	33.41	72.56	62.78	75.49
1971	57.89	66.94	100.15	65.83	42.51	30.95	22.27	19.14	24.84	50.08	49.22	66.28

1972	47.46	51.57	84.53	75.58	50.85	26.61	17.07	28.61	44.12	31.76	72.44	55.87
1973	60.95	52.47	71.70	79.38	43.79	33.25	25.04	24.39	48.16	45.72	55.10	63.79
1974	49.56	86.90	83.77	49.61	28.07	32.14	23.01	28.55	29.05	62.14	52.94	56.17
1975	52.60	84.65	95.61	73.40	61.72	38.87	31.36	27.43	37.02	53.91	42.63	38.52
1976	58.73	55.60	86.22	54.78	50.24	38.01	21.90	17.83	23.15	36.77	34.40	47.47
1977	74.07	88.71	67.84	49.44	32.06	28.74	22.10	18.67	37.77	45.04	56.32	51.02
1978	40.23	36.86	50.84	49.89	44.77	24.24	27.01	19.10	30.43	44.76	52.92	65.67
1979	47.99	62.35	102.11	65.62	43.60	21.72	22.71	30.65	51.84	24.41	41.85	39.60
1980	40.27	42.71	71.31	46.99	44.92	25.16	18.22	19.47	18.46	92.97	111.72	86.10
1981	54.53	85.79	70.23	52.98	47.31	34.82	24.26	27.74	27.59	70.40	69.92	91.19
1982	56.59	54.91	59.91	53.59	46.42	34.52	23.07	17.53	45.09	95.90	75.33	87.09
1983	74.29	46.59	87.92	75.61	49.49	31.96	23.79	21.79	28.36	46.00	44.64	82.32
1984	46.74	104.56	84.63	63.73	55.80	38.00	30.78	24.80	19.96	54.25	57.18	66.60
1985	44.32	51.46	59.56	35.27	27.37	20.84	18.92	24.90	35.50	30.27	38.78	57.78
1986	61.64	58.47	69.32	71.26	46.80	24.96	19.10	22.59	19.63	36.06	61.48	61.72
1987	74.71	59.94	65.48	57.69	33.28	22.45	25.50	21.59	31.74	47.93	67.54	77.12
1988	79.05	67.24	54.08	60.24	33.74	21.00	17.54	18.87	29.85	40.26	52.17	55.04
1989	53.18	71.62	84.32	68.15	41.07	25.72	19.57	16.60	30.86	64.34	46.69	36.32
1990	40.05	57.49	55.70	53.14	41.47	34.82	22.54	22.33	30.17	72.32	91.50	64.79
1991	42.61	50.35	85.67	58.98	34.49	22.08	20.34	16.91	25.02	27.64	38.69	63.05
1992	43.38	41.48	50.60	48.61	35.22	35.94	23.83	22.73	43.10	53.43	41.97	50.76
1993	50.72	57.87	98.89	75.48	40.46	26.80	16.31	17.83	32.75	59.58	62.80	83.14
1994	74.55	75.45	78.45	82.97	45.30	27.71	21.25	18.22	28.24	35.36	57.57	67.40
1995	42.52	64.43	70.18	50.18	39.75	25.45	24.83	16.98	24.18	40.01	50.58	77.78
1996	56.29	69.45	71.22	57.85	29.34	23.99	19.65	20.89	24.63	49.96	41.91	30.05
1997	34.32	57.16	50.20	47.50	30.19	22.44	17.98	16.14	24.78	41.31	63.49	71.47
1998	66.27	81.34	102.98	84.78	53.32	27.02	16.20	16.94	26.02	74.82	64.33	52.52
1999	69.86	128.49	78.22	55.47	54.22	47.35	31.25	22.58	57.72	39.56	69.86	95.70
2000	63.12	93.61	102.16	66.15	54.55	40.66	21.42	26.33	57.69	28.95	41.68	76.37
2001	112.08	75.70	114.53	64.37	48.81	23.70	23.77	19.19	27.47	53.53	72.35	77.26
2002	47.38	59.74	96.25	81.07	45.60	27.10	25.41	19.25	29.45	77.69	78.44	85.77
2003	61.87	65.24	65.63	57.47	39.24	47.13	21.51	19.18	35.69	53.72	52.49	59.34
2004	50.38	44.37	56.36	52.49	45.27	27.14	24.98	22.56	39.55	62.49	84.83	86.01
2005	72.12	73.54	111.70	53.80	34.67	22.47	19.60	20.21	27.19	92.85	52.15	89.82
2006	65.04	63.78	125.64	63.56	29.38	34.26	25.76	16.07	46.95	50.05	63.17	69.42
2007	70.81	36.95	92.40	77.66	49.01	23.99	20.12	21.16	31.66	67.48	86.39	79.78
2008	67.14	88.54	90.80	70.79	52.71	39.72	23.52	29.86	34.74	73.97	74.94	43.90
2009	101.10	63.67	88.79	82.29	62.07	37.84	23.41	17.82	35.51	68.60	82.97	78.37
2010	56.62	63.55	78.90	52.56	46.95	34.76	26.23	18.12	32.25	47.52	61.80	77.42
2011	74.01	62.87	79.69	77.14	36.80	24.53	23.29	19.41	39.02	41.10	59.79	99.83
2012	102.03	90.33	85.80	73.16	50.98	27.47	17.53	17.36	24.32	66.33	85.68	70.07
2013	51.53	61.93	117.17	70.61	59.26	35.55	23.90	26.06	20.17	73.28	34.90	73.08
2014	61.78	71.22	76.34	55.98	58.06	25.03	20.43	18.95	31.54	46.39	54.40	72.31
2015	97.47	58.86	97.22	67.82	66.66	37.38	21.69	20.75	18.85	29.75	63.02	61.81
2016	62.49	69.97	60.82	37.09	24.31	21.65	17.06	17.39	35.50	50.50	29.69	87.39
2017	86.63	64.22	102.15	80.12	59.87	34.07	19.73	28.44	36.48	52.60	35.25	81.76
MEDIA	61.57	65.96	80.24	62.36	43.94	30.39	22.29	21.24	33.13	53.89	59.92	69.37
D. EST.	17.95	17.45	19.07	12.68	10.24	7.22	3.61	4.05	9.78	17.30	17.74	17.27
MIN	34.32	36.86	50.20	35.27	24.31	20.84	16.20	16.07	18.46	24.41	29.69	30.05
MAX	112.08	128.49	125.64	84.78	66.66	47.35	31.36	30.65	57.72	95.90	111.72	113.53

A.6 Registro de descargas de los aforos realizados

Tabla 41.- Control de caudales medios mensuales en el río Jadibamba

Equipo utilizado: Correntómetro Flow Probe, 3.7-6' , Modelo: FP111, serie: 1602000259							
Río o Curso de agua: Jadibamba				Estación de Aforo: Sección del río Jadibamba- Puente Tacarpo			
Fecha: Huasmin, 06 de Agosto de 2017.				Hora: 11:50			
Observador: Bach. Mauricio Quiroz Quiroz				Q _{Tmed} :	0.56		
Observaciones: Tiempo soleado y agua clara							
PUNTO	Distancia	Profundidad	V _{máx}	V _{med}	Área	Q _{máx}	Q _{med}
MD	0	5	-	-	0	-	-
1	0.2	8	0.1	0.1	0.005	0.0013	0.0013
2	0.4	12	0.2	0.2	0.036	0.008	0.008
3	0.4	20.5	0.2	0.1	0.154	0.0309	0.0309
4	0.4	31	0.3	0.3	0.213	0.0792	0.0792
5	0.4	35	0.6	0.6	0.16	0.1022	0.1022
6	0.4	38	0.7	0.6	0.172	0.1008	0.1008
7	0.4	34	0.7	0.7	0.129	0.0708	0.0708
8	0.4	25	0.6	0.6	0.105	0.0496	0.0496
9	0.4	37	0.4	0.4	0.138	0.0456	0.0456
10	0.4	39	0.3	0.3	0.123	0.0616	0.0616
11	0.4	38	0.4	0.4	0.094	0.0342	0.0342
12	0.4	20	0.3	0.2	0.069	0.013	0.013
MI	0.3	16	-	-	-	-	-
TOTAL					1.305	0.5972	0.5647

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025



Figura 25 .-Visita al lugar donde se recopiló la información, y selección de la ubicación de la sección de aforo



Figura 26.- Medición de tirantes del Rio Jadibamba

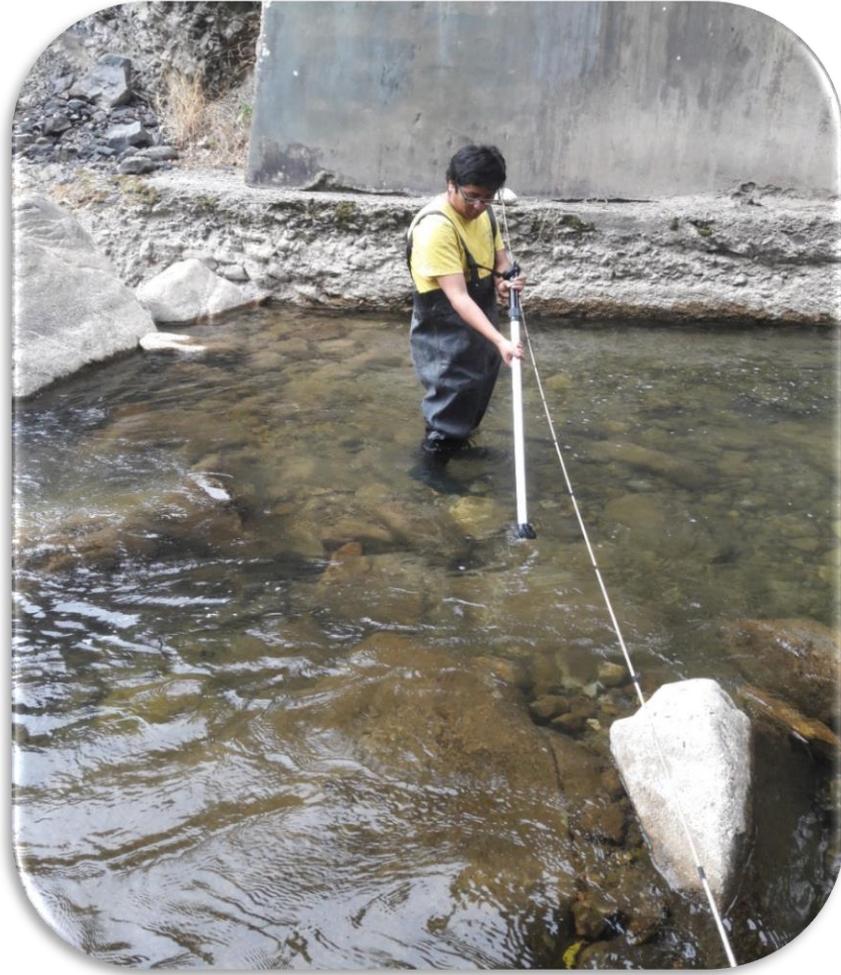


Figura 27.- Medición de velocidades del Rio Jadibamba

39	3.44	0.76	0.693	0.756	0.009
40	3.45	0.78	0.696	0.757	0.027
41	3.46	0.80	0.708	0.761	0.043
42	3.47	0.82	0.723	0.765	0.058
43	3.48	0.84	0.732	0.768	0.075
44	3.68	0.86	0.974	0.835	0.028
45	4.03	0.88	1.396	0.919	0.036
46	4.22	0.90	1.620	0.947	0.045
47	4.54	0.92	2.000	0.977	0.056
48	4.71	0.94	2.202	0.986	0.045
49	4.75	0.96	2.254	0.988	0.027
50	5.22	0.98	2.814	0.998	0.017

39	3.89	0.76	0.544	0.707	0.058
40	3.90	0.78	0.558	0.712	0.073
41	4.19	0.80	0.881	0.811	0.007
42	4.36	0.82	1.071	0.858	0.034
43	4.42	0.84	1.136	0.872	0.029
44	4.48	0.86	1.200	0.885	0.022
45	4.56	0.88	1.294	0.902	0.020
46	4.57	0.90	1.303	0.904	0.002
47	4.65	0.92	1.396	0.919	0.003
48	4.82	0.94	1.584	0.943	0.002
49	5.39	0.96	2.212	0.987	0.026
50	6.62	0.98	3.584	1.000	0.019

MES: MARZO

N = 50 Δ_{max} 0.0847
 \bar{x} = 3.73 α 5%
S = 0.89 Δ_o 0.192

Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

MES: ABRIL

N = 50 Δ_{max} 0.0898
 \bar{x} = 3.00 α 5%
S = 0.61 Δ_o 0.192

Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	2.34	0.02	-1.575	0.058	0.038
2	2.36	0.04	-1.554	0.060	0.021
3	2.37	0.06	-1.542	0.062	0.003
4	2.52	0.08	-1.372	0.085	0.007
5	2.59	0.10	-1.286	0.099	0.001
6	2.62	0.12	-1.252	0.105	0.012
7	2.65	0.14	-1.222	0.111	0.026
8	2.77	0.16	-1.084	0.139	0.018
9	2.79	0.18	-1.066	0.143	0.033
10	2.81	0.20	-1.047	0.148	0.048
11	2.83	0.22	-1.018	0.154	0.061
12	2.83	0.24	-1.017	0.155	0.081
13	3.05	0.25	-0.774	0.219	0.035
14	3.05	0.27	-0.766	0.222	0.053
15	3.16	0.29	-0.650	0.258	0.036
16	3.23	0.31	-0.573	0.283	0.030
17	3.27	0.33	-0.527	0.299	0.034
18	3.27	0.35	-0.525	0.300	0.053
19	3.31	0.37	-0.473	0.318	0.054
20	3.32	0.39	-0.468	0.320	0.072
21	3.34	0.41	-0.448	0.327	0.085
22	3.55	0.43	-0.204	0.419	0.012
23	3.64	0.45	-0.106	0.458	0.007
24	3.65	0.47	-0.094	0.463	0.008
25	3.67	0.49	-0.070	0.472	0.018
26	3.71	0.51	-0.029	0.489	0.021

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.70	0.02	-2.137	0.016	0.003
2	1.78	0.04	-1.994	0.023	0.016
3	2.08	0.06	-1.511	0.065	0.007
4	2.26	0.08	-1.212	0.113	0.034
5	2.28	0.10	-1.172	0.121	0.022
6	2.34	0.12	-1.084	0.139	0.021
7	2.38	0.14	-1.019	0.154	0.017
8	2.39	0.16	-1.006	0.157	0.000
9	2.40	0.18	-0.983	0.163	0.014
10	2.41	0.20	-0.961	0.168	0.028
11	2.46	0.22	-0.878	0.190	0.026
12	2.52	0.24	-0.778	0.218	0.017
13	2.53	0.25	-0.773	0.220	0.035
14	2.55	0.27	-0.740	0.230	0.045
15	2.56	0.29	-0.727	0.234	0.060
16	2.58	0.31	-0.692	0.244	0.069
17	2.59	0.33	-0.675	0.250	0.083
18	2.63	0.35	-0.598	0.275	0.078
19	2.67	0.37	-0.543	0.293	0.079
20	2.69	0.39	-0.503	0.308	0.085
21	2.76	0.41	-0.385	0.350	0.062
22	2.77	0.43	-0.368	0.356	0.075
23	2.78	0.45	-0.355	0.361	0.090
24	2.84	0.47	-0.266	0.395	0.075
25	2.90	0.49	-0.167	0.434	0.056
26	3.06	0.51	0.095	0.538	0.028

27	3.90	0.53	0.185	0.573	0.044
28	3.92	0.55	0.214	0.585	0.036
29	3.93	0.57	0.225	0.589	0.020
30	3.94	0.59	0.230	0.591	0.003
31	3.99	0.61	0.285	0.612	0.004
32	3.99	0.63	0.291	0.615	0.013
33	4.01	0.65	0.313	0.623	0.024
34	4.09	0.67	0.403	0.656	0.010
35	4.13	0.69	0.448	0.673	0.013
36	4.23	0.71	0.553	0.710	0.004
37	4.30	0.73	0.637	0.738	0.013
38	4.45	0.75	0.806	0.790	0.045
39	4.48	0.76	0.839	0.799	0.035
40	4.52	0.78	0.890	0.813	0.029
41	4.60	0.80	0.978	0.836	0.032
42	4.66	0.82	1.044	0.852	0.028
43	4.75	0.84	1.147	0.874	0.031
44	4.75	0.86	1.149	0.875	0.012
45	4.75	0.88	1.149	0.875	0.008
46	4.79	0.90	1.192	0.883	0.019
47	5.20	0.92	1.649	0.950	0.029
48	5.33	0.94	1.798	0.964	0.023
49	5.45	0.96	1.936	0.974	0.013
50	5.85	0.98	2.380	0.991	0.011

27	3.06	0.53	0.108	0.543	0.014
28	3.10	0.55	0.158	0.563	0.014
29	3.16	0.57	0.258	0.602	0.033
30	3.17	0.59	0.274	0.608	0.020
31	3.18	0.61	0.300	0.618	0.010
32	3.26	0.63	0.431	0.667	0.039
33	3.28	0.65	0.457	0.676	0.029
34	3.40	0.67	0.651	0.742	0.076
35	3.40	0.69	0.665	0.747	0.061
36	3.43	0.71	0.703	0.759	0.053
37	3.52	0.73	0.852	0.803	0.078
38	3.53	0.75	0.871	0.808	0.063
39	3.62	0.76	1.019	0.846	0.081
40	3.63	0.78	1.035	0.850	0.065
41	3.63	0.80	1.043	0.852	0.048
42	3.64	0.82	1.045	0.852	0.029
43	3.71	0.84	1.166	0.878	0.035
44	3.73	0.86	1.207	0.886	0.024
45	3.82	0.88	1.343	0.910	0.028
46	3.85	0.90	1.401	0.919	0.017
47	3.90	0.92	1.476	0.930	0.009
48	3.96	0.94	1.572	0.942	0.001
49	3.99	0.96	1.626	0.948	0.013
50	4.08	0.98	1.769	0.962	0.019

MES: MAYO

N = 50 Δ_{max} 0.0771
 \bar{x} = 2.04 α 5%
S = 0.48 Δ_o 0.192
 Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

MES: JUNIO

N = 50 Δ_{max} 0.1547
 \bar{x} = 1.46 α 5%
S = 0.35 Δ_o 0.192
 Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.13	0.02	-1.916	0.028	0.008
2	1.27	0.04	-1.618	0.053	0.014
3	1.31	0.06	-1.549	0.061	0.002
4	1.37	0.08	-1.425	0.077	0.001
5	1.37	0.10	-1.421	0.078	0.020
6	1.40	0.12	-1.343	0.090	0.028
7	1.49	0.14	-1.160	0.123	0.014
8	1.52	0.16	-1.101	0.135	0.021
9	1.55	0.18	-1.041	0.149	0.027
10	1.57	0.20	-0.996	0.160	0.036
11	1.58	0.22	-0.968	0.167	0.049
12	1.61	0.24	-0.922	0.178	0.057
13	1.61	0.25	-0.905	0.183	0.072
14	1.64	0.27	-0.851	0.197	0.077
15	1.71	0.29	-0.697	0.243	0.051
16	1.80	0.31	-0.523	0.301	0.013
17	1.83	0.33	-0.458	0.323	0.010

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.00	0.02	-1.323	0.093	0.073
2	1.01	0.04	-1.301	0.097	0.057
3	1.04	0.06	-1.211	0.113	0.054
4	1.04	0.08	-1.201	0.115	0.036
5	1.06	0.10	-1.151	0.125	0.027
6	1.08	0.12	-1.101	0.136	0.018
7	1.08	0.14	-1.100	0.136	0.002
8	1.08	0.16	-1.097	0.136	0.020
9	1.14	0.18	-0.926	0.177	0.001
10	1.15	0.20	-0.886	0.188	0.008
11	1.15	0.22	-0.886	0.188	0.028
12	1.17	0.24	-0.852	0.197	0.038
13	1.18	0.25	-0.812	0.208	0.047
14	1.19	0.27	-0.796	0.213	0.061
15	1.20	0.29	-0.752	0.226	0.068
16	1.20	0.31	-0.742	0.229	0.085
17	1.21	0.33	-0.724	0.234	0.099

18	1.85	0.35	-0.409	0.341	0.012
19	1.88	0.37	-0.339	0.367	0.005
20	1.91	0.39	-0.280	0.390	0.003
21	1.93	0.41	-0.241	0.405	0.007
22	1.98	0.43	-0.139	0.445	0.013
23	2.03	0.45	-0.034	0.487	0.036
24	2.04	0.47	-0.015	0.494	0.024
25	2.08	0.49	0.081	0.532	0.042
26	2.09	0.51	0.095	0.538	0.028
27	2.11	0.53	0.129	0.551	0.022
28	2.11	0.55	0.133	0.553	0.004
29	2.12	0.57	0.162	0.564	0.004
30	2.16	0.59	0.242	0.596	0.008
31	2.18	0.61	0.279	0.610	0.002
32	2.18	0.63	0.293	0.615	0.012
33	2.20	0.65	0.328	0.629	0.018
34	2.27	0.67	0.475	0.683	0.016
35	2.28	0.69	0.495	0.690	0.003
36	2.30	0.71	0.541	0.706	0.000
37	2.34	0.73	0.615	0.731	0.005
38	2.37	0.75	0.675	0.750	0.005
39	2.37	0.76	0.687	0.754	0.011
40	2.45	0.78	0.856	0.804	0.020
41	2.48	0.80	0.916	0.820	0.016
42	2.52	0.82	1.004	0.842	0.019
43	2.54	0.84	1.035	0.850	0.007
44	2.60	0.86	1.158	0.877	0.014
45	2.70	0.88	1.378	0.916	0.034
46	2.76	0.90	1.495	0.933	0.031
47	2.79	0.92	1.555	0.940	0.018
48	2.87	0.94	1.736	0.959	0.018
49	2.89	0.96	1.769	0.962	0.001
50	3.10	0.98	2.218	0.987	0.006

18	1.22	0.35	-0.685	0.247	0.106
19	1.24	0.37	-0.647	0.259	0.114
20	1.28	0.39	-0.523	0.300	0.092
21	1.29	0.41	-0.497	0.309	0.102
22	1.30	0.43	-0.467	0.320	0.111
23	1.30	0.45	-0.456	0.324	0.127
24	1.31	0.47	-0.451	0.326	0.144
25	1.32	0.49	-0.404	0.343	0.147
26	1.33	0.51	-0.372	0.355	0.155
27	1.38	0.53	-0.229	0.409	0.120
28	1.49	0.55	0.077	0.531	0.018
29	1.54	0.57	0.216	0.586	0.017
30	1.55	0.59	0.242	0.596	0.007
31	1.60	0.61	0.395	0.654	0.046
32	1.64	0.63	0.509	0.694	0.067
33	1.65	0.65	0.535	0.704	0.056
34	1.66	0.67	0.570	0.716	0.049
35	1.67	0.69	0.604	0.727	0.041
36	1.67	0.71	0.612	0.730	0.024
37	1.67	0.73	0.613	0.730	0.004
38	1.71	0.75	0.713	0.762	0.017
39	1.73	0.76	0.767	0.778	0.014
40	1.76	0.78	0.850	0.802	0.018
41	1.80	0.80	0.967	0.833	0.029
42	1.82	0.82	1.030	0.849	0.025
43	1.83	0.84	1.052	0.854	0.011
44	1.83	0.86	1.054	0.854	0.009
45	1.87	0.88	1.173	0.880	0.003
46	1.91	0.90	1.291	0.902	0.000
47	1.96	0.92	1.421	0.922	0.001
48	2.24	0.94	2.236	0.987	0.046
49	2.27	0.96	2.316	0.990	0.029
50	2.28	0.98	2.347	0.991	0.010

MES: JULIO

N = 50 Δ_{max} 0.0555
 \bar{x} = 1.04 α 5%
S = 0.17 Δ_o 0.192
 Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

MES: AGOSTO

N = 50 Δ_{max} 0.1782
 \bar{x} = 0.99 α 5%
S = 0.19 Δ_o 0.192
 Δ_{max} < Δ_o **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.75	0.02	-1.690	0.045	0.026
2	0.76	0.04	-1.660	0.048	0.009
3	0.79	0.06	-1.450	0.073	0.015
4	0.79	0.08	-1.450	0.074	0.005
5	0.82	0.10	-1.322	0.093	0.005
6	0.82	0.12	-1.319	0.094	0.024
7	0.84	0.14	-1.197	0.116	0.022

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.75	0.02	-1.274	0.101	0.082
2	0.75	0.04	-1.256	0.104	0.065
3	0.77	0.06	-1.144	0.126	0.068
4	0.79	0.08	-1.066	0.143	0.065
5	0.79	0.10	-1.060	0.144	0.046
6	0.79	0.12	-1.049	0.147	0.029
7	0.81	0.14	-0.956	0.170	0.032

8	0.85	0.16	-1.129	0.130	0.027
9	0.88	0.18	-0.937	0.174	0.002
10	0.89	0.20	-0.887	0.188	0.008
11	0.91	0.22	-0.756	0.225	0.009
12	0.91	0.24	-0.746	0.228	0.007
13	0.91	0.25	-0.732	0.232	0.023
14	0.92	0.27	-0.712	0.238	0.036
15	0.92	0.29	-0.711	0.239	0.055
16	0.94	0.31	-0.603	0.273	0.040
17	0.95	0.33	-0.541	0.294	0.039
18	0.95	0.35	-0.518	0.302	0.051
19	0.99	0.37	-0.290	0.386	0.013
20	1.00	0.39	-0.242	0.404	0.012
21	1.00	0.41	-0.217	0.414	0.003
22	1.01	0.43	-0.167	0.434	0.002
23	1.02	0.45	-0.108	0.457	0.006
24	1.03	0.47	-0.052	0.479	0.009
25	1.03	0.49	-0.034	0.487	0.004
26	1.04	0.51	-0.005	0.498	0.012
27	1.05	0.53	0.069	0.528	0.002
28	1.06	0.55	0.115	0.546	0.003
29	1.07	0.57	0.198	0.578	0.010
30	1.07	0.59	0.216	0.585	0.003
31	1.08	0.61	0.277	0.609	0.001
32	1.09	0.63	0.310	0.622	0.006
33	1.09	0.65	0.341	0.633	0.014
34	1.11	0.67	0.409	0.659	0.008
35	1.11	0.69	0.414	0.661	0.026
36	1.11	0.71	0.427	0.665	0.041
37	1.11	0.73	0.446	0.672	0.053
38	1.13	0.75	0.545	0.707	0.038
39	1.16	0.76	0.704	0.759	0.005
40	1.16	0.78	0.744	0.772	0.013
41	1.17	0.80	0.763	0.777	0.027
42	1.18	0.82	0.864	0.806	0.017
43	1.19	0.84	0.889	0.813	0.030
44	1.20	0.86	0.961	0.832	0.031
45	1.21	0.88	1.029	0.848	0.034
46	1.22	0.90	1.091	0.862	0.040
47	1.26	0.92	1.308	0.905	0.017
48	1.43	0.94	2.354	0.991	0.050
49	1.45	0.96	2.484	0.993	0.033
50	1.46	0.98	2.513	0.994	0.014

8	0.81	0.16	-0.948	0.171	0.015
9	0.82	0.18	-0.915	0.180	0.004
10	0.82	0.20	-0.884	0.188	0.008
11	0.83	0.22	-0.842	0.200	0.016
12	0.83	0.24	-0.841	0.200	0.035
13	0.83	0.25	-0.840	0.201	0.054
14	0.84	0.27	-0.769	0.221	0.054
15	0.85	0.29	-0.743	0.229	0.065
16	0.87	0.31	-0.633	0.263	0.050
17	0.88	0.33	-0.583	0.280	0.053
18	0.88	0.35	-0.564	0.286	0.067
19	0.88	0.37	-0.560	0.288	0.085
20	0.89	0.39	-0.526	0.300	0.093
21	0.89	0.41	-0.517	0.303	0.109
22	0.89	0.43	-0.507	0.306	0.125
23	0.89	0.45	-0.504	0.307	0.144
24	0.90	0.47	-0.490	0.312	0.158
25	0.90	0.49	-0.450	0.326	0.164
26	0.91	0.51	-0.435	0.332	0.178
27	0.94	0.53	-0.253	0.400	0.129
28	0.97	0.55	-0.120	0.452	0.097
29	0.97	0.57	-0.085	0.466	0.102
30	0.98	0.59	-0.018	0.493	0.095
31	1.00	0.61	0.086	0.534	0.073
32	1.01	0.63	0.136	0.554	0.073
33	1.04	0.65	0.271	0.607	0.040
34	1.05	0.67	0.326	0.628	0.039
35	1.05	0.69	0.331	0.630	0.057
36	1.05	0.71	0.333	0.631	0.075
37	1.06	0.73	0.368	0.643	0.082
38	1.14	0.75	0.778	0.782	0.037
39	1.15	0.76	0.879	0.810	0.046
40	1.16	0.78	0.904	0.817	0.033
41	1.18	0.80	0.993	0.840	0.036
42	1.21	0.82	1.189	0.883	0.059
43	1.23	0.84	1.257	0.896	0.052
44	1.28	0.86	1.527	0.937	0.074
45	1.29	0.88	1.604	0.946	0.063
46	1.32	0.90	1.777	0.962	0.060
47	1.33	0.92	1.804	0.964	0.043
48	1.33	0.94	1.820	0.966	0.024
49	1.39	0.96	2.127	0.983	0.023
50	1.43	0.98	2.323	0.990	0.010

MES: SEPTIEMBRE

N = 50 Δ_{max} 0.1026
 \bar{x} = 1.59 α 5%
S = 0.47 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

MES: OCTUBRE

N = 50 Δ_{max} 0.1190
 \bar{x} = 2.51 α 5%
S = 0.81 Δ_o 0.192
 $\Delta_{max} < \Delta_o$ **BUEN AJUSTE**

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- x̄)/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	0.89	0.02	-1.500	0.067	0.047
2	0.91	0.04	-1.461	0.072	0.033
3	0.94	0.06	-1.381	0.084	0.025
4	0.96	0.08	-1.347	0.089	0.011
5	0.97	0.10	-1.326	0.092	0.006
6	1.11	0.12	-1.020	0.154	0.036
7	1.16	0.14	-0.915	0.180	0.043
8	1.17	0.16	-0.902	0.184	0.027
9	1.18	0.18	-0.869	0.192	0.016
10	1.19	0.20	-0.854	0.196	0.000
11	1.19	0.22	-0.848	0.198	0.017
12	1.20	0.24	-0.830	0.203	0.032
13	1.25	0.25	-0.727	0.234	0.021
14	1.31	0.27	-0.608	0.272	0.003
15	1.32	0.29	-0.579	0.281	0.013
16	1.33	0.31	-0.567	0.285	0.028
17	1.36	0.33	-0.500	0.309	0.025
18	1.36	0.35	-0.488	0.313	0.040
19	1.40	0.37	-0.418	0.338	0.034
20	1.42	0.39	-0.377	0.353	0.039
21	1.44	0.41	-0.335	0.369	0.043
22	1.45	0.43	-0.303	0.381	0.050
23	1.46	0.45	-0.277	0.391	0.060
24	1.48	0.47	-0.232	0.408	0.062
25	1.52	0.49	-0.162	0.436	0.055
26	1.52	0.51	-0.151	0.440	0.070
27	1.53	0.53	-0.142	0.443	0.086
28	1.55	0.55	-0.090	0.464	0.085
29	1.58	0.57	-0.039	0.485	0.084
30	1.61	0.59	0.029	0.512	0.077
31	1.67	0.61	0.159	0.563	0.045
32	1.67	0.63	0.165	0.566	0.062
33	1.71	0.65	0.242	0.596	0.051
34	1.71	0.67	0.242	0.596	0.071
35	1.71	0.69	0.243	0.596	0.090
36	1.72	0.71	0.262	0.603	0.103
37	1.75	0.73	0.342	0.634	0.092
38	1.78	0.75	0.398	0.655	0.090
39	1.82	0.76	0.475	0.682	0.082
40	1.88	0.78	0.602	0.726	0.058
41	1.90	0.80	0.657	0.744	0.060
42	2.07	0.82	1.020	0.846	0.023
43	2.12	0.84	1.124	0.870	0.026
44	2.17	0.86	1.223	0.889	0.027
45	2.26	0.88	1.413	0.921	0.039
46	2.32	0.90	1.537	0.938	0.036
47	2.49	0.92	1.913	0.972	0.051

m	Q=X (m ³ /s)	P(X) m/n+1	Z=(X- x̄)/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.14	0.02	-1.703	0.044	0.025
2	1.29	0.04	-1.517	0.065	0.025
3	1.35	0.06	-1.441	0.075	0.016
4	1.38	0.08	-1.395	0.082	0.003
5	1.41	0.10	-1.365	0.086	0.012
6	1.48	0.12	-1.279	0.100	0.017
7	1.65	0.14	-1.071	0.142	0.005
8	1.68	0.16	-1.030	0.151	0.005
9	1.71	0.18	-0.989	0.161	0.015
10	1.84	0.20	-0.828	0.204	0.008
11	1.86	0.22	-0.802	0.211	0.004
12	1.87	0.24	-0.787	0.216	0.020
13	1.91	0.25	-0.739	0.230	0.025
14	1.92	0.27	-0.727	0.234	0.041
15	2.08	0.29	-0.527	0.299	0.005
16	2.10	0.31	-0.511	0.305	0.009
17	2.13	0.33	-0.472	0.319	0.015
18	2.14	0.35	-0.456	0.324	0.029
19	2.16	0.37	-0.434	0.332	0.040
20	2.21	0.39	-0.368	0.356	0.036
21	2.23	0.41	-0.344	0.365	0.046
22	2.33	0.43	-0.227	0.410	0.021
23	2.33	0.45	-0.222	0.412	0.039
24	2.33	0.47	-0.220	0.413	0.058
25	2.35	0.49	-0.196	0.422	0.068
26	2.45	0.51	-0.074	0.470	0.039
27	2.46	0.53	-0.054	0.479	0.051
28	2.49	0.55	-0.027	0.489	0.060
29	2.49	0.57	-0.021	0.492	0.077
30	2.50	0.59	-0.010	0.496	0.092
31	2.51	0.61	0.001	0.501	0.107
32	2.52	0.63	0.021	0.508	0.119
33	2.77	0.65	0.329	0.629	0.018
34	2.89	0.67	0.477	0.683	0.017
35	2.91	0.69	0.497	0.691	0.004
36	2.99	0.71	0.604	0.727	0.021
37	3.03	0.73	0.647	0.741	0.016
38	3.09	0.75	0.719	0.764	0.019
39	3.14	0.76	0.785	0.784	0.019
40	3.19	0.78	0.850	0.802	0.018
41	3.28	0.80	0.954	0.830	0.026
42	3.37	0.82	1.065	0.857	0.033
43	3.38	0.84	1.079	0.860	0.017
44	3.41	0.86	1.121	0.869	0.006
45	3.44	0.88	1.161	0.877	0.005
46	3.48	0.90	1.210	0.887	0.015
47	3.62	0.92	1.375	0.916	0.006

48	2.62	0.94	2.175	0.985	0.044
49	2.77	0.96	2.512	0.994	0.033
50	2.78	0.98	2.515	0.994	0.014

48	4.32	0.94	2.252	0.988	0.047
49	4.33	0.96	2.259	0.988	0.027
50	4.46	0.98	2.428	0.992	0.012

MES: NOVIEMBRE

N =	50	Δ max	0.0881
\bar{x} =	2.88	α	5%
S =	0.85	Δ o	0.192
Δ max	<	Δ o	BUEN AJUSTE

MES: DICIEMBRE

N =	50	Δ max	0.0503
\bar{x} =	3.23	α	5%
S =	0.80	Δ o	0.192
Δ max	<	Δ o	BUEN AJUSTE

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.43	0.02	-1.704	0.044	0.025
2	1.65	0.04	-1.439	0.075	0.036
3	1.68	0.06	-1.411	0.079	0.020
4	1.70	0.08	-1.390	0.082	0.004
5	1.86	0.10	-1.197	0.116	0.018
6	1.86	0.12	-1.192	0.117	0.001
7	2.00	0.14	-1.028	0.152	0.015
8	2.01	0.16	-1.019	0.154	0.003
9	2.02	0.18	-1.015	0.155	0.021
10	2.02	0.20	-1.012	0.156	0.040
11	2.05	0.22	-0.975	0.165	0.051
12	2.15	0.24	-0.861	0.195	0.041
13	2.25	0.25	-0.746	0.228	0.027
14	2.37	0.27	-0.603	0.273	0.001
15	2.43	0.29	-0.527	0.299	0.005
16	2.51	0.31	-0.438	0.331	0.017
17	2.51	0.33	-0.437	0.331	0.002
18	2.52	0.35	-0.419	0.338	0.015
19	2.55	0.37	-0.395	0.347	0.026
20	2.55	0.39	-0.394	0.347	0.045
21	2.62	0.41	-0.312	0.378	0.034
22	2.65	0.43	-0.277	0.391	0.041
23	2.65	0.45	-0.272	0.393	0.058
24	2.71	0.47	-0.203	0.419	0.051
25	2.75	0.49	-0.155	0.438	0.052
26	2.77	0.51	-0.133	0.447	0.063
27	2.88	0.53	-0.008	0.497	0.032
28	2.96	0.55	0.088	0.535	0.014
29	2.97	0.57	0.106	0.542	0.027
30	3.02	0.59	0.161	0.564	0.024
31	3.02	0.61	0.162	0.564	0.043
32	3.03	0.63	0.175	0.569	0.058
33	3.04	0.65	0.183	0.572	0.075
34	3.05	0.67	0.201	0.580	0.087
35	3.09	0.69	0.249	0.598	0.088
36	3.25	0.71	0.429	0.666	0.040
37	3.36	0.73	0.560	0.712	0.013

m	Q=X (m3/s)	P(X) m/n+1	Z=(X- \bar{x})/S	F(Z)	F(Z)- P(X)
1	1.40	0.02	-2.277	0.011	0.008
2	1.69	0.04	-1.914	0.028	0.011
3	1.79	0.06	-1.786	0.037	0.022
4	1.84	0.08	-1.724	0.042	0.036
5	2.04	0.10	-1.475	0.070	0.028
6	2.21	0.12	-1.268	0.102	0.015
7	2.36	0.14	-1.077	0.141	0.003
8	2.37	0.16	-1.062	0.144	0.013
9	2.44	0.18	-0.976	0.165	0.012
10	2.56	0.20	-0.830	0.203	0.007
11	2.60	0.22	-0.782	0.217	0.001
12	2.61	0.24	-0.764	0.222	0.013
13	2.69	0.25	-0.671	0.251	0.004
14	2.76	0.27	-0.581	0.281	0.006
15	2.87	0.29	-0.443	0.329	0.035
16	2.88	0.31	-0.438	0.331	0.017
17	2.93	0.33	-0.366	0.357	0.024
18	2.97	0.35	-0.323	0.373	0.020
19	3.02	0.37	-0.265	0.395	0.023
20	3.06	0.39	-0.214	0.415	0.023
21	3.08	0.41	-0.179	0.429	0.017
22	3.10	0.43	-0.160	0.436	0.005
23	3.14	0.45	-0.114	0.455	0.004
24	3.14	0.47	-0.110	0.456	0.014
25	3.23	0.49	0.003	0.501	0.011
26	3.26	0.51	0.041	0.516	0.006
27	3.33	0.53	0.121	0.548	0.019
28	3.37	0.55	0.170	0.568	0.019
29	3.40	0.57	0.215	0.585	0.016
30	3.51	0.59	0.355	0.639	0.050
31	3.55	0.61	0.405	0.657	0.050
32	3.59	0.63	0.449	0.673	0.046
33	3.60	0.65	0.457	0.676	0.029
34	3.60	0.67	0.466	0.679	0.013
35	3.62	0.69	0.487	0.687	0.000
36	3.65	0.71	0.521	0.699	0.007
37	3.71	0.73	0.603	0.727	0.001

38	3.36	0.75	0.563	0.713	0.032
39	3.48	0.76	0.700	0.758	0.007
40	3.48	0.78	0.705	0.760	0.025
41	3.60	0.80	0.846	0.801	0.003
42	3.62	0.82	0.869	0.807	0.016
43	3.77	0.84	1.044	0.852	0.009
44	3.99	0.86	1.299	0.903	0.040
45	4.08	0.88	1.404	0.920	0.037
46	4.12	0.90	1.452	0.927	0.025
47	4.15	0.92	1.492	0.932	0.011
48	4.40	0.94	1.780	0.962	0.021
49	4.74	0.96	2.175	0.985	0.024
50	5.37	0.98	2.919	0.998	0.018

38	3.80	0.75	0.717	0.763	0.018
39	3.83	0.76	0.750	0.773	0.009
40	3.87	0.78	0.797	0.787	0.003
41	3.99	0.80	0.950	0.829	0.025
42	4.00	0.82	0.963	0.832	0.009
43	4.01	0.84	0.969	0.834	0.009
44	4.05	0.86	1.026	0.848	0.015
45	4.07	0.88	1.043	0.852	0.031
46	4.18	0.90	1.184	0.882	0.020
47	4.24	0.92	1.263	0.897	0.025
48	4.45	0.94	1.525	0.936	0.005
49	4.65	0.96	1.764	0.961	0.000
50	5.28	0.98	2.557	0.995	0.014