

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



TESIS

**“CONFIABILIDAD DE LA ESCORRENTÍA GENERADA CON EL
MODELO LUTZ SCHOLZ PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO
LLAUCANO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

PRESENTADO POR:

Bach. WILLIAM SAMUEL TERÁN LEIVA

ASESORADO POR:

Dr. Ing. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

CAJAMARCA-PERÚ

2021

Agradezco a los maestros de Ingeniería
Hidráulica por su buena disposición y apoyo
incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

La presente tesis está dedicada a Dios,
a mis Padres Edilberto Terán Paredes y Hermelinda Leiva Mejía,
mis hermanas y hermanos por el apoyo mutuo y desinteresado
para el alcance de nuestros logros.

A mis compañeros de Ingeniería por compartir su
conocimiento y a todas aquellas personas que durante estos
años lograron contribuir en desarrollar nuestras
habilidades y destrezas.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación.....	3
2.2. Bases Teóricas.....	4
2.2.1. Información Hidrometeorológica.....	4
2.2.2. Geomorfología de una Cuenca.....	7
2.2.3. Tratamiento de Información Hidrometeorológica	17
2.2.4. Modelo Determinístico Estocástico de Lutz Scholz	37
2.2.5. Teoría de la Confiabilidad.....	48
2.3. Definición de términos básicos	53
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1. Área de estudio.....	55
3.1.1. Accesibilidad al punto emisor de la cuenca	56
3.1.2. Referencia en Google Earth	56
3.1.3. Límites de la cuenca del Río Llaucano	57
3.2. Equipos y materiales utilizados durante la investigación	58
3.2.1. Equipos.....	58
3.2.2. Materiales e instrumentos	58
3.2.3. Software... ..	58
3.3. Características geomorfológicas	58
3.3.1. Suelos.....	58

3.3.2. Cobertura y vegetación	59
3.3.3. Hidrología.....	60
3.4. Alcances Metodológicos: Procedimiento.....	60
3.4.1. Tratamiento de información cartográfica.....	60
3.4.2. Tratamiento de la información hidrometeorológica.....	61
3.4.3. Procedimiento para el modelo de Lutz Scholz.....	63
3.4.4. Generación de caudales.....	65
3.4.5. Medición de la Confiabilidad: Medidas de bondad de Ajuste	66
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Análisis Cartográfico	67
4.2. Tratamiento Estadístico	69
4.2.1. Consistencia de la información hidrometeorológica.....	69
4.2.2. Completación y extensión de la información meteorológica.....	69
4.3. Modelos determinísticos parciales	69
4.4. Generación de caudales.....	78
4.5. Caudales Observados	86
4.6. Confiabilidad del Modelo Hidrológico Lutz Scholz.....	88

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1. Conclusiones.....	97
5.2. Recomendaciones	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	100
A.1. Periodo de registro de las estaciones pluviométricas.....	101
A.2. Consistencia de la información pluviométrica e hidrométrica.....	111
A.3. Completación y extensión de información pluviométrica	135
A.4. Generación de escorrentía con el modelo Lutz Scholz y con la Estación Llaucano.....	145
A.5. Confiabilidad de datos simulados	168
A.6. Lagunas en el área de influencia de la cuenca del río Llaucano	168
A.7. Panel fotográfico	169
A.8. Planos.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos	10
Tabla 2: Clasificación según el área de drenaje.....	11
Tabla 3: Forma según el Índice de Compacidad.....	13
Tabla 4: Clasificación de las Cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de laderas.....	14
Tabla 5: Precipitación efectiva según USBR.....	40
Tabla 6: Coeficientes para calcular Precipitación efectiva	41
Tabla 7: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (%)	45
Tabla 8: Valores referenciales del criterio de Nash-Sutcliffe	50
Tabla 9: Valores referenciales del criterio de Error medio Bias	52
Tabla 10: Accesibilidad a la zona de estudio	56
Tabla 11: Coordenadas de las estaciones pluviométricas a utilizar para la cuenca Llaucano.....	61
Tabla 12.- Principales parámetros de la cuenca del Río Llaucano.....	67
Tabla 13.- Precipitación media mensual sobre la cuenca del Río Llaucano.....	72
Tabla 14.- Precipitación media total mensual sobre la cuenca del Río Llaucano.....	73
Tabla 15.- Coeficiente de escorrentía	73
Tabla 16.- Precipitación efectiva mensual de la cuenca del río Llaucano periodo 1968-2019	74
Tabla 17.- Precipitación media efectiva (mm) de la cuenca Llaucano periodo 1968-2019	75
Tabla 18.- Retención en la cuenca del río Llaucano	76
Tabla 19.- Coeficiente de agotamiento	76
Tabla 20.- Valores de la relación de caudales de flujo base “b ₀ ”.	76
Tabla 21.- Valores del gasto de retención (G _i) de la cuenca del río Llaucano	77
Tabla 22.- Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca	77
Tabla 23.- Valores del abastecimiento de retención “A _i ” de la cuenca del Río Llaucano	78
Tabla 24.- Caudales generados para el año promedio en la cuenca del río Llaucano	78

Tabla 25.- Multiplicaciones de caudales y precipitación efectiva para obtención de B1, B2, B3.....	79
Tabla 26.- Valores de \hat{Q}_t obtenidos por regresión múltiple.....	80
Tabla 27.- Valores de error mensual.....	81
Tabla 28.- Caudales mensuales generados en la cuenca del río Llaucano.....	82
Tabla 29.- Números aleatorios de una distribución normal.....	83
Tabla 30.- Generación de caudales medios mensuales (m ³ /s) para la cuenca del Río Llaucano.....	84
Tabla 31.- Caudales observados en el punto emisor de la cuenca del Río Llaucano.	86
Tabla 32.- Caudales promedio de la Estación Llaucano-Corellama (m ³ /s)	89
Tabla 33.- Caudales promedio generados con Lutz Scholz (m ³ /s)	90
Tabla 34.- Caudales promedio simulados según la época (m ³ /s).....	91
Tabla 35.- Caudales promedio observados según la época (m ³ /s)	91
Tabla 36.- Porcentaje de variación de caudales simulados por cada mes.....	91
Tabla 37.- Porcentaje de variación de caudales simulados según la época	91
Tabla 38.- Tabla de resultados del ajuste de Caudales simulados	97
Tabla 39.- Precipitación mensual de la estación Bambamarca.....	101
Tabla 40.- Precipitación mensual de la estación Celendín	102
Tabla 41.- Precipitación mensual de la estación Chota	103
Tabla 42.- Precipitación mensual de la estación Chugur.....	104
Tabla 43.- Precipitación mensual de la estación La Encañada	105
Tabla 44.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Honda.....	106
Tabla 45.- Precipitación mensual de la estación Quilcate	107
Tabla 46.- Precipitación mensual de la estación Granja Porcón.....	108
Tabla 47.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Shugar	109
Tabla 48.- Precipitación mensual de la estación Augusto Weberbauer.....	110
Tabla 49.- Resultados del Análisis de Consistencia de caudales.....	122
Tabla 50.- Resultados del Análisis de Consistencia de precipitación (1)	128

Tabla 51.- Resultados del Análisis de Consistencia de precipitación (2)	134
Tabla 52.- Precipitación mensual de la estación Bambamarca.....	135
Tabla 53.- Precipitación mensual de la estación Celendín	136
Tabla 54.- Precipitación mensual de la estación Chota	137
Tabla 55.- Precipitación mensual de la estación Chugur	138
Tabla 56.- Precipitación mensual de la estación Encañada	139
Tabla 57.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Honda.....	140
Tabla 58.- Precipitación mensual de la estación Quilcate	141
Tabla 59.- Precipitación mensual de la estación Granja Porcón.....	142
Tabla 60.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Shugar	143
Tabla 61.- Precipitación mensual de la estación Augusto Weberbauer.....	144
Tabla 62.- Caudales medios mensuales generados (mm/mes).....	145
Tabla 63.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-1.	147
Tabla 64.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-2.	148
Tabla 65.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-3.	149
Tabla 66.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-4.	150
Tabla 67.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-5.	151
Tabla 68.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-6.	152
Tabla 69.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-7.	153
Tabla 70.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-8.	154
Tabla 71.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-9.	155
Tabla 72.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-10.	156
Tabla 73.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-11.	157
Tabla 74.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-12.	158
Tabla 75.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-13.	159
Tabla 76.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-14.	160
Tabla 77.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-15.	161

Tabla 78.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-16.	162
Tabla 79.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-17.	163
Tabla 80.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-18.	164
Tabla 81.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-19.	165
Tabla 82.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-20.	166
Tabla 83.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-21.	167
Tabla 84.- Coeficiente de confiabilidad.	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Isoyetas de una cuenca	5
Figura 2: Cuenca hidrográfica	8
Figura 3: Serie histórica con presencia de salto.....	18
Figura 4: Serie histórica con presencia de la tendencia	18
Figura 5: Serie histórica de caudales promedios anuales.....	19
Figura 6: Gráfico de líneas doble masa-estación base	20
Figura 7: Gráfico doble masa para obtener los periodos de estudio.....	21
Figura 8: Grados de libertad	23
Figura 9: Serie histórica de caudales de las cuencas A y B.....	31
Figura 10: Series de tamaños N_1 y $N=N_1+N_2$	32
Figura 11: Porción de Precipitación efectiva según Bureao Of Reclamation.....	41
Figura 12: Izquierda: grupo de medidas consideradas exactas. Derecha: grupo de medidas consideradas precisas	49
Figura 13.- Ubicación política de la cuenca del río Llaucano	55
Figura 14.- Delimitación y punto emisor de la cuenca del río Llaucano	56
Figura 15.- Imagen satelital de la cuenca del río Llaucano	57
Figura 16.- Suelo en la cuenca del río Llaucano.....	59
Figura 17.- Vegetación en la cuenca del río Llaucano.....	59
Figura 18. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas	62
Figura 19. Curva hipsométrica.....	68
Figura 20. Frecuencia de altitudes	68
Figura 21. Generación de isoyetas en el programa Qgis	70
Figura 22. Áreas entre isoyetas obtenidas en el programa Qgis	70
Figura 23. Ubicación de estaciones con el programa Hydracces.....	71
Figura 24. Obtención de precipitación media mensual con el programa Hydracces.....	71
Figura 25.- Precipitación media total mensual (PMTM) y precipitación efectiva (PME) de la cuenca del río Llaucano	75

Figura 26.- Distribución de coeficientes de agotamiento en la cuenca Llaucano.....	77
Figura 27.- Caudales generados para el año promedio en la cuenca del río Llaucano.	79
Figura 28.- Caudales mensuales generados en la cuenca del río Llaucano.	82
Figura 29.- Caudales generados vs caudales observados en la cuenca del río Llaucano.....	88
Figura 30.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados (1).	92
Figura 31.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados (2).	92
Figura 32.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados según la época (1).....	93
Figura 33.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados según la época (2).....	93
Figura 34.- Eficiencia de Nash de caudales generados vs caudales observados.	94
Figura 35.- Coeficiente de correlación de caudales generados vs caudales observados.	94
Figura 36.- Coeficiente de determinación de caudales generados vs caudales observados.....	95
Figura 37.- Error medio Bias de caudales generados vs caudales observados.	95
Figura 38.- Error medio absoluto de caudales generados vs caudales observados.....	96
Figura 39.- Error medio cuadrático de caudales generados vs caudales observados.....	96
Figura 40.- Histograma de precipitación de la Estación Bambamarca.....	111
Figura 41.- Histograma de precipitación de la Estación Celendín.....	111
Figura 42.- Histograma de precipitación de la Estación Chota	112
Figura 43.- Histograma de precipitación de la Estación Chugur	112
Figura 44.- Histograma de precipitación de la Estación La Encañada	113
Figura 45.- Histograma de precipitación de la Estación Quebrada Honda.....	113
Figura 46.- Histograma de precipitación de la Estación Quilcate	114
Figura 47.- Histograma de precipitación de la Estación Granja Porcón.....	114
Figura 48.- Histograma de precipitación de la Estación Quebrada Shugar	115
Figura 49.- Histograma de precipitación de la Estación Augusto Weberbauer.....	115
Figura 50.- Histograma de caudal de la estación Llaucano-Corellama	117
Figura 51.- Separación en periodos del caudal de la estación Llaucano-Corellama	117

Figura 52.- Test Estadístico de Mann- Kendall	118
Figura 53.- Test Estadístico de Spearman Rho	118
Figura 54.- Test Estadístico de Regresión Lineal	119
Figura 55.- Test Estadístico de Cusum	119
Figura 56.- Test Estadístico de Desviación Acumulada	120
Figura 57.- Test Estadístico de Worsley Likelihood	120
Figura 58.- Test Estadístico de Rank Sum.....	121
Figura 59.- Test Estadístico T de Student's	121
Figura 60.- Histograma de precipitación de la estación Bambamarca.....	123
Figura 61.- Separación en periodos de la precipitación de la estación Bambamarca.....	123
Figura 62.- Test Estadístico de Mann Kendall (1).....	124
Figura 63.- Test Estadístico de Speaman's rho (1).....	124
Figura 64.- Test Estadístico de Regresión Lineal (1)	125
Figura 65.- Test Estadístico de Cusum (1).....	125
Figura 66.- Test Estadístico de Desviación Acumulada (1)	126
Figura 67.- Test Estadístico de Wonley (1)	126
Figura 68.- Test Estadístico de Rank sum (1).....	127
Figura 69.- Test Estadístico T de Student's (1)	127
Figura 70.- Histograma de precipitación de la estación Augusto Weberbauer.....	129
Figura 71.- Separación en periodos de la precipitación de la estación Augusto Weberbauer.....	129
Figura 72.- Test Estadístico de Mann Kendall (2).....	130
Figura 73.- Test Estadístico de Speaman's rho (2).....	130
Figura 74.- Test Estadístico de Regresión Lineal (2)	131
Figura 75.- Test Estadístico de Cusum (2).....	131
Figura 76.- Test Estadístico de Desviación Acumulada (2)	132
Figura 77.- Test Estadístico de Wonley (2)	132

Figura 78.- Test Estadístico de Rank sum (2).....	133
Figura 79.- Test Estadístico T de Student's (2)	133
Figura 80.- Lagunas de la cuenca del Río Llaucano.....	168
Figura 81.- Vegetación de la cuenca parte alta	169
Figura 82.- Vegetación de la cuenca parte baja	169
Figura 83.- Vegetación y suelo cerca del río Llaucano	170
Figura 84.- Vegetación y suelo de la cuenca del río Llaucano	170

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la confiabilidad al estimar los caudales medios mensuales aplicando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para una cuenca que tiene el punto de salida en el río Llaucano, en el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca. Inicialmente se tuvo que ubicar el punto emisor o de salida en donde existe una estación hidrométrica en el río Llaucano, luego se realizó la delimitación de la cuenca y calculamos sus parámetros geomorfológicos, igualmente se recopiló, y se trató estadísticamente la información pluviométrica de diez estaciones meteorológicas, después aplicando el método de isoyetas se calculó la precipitación media mensual de la cuenca, se determinó la totalidad de los parámetros del modelo hidrológico como el coeficiente de escorrentía, la precipitación efectiva, coeficiente de agotamiento, retención de cuenca, el gasto y abastecimiento de retención; los que se utilizan en el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. Además, se recopiló y trato estadísticamente la información hidrométrica de la estación Llaucano Corellama ubicada en el margen del río Llaucano. Finalmente, los caudales medios mensuales obtenidos con el modelo hidrológico y con la estación hidrométrica se han comparado, luego se han calculado las medidas de bondad de ajuste y se concluyó que el modelo hidrológico Lutz Scholz tiene una baja confiabilidad según clasificación de Nash Sutcliffe y Sesgo Bias cuyos valores obtenidos son de 0.281 y -2.828 respectivamente, durante el periodo de 1968-2019, para la cuenca del Río Llaucano.

Palabras Clave: Cuenca, punto emisor, parámetros geomorfológicos, Estación meteorológica, Estación hidrométrica, precipitación media mensual de la cuenca, caudales medios mensuales, modelo Lutz Scholz, confiabilidad de un modelo hidrológico.

ABSTRACT

This research aims to determine the reliability of estimating the Monthly average flows applying the stochastic deterministic model Lutz Scholz for A basin that has the starting point in the Llaucano river, in the district of Bambamarca, Hualgayoc province. Cajamarca department. Initially the point must be located Emitter or output where there is a hydrometric station in the river Llaucano, then Delimitation of the basin and calculate its geomorphological parameters, It was also collected and treated statistically rainfall information from ten Meteorological stations, then the monthly average rainfall of the basin was calculated Using the isoyetas method, various parameters of the hydrological model were determined such as effective precipitation, retention, basin and retention supply; submodels are used to process the deterministic stochastic Lutz Scholz model. In addition, Compiled and treated statistically the hydrometric information of the Llaucano Corellama station located on the Banks of the Llaucano river. Finally, average monthly flows Obtained with the hydrological model and the hydrometric station have been compared, then The goodness of fit measures has been calculated and it is concluded that the hydrological model Lutz Scholz has a satisfactory reliability according to Nash Sutcliffe classification and Bias, whose values obtained are 0.281 and -2.828 respectively, during the period 1968-2019, for the Llaucano river basin.

Key Words: Basin, emitting point, geomorphological parameters, meteorological station, hydrometric station, mean monthly rainfall of the basin, monthly average flows, Lutz Scholz model, reliability of a hydrological model.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El río Llaucano es el más caudaloso de la provincia de Hualgayoc y es de gran importancia hídrica para la región de Cajamarca en el que pueden implementarse proyectos hidráulicos tales como embalses, sistemas de riego, entre otros. Además, en la cuenca del río Llaucano la actividad humana, agrícola y agropecuaria hacen notoria la necesidad de conocer la cantidad de agua disponible para su correcta administración y planificación. La planificación de los recursos hídricos tiene como finalidad equilibrar la oferta y la demanda de los mismos en una determinada zona específica, en la que se busca la sostenibilidad. Actualmente la planificación de los recursos hídricos se lo viene realizando tomando en consideración los usos del agua y en primer lugar es importante estimar la oferta de agua.

El bajo grado de certeza de los caudales obtenidos con modelos de precipitación-escorrentía, puede llevar a aplicar un modelo hidrológico inexacto e impreciso para una cuenca obteniéndose resultados que difieren en gran medida con los resultados obtenidos con un método de aforo in situ en una cuenca, con lo que perjudica a la administración y gestión de los recursos hídricos, y en posteriores gestiones del diseño y la ejecución de los proyectos hidráulicos (redes de abastecimiento de agua potable, canales, embalses, entre otros).

El obtener resultados confiables de caudales con algún modelo hidrológico, es decir que presenten datos que sean lo más cercanos a la realidad, nos permite estimar una oferta hídrica adecuada o verdadera en una cuenca hidrográfica, en otras palabras, realizar una adecuada planificación de los recursos hídricos.

Por tal motivo se plantea como interrogante: ¿Cuál es la confiabilidad del modelo hidrológico Lutz Scholz en la cuenca del río Llaucano para generar información de caudales medios mensuales?

La importancia de esta investigación es que permite realizar una adecuada planificación de recursos hídricos en la cuenca del Río Llaucano, también aportando en el trabajo de instituciones gubernamentales quienes han implementado en la actualidad la: Planificación y Gestión Integral de los Recursos Hídricos de la cuenca del río Llaucano. Asimismo, en la generación de propuestas de diseños de Proyectos Hidráulicos con una inversión económica más óptima.

El objetivo general es determinar la confiabilidad del modelo determinístico estocástico Lutz Scholz en la generación de caudales medios mensuales para la cuenca del río Llaucano. Los objetivos específicos son: Recolectar y tratar la información cartográfica, recolectar y tratar la información hidrometeorológica, generar los caudales del río Llaucano por medio del modelo Lutz Scholz, para el período 1968-2019, generar los caudales medios mensuales del río Llaucano a partir de la estación hidrométrica Llaucano Corellama para el periodo 1968-2019, comparar los caudales obtenidos con el modelo Lutz Scholz y con los de la estación hidrométrica Llaucano Corellama, cuantificar los estadísticos o medidas de bondad de ajuste, identificar el nivel de ajuste del modelo hidrológico Lutz Scholz, de acuerdo a las tablas de Nash Sutcliffe y Sesgo Bias.

El presente trabajo realizado se ha dividido en cinco capítulos, en los que se sigue una secuencia para determinar la confiabilidad del modelo hidrológico Lutz Scholz en la estimación de caudales medios mensuales.

El contenido presentado en este capítulo trata acerca del problema de investigación, el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, y los objetivos. En el Capítulo II se ha recopilado todo lo referente a las bases teóricas necesarias para la comprensión del ciclo hidrológico, delimitación de cuencas y parámetros geomorfológicos, tratamiento cartográfico, procesamiento de datos hidrometeorológicos, modelo hidrológico de Lutz Scholz y teoría de la confiabilidad. En el Capítulo III se detallan los materiales y programas utilizados, la ubicación de la cuenca, así como la metodología seguida en la investigación. En el Capítulo IV se detallan los resultados del procesamiento de la información cartográfica e hidrometeorológica, así como los obtenidos de las medidas de bondad de ajuste y el nivel de la confiabilidad. Finalmente, en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

En la cuenca del río Llaucano no se ha encontrado estudios de confiabilidad de modelos hidrológicos, sin embargo, existen documentos que pueden aportar al desarrollo de esta investigación.

En el 2012, se desarrolló la tesis de Generación de Descargas Medias Mensuales para la Subcuenca del Rio Azangaro a cargo de la Bach. en Ingeniería Agrícola Norma Olinda Ttimpo Ticona.

En el 2018, se ha desarrollado la tesis de grado Simulación de Caudales en la Cuenca Del Río Namora a cargo de la bachiller en Ingeniería Hidráulica Patricia Lizbeth Vásquez Sarmiento, en donde se utiliza el modelo hidrológico de Lutz Scholz.

En el 2019, se realizó la tesis de maestría con mención en Recursos Hídricos Aplicación de Modelos Hidrológicos para Estimar Caudales Mensuales a cargo del Ingeniero Civil Nilton Buguña Hernández, quien calibra el modelo Lutz Scholz para la subcuenca del Río Bigote.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Información Hidrometeorológica

- **Precipitación**

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de agua que cae del cielo. Esto incluye lluvia, nieve, neblina y rocío. (Gámez, W. 2009).

- **Estimación de Precipitación media: Método de Isoyetas**

El método indica el trazo de unas curvas de precipitación igual (isolíneas o isoyetas) durante un período de tiempo determinado en el área de estudio. Después del trazo de las isoyetas, se hallan las áreas entre líneas limítrofes, en donde cada una de las áreas se multiplica por la precipitación media correspondiente. (Gámez, W. 2009).

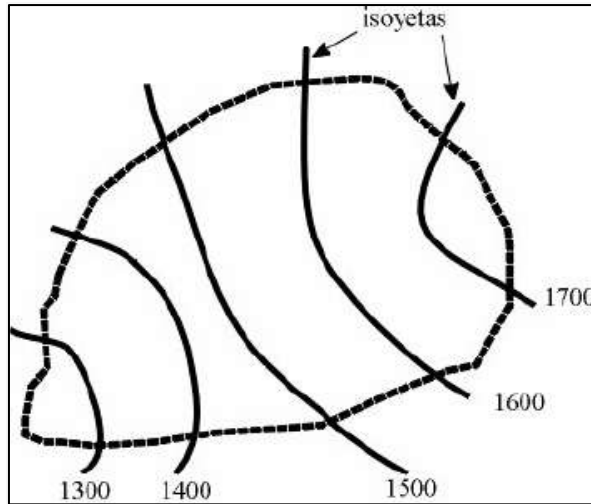


Figura 1: Isoyetas de una cuenca

Fuente: (Gómez, W. 2009).

El método es el siguiente:

- ✓ Ubicar la mayor cantidad de estaciones con información pluviométrica cercanas a la cuenca.
- ✓ Trazar o dibujar las isoyetas por medio de la interpolación de los valores de precipitación mensual de las estaciones pluviométricas.
- ✓ Encontrar áreas entre cada par de isoyetas, es decir desde A_1, A_2, \dots, A_n .
- ✓ Las isoyetas tendrán valores de precipitaciones desde P_0, P_1, \dots, P_n , y para calcular la precipitación media de la cuenca se utiliza las siguientes ecuaciones:

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

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

- **Escurrimiento**

La escorrentía o el escurrimiento es el agua proveniente de la precipitación que circula por encima o por debajo del suelo y que llega finalmente a una corriente natural para ser drenada hasta el punto emisor de la cuenca. (Gámez, W. 2009).

- **Fuentes de los diferentes tipos de escurrimientos**

Es posible que el agua de una corriente haya llegado a la misma desde al menos una de las siguientes fuentes:

Lluvia que cae directamente en el cauce y sus alimentadores o tributarios.

Flujo superficial: Se refiere al agua que cae al suelo y se abre camino hasta un cauce. Este flujo no entra en el suelo ni se une al nivel hidrostático.

Flujo subsuperficial: Es el agua que baja y se infiltra en la capa más superficial del suelo y se desplaza en correspondencia con esta superficie hasta llegar a una corriente.

Flujo subterráneo: Es el agua bajo la tierra que se encuentra en estratos subterráneos, y tras un paso de días, semanas o periodos mucho mayores se abre paso y fluye hasta una corriente. (Gámez, W. 2009).

- **Medición de escurrimiento: Aforo de corrientes**

Aforar una corriente es un término relativo a determinar el valor del gasto o caudal que pasa por una sección específica. La forma menos compleja de medir el nivel de una corriente es por medio de un limnómetro, o escala, dispuesta de forma que una parte de ella está inmersa en el agua todo el tiempo. La escala normalmente está graduada en centímetros. También existen escalas metálicas esmaltadas graduadas en milímetros. (Gámez, W. 2009).

Limnómetro: Es una regla graduada que tiene una longitud adecuada para tener la opción de registrar cada uno de los cambios del nivel del agua, están hechos de diferentes materiales, como madera, hierro, hormigón, plástico, entre otros. (Gámez, W. 2009).

Limnógrafo: Es un instrumento de precisión razonable para registrar a través del tiempo los cambios de nivel de la superficie de: lagos, quebradas, ríos, niveles freáticos, y entre otros. Este registro se hace a través de una boya o flotador que hace que la pluma registre en una cinta registradora denominada limnograma puesto en un tambor giratorio. (Gámez, W. 2009).

2.2.2. Geomorfología de una Cuenca

2.2.2.1. Cuenca Hidrográfica

Desde una perspectiva hidrológica, una cuenca es definida como la región geográfica delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum), que recoge el agua de la precipitación y la canaliza hacia un colector denominado río principal. (Vásquez, A. 2016).

Cada unidad de tierra, por pequeña que sea, se encuentra dentro de una cuenca hidrográfica, y podemos caracterizarla, en su mayor parte, como una región enmarcada por un sistema de corrientes que se producen debido a la precipitación, estas corrientes fluyen hacia un cauce común o principal debido a las variedades topográficas del paisaje. Es, por tanto, el espacio de captación y conducción de las precipitaciones, siendo el agua el componente integrador.

La cuenca está delimitada por una línea que contiene los puntos de mayor altitud que establecen límites entre cuencas en contacto. A la unión de estos puntos se le conoce como parteaguas y une en un punto de salida las aguas que pueden ser parte de grandes ríos o de simples arroyos.

La altura media de una cuenca es un parámetro de la geomorfología que se relaciona con la temperatura y la precipitación; además la variación de temperatura repercute en la variación de pérdidas hídricas por evaporación, razón por la que en hidrología se utiliza como parámetro representativo.

La inclinación de una cuenca es un parámetro significativo que expresa el relieve de la misma, esta pendiente condiciona la velocidad del flujo superficial, subsuperficial y subterráneo, y en un momento dado, predice la desintegración, desgaste o erosión que produce el escurrimiento.

Hay que tener en cuenta que las piezas constitutivas de una cuenca hidrográfica son: La línea divisoria, las vertientes, el valle o cuenca baja y su drenaje. (Gámez, W. 2009).

2.2.2.2. División de una cuenca hidrográfica

Son temas de discusión constante los conceptos de cuenca, sub cuenca y microcuenca. La etapa inicial para dicho análisis es el nivel de ramificaciones de las corrientes que pueden existir; de esta manera, por ejemplo, a espacios que tienen los cursos de agua de primer, segundo y tercer orden pueden ser considerados como microcuencas; las subcuencas a espacios con corrientes de cuarto y quinto orden y las cuencas a las que poseen corrientes de sexto orden y más. (Vásquez, A. 2016).

El número de orden de una corriente de agua comienza desde el arroyo más pequeño y teniendo como punto de referencia la línea del "Divortium Acuarum". Desde una perspectiva razonable, a veces el grado de ramificación de las corrientes puede ser superado por la grandeza de cada una de sus unidades, tal es la situación de la cuenca del río Amazonas en la que las subcuencas que la conforman (Marañón, Huallaga, etc.), son verdaderamente unas "cuencas", ya que la extensión de su espacio es enorme hasta el punto de que sería excepcionalmente difícil su análisis en función del grado de ramificaciones de sus cursos de agua. En otras palabras, las divisiones en cuencas, subcuencas o microcuencas deben hacerse con medidas técnicas especializadas y prácticas. Una región mayor que 50.000 hectáreas puede ser considerada como una cuenca, una subcuenca de 5 a 50.000 hectáreas y una microcuenca a una región menor que 50.000 hectáreas. (Vásquez, A. 2016).

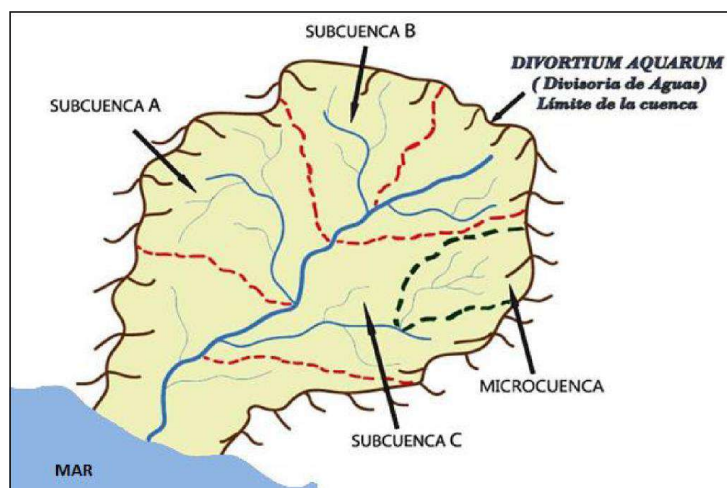


Figura 2: Cuenca hidrográfica

Fuente: (Vásquez, A. 2016).

2.2.2.3. Estudios Considerados en el Análisis de una Cuenca:

Sistema climático. Es importante hacer una recolección de información integral de las mediciones climáticas en las estaciones existentes, que representen de la manera más confiable a las variables o factores climáticos de la cuenca establecida. Es decir, la medida normal de la precipitación, la temperatura, la evaporación entre otros, que nos permiten hacer un efectivo equilibrio de la humedad y otras variables. (Gámez, W. 2009).

Cobertura vegetal y uso del suelo. La presencia de vegetación local con respecto a su tipo y densidad, ya sea arbórea, arbustiva, herbácea, de hoja perenne o caducifolia, es una parte de importancia esencial, ya que de ésta y sus prácticas dependerá cuantitativamente la presencia de la corriente de agua en cuanto a volumen y calidad, por lo que la utilización del suelo debe ser percibida en sus medidas adecuadas, y aquí la utilización de la fotografía aérea es una herramienta crucial para su determinación y planificación. (Gámez, W. 2009).

Estudio del suelo. Se trata de un informe y una representación eficaces del suelo en sus condiciones externas (superficie) e internas (perfil). El agua es quizás la parte más variable de la tierra. Distintas condiciones geológicas, fallas y superficies, contienen diversas propiedades para captar la humedad o producir escurrimientos. Por lo tanto, la investigación del suelo debe abordarse en planos que muestren imparcialmente sus principales cualidades o características. (Gámez, W. 2009).

Caracterización física e hidrológica. Cuando se ha delimitado la cuenca hidrográfica, es importante conocer su fisiografía entre algunos parámetros tenemos su altura media, pendiente media, factor de forma, entre otros. Además, hay que centrarse en su red de drenaje en el largo y ancho de toda la cuenca. (Gámez, W. 2009).

2.2.2.4. Características Fisiográficas

En general, el estudio de una cuenca hidrológica requiere técnicas tanto cuantitativas como cualitativas. En el caso principal, es fundamental caracterizar mediante algunos parámetros que abordan algunos atributos específicos significativos, que pueden ofrecer datos relevantes sobre las variables hidrológicas. (Breña, A. 2014).

Algunos de los parámetros característicos de mayor interés se presentan a continuación:

- **Parámetros de forma**

Parte Aguas

Línea imaginaria enmarcada por los puntos más elevados y que divide a dos cuencas hidrográficas contiguas. (Breña, A. 2014).

Área (A)

Es el espacio superficial de la cuenca incluido dentro del divortium aquarum; el tamaño de esta área repercute en cierto grado en el aporte de escorrentía directa o de flujo base y subterráneo. (Ortiz, O. 2004).

El tamaño global de estos espacios hidrológicos caracteriza o decide, aunque no de forma inflexible, las denominaciones de cuenca, subcuenca o microcuenca, como se aclara en la Tabla 1.

Tabla 1: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unid. Hidrológica	Área (Km²)	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).

Es la proyección uniforme de la zona de drenaje en un sistema. La región de la cuenca se caracteriza por el espacio limitado por la curva del perímetro (P). El área de cuenca es probablemente la característica morfométrica e hidrológica más significativa; el tamaño general de este espacio caracteriza o decide el nombre que recibirá el lugar. (Reyes, A. 2010).

Tabla 2: Clasificación según el área de drenaje.

ÁREA (Km2)	NOMBRE
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: (Reyes, A. 2010).

Es cualquier territorio drenado por un sistema fluvial dentro de sus divisorias topográficas, proyectado sobre el plano horizontal, y se lo expresa por lo general en kilómetros, siendo esta área el componente esencial para el cálculo de los diferentes parámetros geomorfológicos.

Las divisiones en cuencas, subcuencas o microcuencas deben hacerse con medidas especializadas como pueden ser un criterio técnico y práctico: Se puede asumir que un territorio mayor a 50.000 hectáreas puede considerarse como una cuenca, una subcuenca de cinco a 50.000 hectáreas y una microcuenca a una región menor que 50.000 hectáreas. (Vásquez, A. 2016).

Perímetro (P)

Es la magnitud de una línea divisoria de aguas o parteaguas. Se expresa en kilómetros. (Vásquez, A. 2016).

Factor de Forma (F)

Es la relación entre el área A y el cuadrado de la longitud de mayor recorrido (L) de una cuenca. Este factor demuestra en gran medida la tendencia a la inundación, ya que, en una cuenca con una misma área, pero con un factor de forma menor hay menos probabilidades de que una precipitación excepcional pueda cubrir toda su extensión. El factor de forma alude al estado de la cuenca con una forma rectangular, correspondiente con la proporción de la anchura normal y la longitud axial de la cuenca. (Vásquez, A. 2016).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

A: Área de la cuenca.

L: Longitud de máximo recorrido.

Coefficiente de Gravelius o Índice de Compacidad (Kc)

Es un Coeficiente adimensional que relaciona el perímetro de una cuenca y el perímetro de un círculo de región equivalente con el de esta cuenca. Este coeficiente será más notable que o equivalente a uno (1), por lo que cuanto más se acerque a la unidad, más cercana será la forma de la cuenca a la de un círculo. Es decir, si este parámetro tiene valores mayores que la unidad la cuenca será alargada y mientras se aproxime a la unidad tendrá una forma circular. (Gámez, W. 2009).

$$K = 0.28 P A^{-1/2} \quad (4)$$

P: Perímetro de la cuenca.

A: Área de la cuenca.

En base a la cuantificación a partir de la ecuación anterior se distinguen tres clases de formas según el índice de compacidad o coeficiente de Gravelius y se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Forma según el Índice de Compacidad

Clase	Índice de compacidad (kc)	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 -1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26-1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	1.51-1.75	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: (Gámez, W. 2009).

- **Parámetros de relieve**

Altitud Media de la Cuenca (H)

Es el valor ponderado de las alturas de la cuenca. Para obtener este parámetro, se utiliza un plano geográfico altimétrico para obtener la curva área-elevación conocida como curva hipsométrica. (Gámez, W. 2009).

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i A_i \quad (5)$$

H: Altitud media tomando como referencia el nivel del mar.

Hi: Altura correspondiente al área acumulada Ai encima de la curva Hi.

A: Área de la Cuenca.

n: Número de áreas parciales.

También se define como la ordenada media de curva hipsométrica. (Gámez, W. 2009).

Pendiente Media de la Cuenca

Es la media de las pendientes de la cuenca. La pendiente de una cuenca es una característica o marca significativa, ya que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo, además en un instante determinado, predice la erosión que produce el escurrimiento en función del aprovechamiento y uso del suelo. (Gámez, W. 2009).

Entre las estrategias gráficas, la más sugerida por su nivel de acierto es el método de HORTON. La técnica HORTON y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \quad (6)$$

S_c : Pendiente de la cuenca.

C: Equidistancia entre curvas de nivel.

A: Área de la cuenca.

l_i : Longitud de cada curva de nivel. (Gámez, W. 2009).

La clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente de laderas, se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 4: Clasificación de las Cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de laderas

Pend. Media (%)	Tipo de Relieve	Símbolo
0-3	Plano	P1
3-7	Suave	P2
7-12	Mediano	P3
20-35	Accidentado	P4
35-50	Fuerte	P5
50-75	Muy Fuerte	P6
50-75	Escarpado	P7
>75	Muy Escarpado	P8

Fuente:(Ortiz, O. 2004).

- **Parámetros relativos a la red de drenaje.**

Pendiente media del Cauce Principal o del Máximo Recorrido

La pendiente de la corriente principal representa un valor medio ya que cada tramo de río tiene una pendiente propia. El enfoque más sugerido para encontrar la pendiente promedio del canal principal depende de la utilización del perfil longitudinal. Así, la pendiente media del cauce principal será más cercana a la genuina cuanto mayor sea la cantidad de tramos elegidos a lo largo del cauce. (Breña, A. 2014).

Se determina mediante la expresión siguiente:

$$S_0 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{s_i}\right)^{1/2}} \right]^2 \quad (7)$$

S_0 : Pendiente media del cauce principal

l_i : Longitud de cada tramo de pendiente S_i

n : Número de tramos de similar pendiente. (Breña, A. 2014).

Longitud de Máximo Recorrido (L_p)

Es la longitud desde el punto de salida hasta el punto más lejano de la cuenca. Este parámetro es significativo ya que da una idea de la forma de la cuenca. Las variables hidrológicas, por ejemplo, el escurrimiento superficial, reaccionan de forma diversa en una cuenca alargada que en una que se aproxima hacia una forma redonda. (Breña, A. 2014).

Tiempo de Concentración (Tc)

A este parámetro también se le llama tiempo de equilibrio, es el tiempo que tarda la partícula más lejana en hacer el viaje hasta el punto de salida. Para ello se supone que el tiempo de duración de la lluvia es de por lo menos igual al tiempo de concentración y que se distribuye de manera uniforme en toda la cuenca. Este parámetro tiene estrecha relación con el gasto pico y con el tiempo de recesión de la cuenca, tiempos de concentración muy cortos tienen gastos pico intensos y recesiones muy rápidas, en cambio los tiempos de concentración más largos determinan gastos pico más atenuados y recesiones mucho más sostenidas. (Breña, A. 2014).

Existen numerosas fórmulas para determinar el tiempo de concentración de la cuenca; la ecuación empírica que se utilizará en esta investigación aparece a continuación:

Kirpich. Indica que:

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{L_p^2}{S} \right)^{0.385} \quad (8)$$

Dónde:

T_c: Tiempo de equilibrio o concentración (hr)

L_p: Longitud del cauce principal o máximo recorrido (Km)

S_p: Pendiente del cauce principal (Breña, A. 2014).

2.2.3. Tratamiento de Información Hidrometeorológica

2.2.3.1. Análisis de consistencia

El experto o especialista que desee realizar un estudio hidrológico debe buscar datos sobre la cuenca que se está investigando en los establecimientos responsables de su recopilación: Una vez obtenidos los datos, una de las preguntas que hay que plantearse es: ¿Es confiable la información disponible?

En estos tiempos se tiene mucha información de diversas variables hidrológicas, y estas son utilizadas para realizar estudios hidrológicos de proyectos relacionados con el agua, de modo que se tiene que saber si la información es confiable mediante el análisis de consistencia.

Inconsistencia es la presencia de error sistemático y se manifiesta 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 inconsistencia y no homogeneidad se manifiesta con la presencia de saltos y tendencias en una serie de datos hidrometeorológicos, afectando a la media y la desviación estándar.

Este análisis es un proceso que consiste en la detección y eliminación de la inconsistencia de una serie histórica de información hidrológica. (Villón M. 2011).

Antes de utilizar la serie histórica para un estudio hidrológico, se debe realizar el análisis de consistencia correspondiente y así conseguir una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

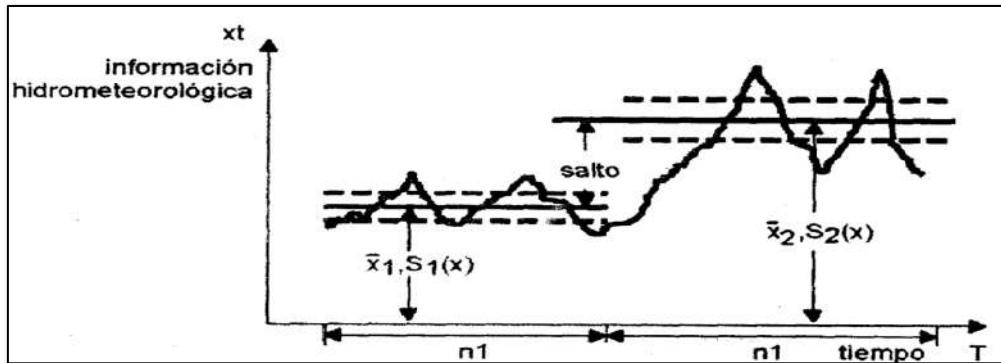


Figura 3: Serie histórica con presencia de salto

Fuente: (Villón, M. 2011).

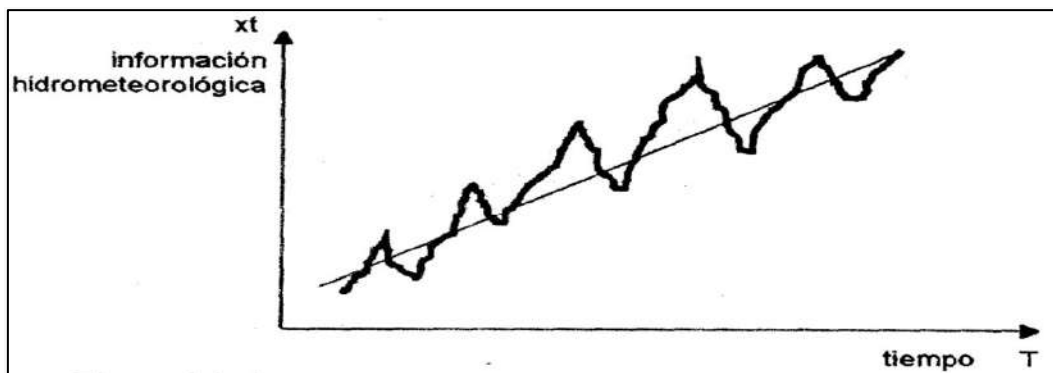


Figura 4: Serie histórica con presencia de la tendencia

Fuente: (Villón, M. 2011).

El análisis de consistencia de una serie de datos históricos, se realiza mediante los siguientes procesos:

Análisis visual gráfico.

Análisis doble masa.

Análisis estadístico. (Villón, M. 2011).

- **Análisis visual gráfico**

Los datos hidrológicos registrados se trazan en coordenadas cartesianas, con los valores de la serie en la disposición de las ordenadas y el tiempo (años, meses, días, etc) en las abscisas.

En la figura 5 aparece una ilustración de una progresión de caudales promedio anuales. Este diagrama se utiliza para analizar la consistencia de los datos hidrológicos en forma visual, y para demostrar el periodo o periodos en los que los datos son dudosos, lo que puede reflejarse como "picos" muy altos o valores muy bajos, así como presencia de saltos y tendencias, que deberán verificarse si son errores sistemáticos o si son producto de fenómenos naturales. (Villón, M. 2011).

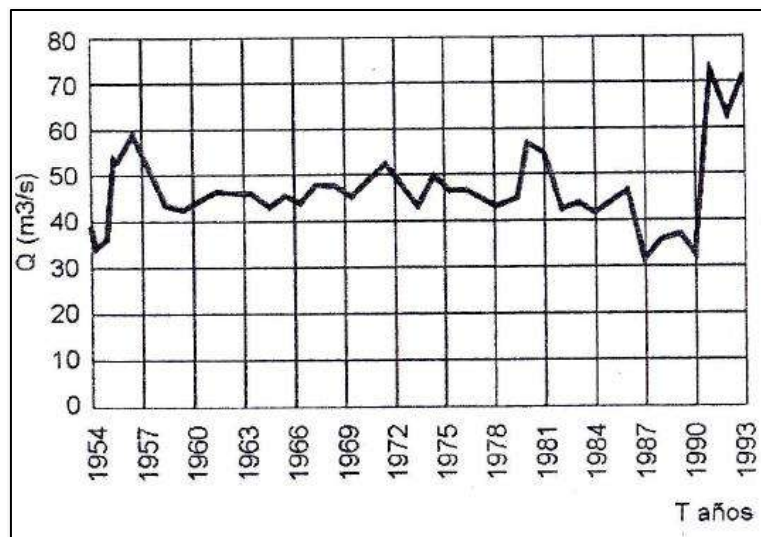


Figura 5: Serie histórica de caudales promedios anuales.

Fuente: (Villón, M. 2011).

Para conocer la causa de los saltos y tendencias, se puede realizar un análisis de diversas formas:

Cuando hay estaciones contiguas, se comparan los gráficos de líneas de series hidrológicas, y se ve qué periodo cambia notoriamente uno con respecto al otro.

En el caso de disponer de única estación, se compara su información por periodos establecidos a nuestro criterio con la información que se pueda encontrar en campo.

- **Análisis doble masa**

El gráfico de línea de doble masa se obtiene ubicando en el eje de las abscisas los acumulados, por ejemplo, de los promedios de los volúmenes anuales en millones de m^3 (MM), del conjunto de las estaciones, en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m^3 , de cada una de las estaciones en estudio, como se muestra en la figura 5.

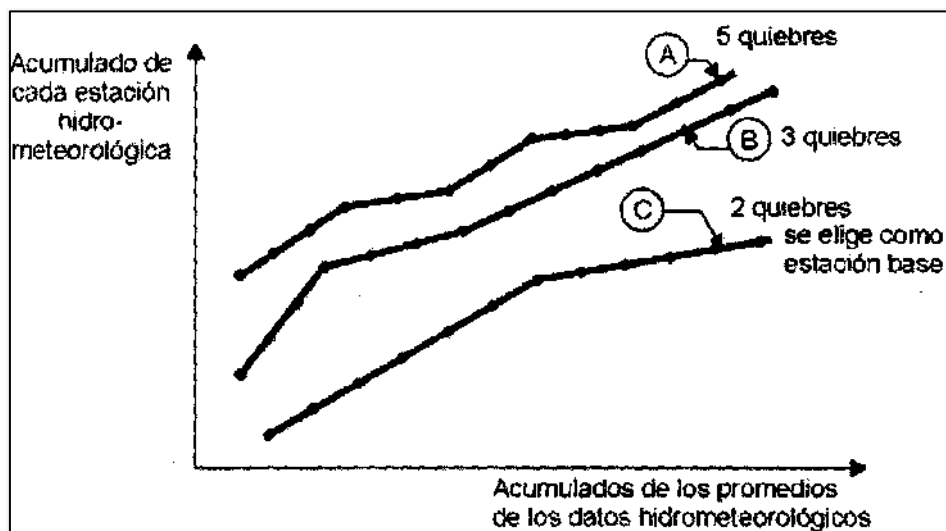


Figura 6: Gráfico de líneas doble masa-estación base

Fuente: (Villón, M. 2011).

De estos gráficos se escoge como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quebres, en el ejemplo de la figura 6, corresponde a la estación C, la cual se usa como estación base para el nuevo gráfico doble masa como se muestra en la figura 7.

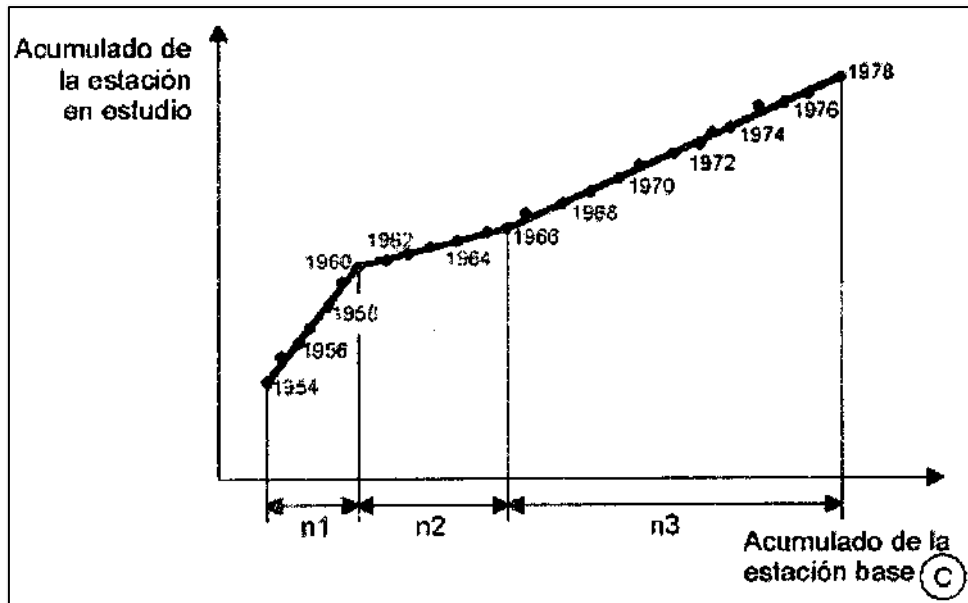


Figura 7: Gráfico doble masa para obtener los periodos de estudio.

Fuente: (Villón, M. 2011).

Este análisis propiamente dicho, consiste en conocer mediante los “quiebres” que se presentan en los gráficos de líneas, el origen de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, se puede visualizar el rango de los periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se deberá realizar procesos de corrección utilizando ciertos criterios. Para el caso de la figura 7, el análisis de doble masa, permite obtener los periodos, n_1 , n_2 , n_3 , que deben estudiarse, con el análisis estadístico. (Villón, M. 2011).

- **Análisis estadístico**

Luego se procede a realizar el análisis estadístico, el cual incluye análisis de saltos y tendencias en la media, así como en la desviación estándar. (Villón, M. 2011).

Análisis de saltos

a) Consistencia de la media

El análisis estadístico de saltos y tendencias en la media 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. (Villón, M. 2011).

a.1) Calculo de la media y de la desviación estándar para un periodo, según:

$$\begin{aligned}\bar{x}_1 &= \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i ; & S_{1(x)} &= \left[\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \\ \bar{x}_2 &= \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j ; & S_{2(x)} &= \left[\frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2}\end{aligned}\tag{9}$$

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.

$n=n_1+n_2$. (Villón, M. 2011).

a.2) Cálculo del t calculado (tc) según:

$$t_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_{\bar{d}}}\tag{10}$$

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

Quedando:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{d}}}\tag{11}$$

Además:

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

$$S_p = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right]^{1/2} \quad (12)$$

Siendo:

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

S_p : Desviación estándar ponderada. (Villón, M. 2011).

a.3) Cálculo del t tabular tt:

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.

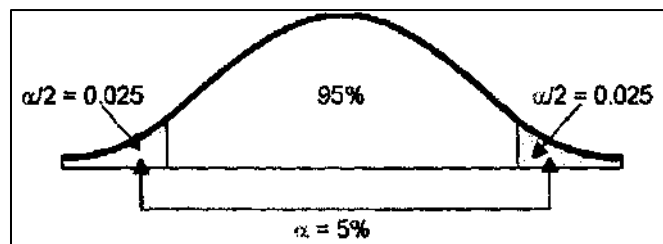


Figura 8: Grados de libertad

Fuente: (Villón, M. 2011).

a.4) 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.

(Villón, M. 2011).

b) Consistencia de la Desviación Estándar

El análisis estadístico de saltos y tendencias en la desviación estándar consiste en probar, mediante la prueba F de Fisher, 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, con la que regularmente se trabaja de la siguiente forma: (Villón, M. 2011).

Cálculo de las varianzas de ambos períodos:

$$S^2_{1(x)} = \left(\frac{1}{n_1 - 1}\right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2$$
$$S^2_{2(x)} = \left(\frac{1}{n_2 - 1}\right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \quad (13)$$

Cálculo del F calculado (F_c), según:

$$F_c = \frac{S^2_{1(x)}}{S^2_{2(x)}}, \text{ si } S^2_{1(x)} > S^2_{2(x)}$$
$$F_c = \frac{S^2_{2(x)}}{S^2_{1(x)}}, \text{ si } S^2_{2(x)} > S^2_{1(x)} \quad (14)$$

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:

$$G.L.N = n_1 - 1, G.L.D = n_2 - 1, \text{ Si } S^2_{1(x)} > S^2_{2(x)}.$$

$$G.L.N = n_2 - 1, G.L.D = n_1 - 1, \text{ Si } S^2_{2(x)} > S^2_{1(x)}.$$

Descripción de variables:

G.L.N: granos de libertad del numerador

G.L.D: grados de libertad del denominador. (Villón, M. 2011).

Comparación del F_c con el Ft:

✓ 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

c) Corrección de los datos

En el caso de que cualquier prueba sea significativa se corrigen los valores de las submuestras por medio de las siguientes ecuaciones: (Villón, M. 2011).

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + \bar{x}_2 \quad (15)$$

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} \cdot S_1(x) + \bar{x}_1 \quad (16)$$

Dónde:

$X'_{(t)}$: Valor corregido de saltos

x_t : Valor a ser corregido

Las ecuaciones (15) y (16), son para corregir los valores de la submuestra de tamaño n_1 y la submuestra de tamaño n_2 . (Villón, M. 2011).

Análisis de Tendencias

Ya con la serie libre de saltos se procede a realizar el análisis de tendencias, se realiza un análisis de las tendencias en la media y en la desviación estándar. (Villón, M. 2011).

a) Tendencia en la Media

La tendencia en la media (T_m) se la obtiene con la siguiente ecuación (17), más en el caso de simplificar su búsqueda, podemos utilizar la ecuación (18): (Villón, M. 2011).

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \quad (17)$$

$$T_m = A_m + B_m t \quad (18)$$

Descripción de variables:

t : variable independiente, es el tiempo en años que varía de 1 a n , y T_m : Es la tendencia de la media. $T_m = X'_{(t)}$ valor corregido de saltos, es decir, datos usados para el cálculo de los parámetros A_m , B_m , C_m , D_m .

A continuación, se usa la ecuación (18), en la que se sigue un proceso para encontrar sus parámetros: (Villón, M. 2011).

$$A_m = \overline{T_m} - \bar{t} \cdot B_m \quad (19)$$

$$B_m = R \cdot \frac{S_{Tm}}{S_t} \quad (20)$$

$$R = \frac{\overline{t \cdot T_m} - \bar{t} \cdot \overline{T_m}}{S_t \cdot S_{Tm}} \quad (21)$$

$$\overline{T_m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_{m_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X'(t)_i \quad (22)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \quad (23)$$

$$\overline{t \cdot T_m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{m_i} \quad (24)$$

$$S_{t_m} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (T_{m_i} - \overline{T_m})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

$$S_t = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (26)$$

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 . (Villón, M. 2011).

a.2) Evaluación de la tendencia Tm

Entre los parámetros están el Bm y R, que son las variables que se analizan para sacar las conclusiones respecto de la tendencia. (Villón, M. 2011).

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

Análisis de R mediante el cálculo de Tc:

$$T_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (27)$$

Dónde:

t_c: valor del estadístico t calculado.

n: número total de datos.

R: coeficiente de correlación. (Villón, M. 2011).

Obtención del estadístico T_t según:

Con un nivel de significancia de 0.05 encontramos este estadístico en la tabla de T de Student's: (Villón, M. 2011).

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

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

Finalmente se realiza una comparación de manera similar que en el caso del análisis de saltos del t_t y el t_c, para concluir si se tiene que corregir la información.

b) Tendencia en la desviación estándar

“Se presenta en los datos semanales o mensuales. Entonces si se trabajan con datos anuales, se puede obviar el realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar. (Salas, J. 2000).

La tendencia en la desviación estándar T_s , se expresa con la ecuación:

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

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

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

Descripción de variables:

T_s : Tendencia en la desviación estándar

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

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. (Villón, M. 2011).

Luego se ve si la tendencia en la d. estándar es significativa, para ello se calcula las desviaciones estándar para cada periodo de toda la información: (Villón, M. 2011).

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

Se calculan los parámetros de la ecuación (29), utilizando las ecuaciones desde la (19) hasta la (24), dadas en el capítulo anterior. 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: (Villón, M. 2011).

$$Z_t = \frac{X_{(t)} - T_m}{T_s} \quad (31)$$

En este proceso los estadísticos la media y la desviación estándar deben mantenerse constantes para ello la ecuación toma la forma: (Villón, M. 2011).

$$Z_t = \frac{X_{(t)} - T_m}{T_s} * \overline{T_s} + \overline{T_m} \quad (32)$$

Donde $\overline{T_s}, \overline{T_m}$ son los promedios de la tendencia en la desviación estándar y media respectivamente, además Z_t es la serie libre de la tendencia en la media y en la desviación estándar. (Villón, M. 2011).

c) Pruebas estadísticas alternativas:

Las pruebas de T y F requieren de la homogeneidad y normalidad de una serie hidrológica y la condiciona a parámetros como media y desviación estándar. Existen muchas pruebas estadísticas que realizan análisis de saltos y tendencias en estos tiempos, tal es el caso de las pruebas de Cusum, Rank Sum, Spearman Rho y otras. En una determinada investigación también podemos hacer uso de pruebas que no toman en cuenta la normalidad o alguna distribución de probabilidad de las series hidrológicas, y en concordancia con muchos investigadores, estos test estadísticos son muy útiles ya que estas series no necesariamente se mantienen según algún tipo de distribución.

Entre las pruebas más conocidas tenemos al Test de Mann Kendall, que nos permite conocer si hay tendencia en una serie temporal.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n Sgn(x_j - x_k) \quad (33)$$

$$Sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{si } x_j - x_k > 0 \\ 0, & \text{si } x_j - x_k = 0 \\ -1, & \text{si } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (34)$$

$$VAR(s) = \frac{1}{18} * [n \cdot (n - 1) \cdot (2n + 5) - \sum_{p=1}^q T_p] \quad (35)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{VAR(s)}}, & \text{si } s > 0 \\ 0, & \text{si } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{VAR(s)}}, & \text{si } s < 0 \end{cases} \quad (36)$$

X_j : Es la serie temporal

X_k : Es la serie que se mantiene durante el cambio de X_j

$Sgn(X_j - X_k)$: Es la función signo de la resta de las series X_j y X_k , es una serie generada que puede ser -1, 0, 1.

n : Es el número de datos mensuales

2.2.3.2. Completación y extensión

La extensión de información, es el proceso de transferencia de los datos de una estación con un registro histórico largo a otra con un registro corto. (Villón, M. 2011).

La completación de la información es el procedimiento hacia el relleno de los "huecos" que existen en un registro de datos hidrometeorológicos. La completación es un caso específico de la extensión. (Villón, M. 2011).

La extensión de la información es más significativa que la completación ya que modifica significativamente a los evaluadores de los parámetros de la población, por ejemplo, la media de una muestra corta será distinta que la media de una muestra extendida. (Villón, M. 2011).

La completación y extensión de los datos hidrometeorológicos faltantes se hace para tener series completas, confiables y de un periodo uniforme. (Villón, M. 2011).

Las técnicas más utilizadas en la completación, en orden de prioridad son:

Regresión lineal simple, entre estas se tiene a las siguientes:

- ✓ Correlación cruzada entre dos o más estaciones, situación (1) sin desfase de la figura 9
- ✓ Autocorrelación, situación (2) de la figura 9.
- ✓ Relleno con criterios prácticos.

Las técnicas más utilizadas para la extensión son:

- ✓ Regresión lineal simple
- ✓ **Regresión lineal múltiple**

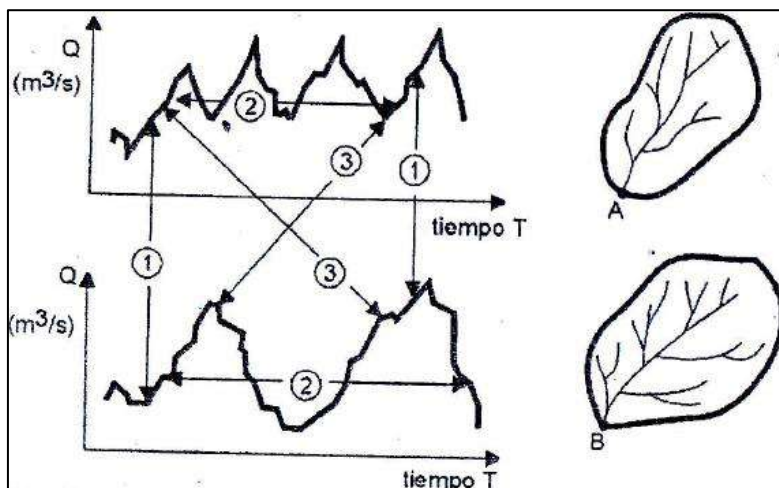


Figura 9: Serie histórica de caudales de las cuencas A y B

Fuente: (Villón, M. 2011).

Generalmente el modelo matemático que se usa con mayor frecuencia para transferir información hidrológica y meteorológica, entre estaciones medidas, es el modelo de regresión lineal simple, aunque actualmente se viene aumentando el uso del modelo matemático de la regresión lineal múltiple (Villón, M. 2011).

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 10)

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

- ✓ 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. $N=N_1+N_2$.

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

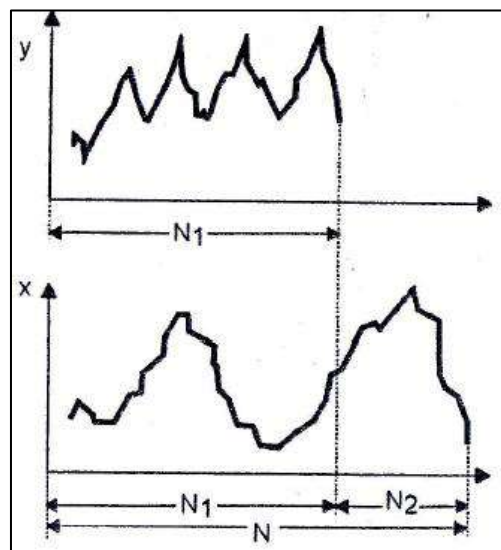


Figura 10: Series de tamaños N_1 y $N=N_1+N_2$

Fuente: (Villón, M. 2011).

Dónde:

y_t : serie de registro “corto”

x_t : serie de registro “largo”

N_1 : tamaño del registro común

N_2 : tamaño del registro no común

$N=N_1+N_2$: tamaño del registro largo. (Villón, M. 2011).

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

$$y_t = a + b x_t \quad (37)$$

Dónde:

y_t : variable hidrológica dependiente

x_t : variable hidrológica independiente

a y b: parámetros de la ecuación de regresión lineal simple. (Villón, M. 2011).

✓ Estimar las variables de:

Por medio de estas ecuaciones se hallan a, b y r:

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

ó

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

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (39)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_1}{N_1} \quad (40)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_1}{N_1} \quad (41)$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (42)$$

$$S_{1(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1-1} (\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2)} \quad (43)$$

$$S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1-1} (\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2)} \quad (44)$$

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

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$: Estimadores de N_1

r: coeficiente de correlación. (Villón, M. 2011).

✓ Ecuación de completación o extensión:

Sustituyendo valores en la ecuación (33) resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_t) \quad (45)$$

Para mejorar la información, a la ecuación (45) 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 (45) se puede expresar de la siguiente forma: (Villón, M. 2011).

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_t) + \alpha \Theta \sqrt{1 - r^2} \cdot S_{1(y)} \varepsilon_t \quad (46)$$

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

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$: Estimadores de N_1

r: coeficiente de correlación

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

$\varepsilon_t \sim NI(0,1)$

$\Theta=0$ 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. (Villón, M. 2011).

$$\alpha = \frac{N_2(N_1-4)(N_1-1)}{(N_2-1)(N_1-3)(N_1-2)} \quad (47)$$

✓ Criterios de confiabilidad.

La ecuación (41) ó (42), solo se podrá usar cuando **r** es significativo estadísticamente para ello se tiene que hallar el estadístico t, según la siguiente ecuación: (Villón, M. 2011).

a) Cálculo del estadístico t_c , según:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N_1-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (48)$$

Dónde:

t_c : valor del estadístico **t** calculado

N_1 : tamaño del registro común de las series

r : coeficiente de correlación. (Villón, M. 2011).

b) Cálculo de t_t

El valor critico 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:

$\alpha/2=0.025$

G.L.= N_1-2

c) Comparación del t_c con el t_t

Cuando T_c es mayor que T_t el coeficiente de correlación es significativo entonces no se puede aplicar la autocorrelación. Se debe buscar una serie para que r sea no significativo.

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 “ y ”?

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. (Villón, M. 2011).

2.2.4. Modelo Determinístico Estocástico de Lutz Scholz

El modelo hidrológico de Lutz Scholz se utiliza principalmente para determinar los caudales medios mensuales y parte de la ausencia de registros en las estaciones hidrológicas de las corrientes de la sierra del Perú. Este modelo hidrológico se consolida a la luz como un modelo combinado debido a que tiene un proceso determinístico y otro no determinístico. Fue creado e implementado por Lutz Scholz entre los años 1979-1980, a través del Plan Meris II. (Scholz, L. 1980).

Evaluando la realidad de falta de registros hidrológicos, el investigador propuso como variables de entrada a una serie de parámetros como es la precipitación, coeficientes propios a la cuenca, la retención de la cuenca, el gasto y abastecimiento de la retención. Las estrategias seguidas en la ejecución del modelo son: (Scholz. L, 1980).

Obtención de parámetros de acuerdo a las condiciones meteorológicas de la cuenca como la temperatura, precipitación total y los límites de la cuenca, obtención de caudales en un año promedio. (Scholz. L, 1980).

Cálculo de parámetros de regresión múltiple, introducción de números aleatorios con una distribución de probabilidad, y finalmente la obtención de caudales para periodos extendidos. (Scholz. L, 1980).

2.2.4.1. Ecuación del balance hídrico

En este modelamiento se asume que el Gasto y Abastecimiento de la retención son iguales en magnitud es decir $G_i = A_i$.

El sistema complejo del ciclo del agua, lo expresa en:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (49)$$

En la descripción de variables podemos indicar que:

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

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

D_i : Déficit de escurrimiento (mm/mes)

P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

CM_i : Caudal mensual (mm/mes). (Scholz, L. 1980).

Luego de una sustitución en (P-D) por (CP) la expresión anterior toma la forma de:

$$Q = c'CP(AR) \quad (50)$$

En la descripción de variables podemos indicar que: AR: P: C: c' : Q son las abreviaturas del área de la cuenca (m^2), Precipitación total mensual (mm/mes), coeficiente de escurrimiento, coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg) y Caudal (m^3/s) respectivamente. (Scholz, L. 1980).

2.2.4.2. Coeficiente de escurrimiento

Se tiene varios métodos, se utiliza Turc en este caso:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad (51)$$

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (52)$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \quad (53)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln(H) \quad (54)$$

2.2.4.3. Precipitación efectiva

Es la precipitación da lugar a la corriente de superficie y al flujo base, que se la encuentra multiplicando la precipitación total por el coeficiente de escurrimiento o escurrimiento. Para el cálculo de la Precipitación Efectiva (PE), se presume y acepta que los caudales promedio observados en la cuenca tienen una condición de equilibrio. (Scholz, L. 1980).

$$PEi = C * PTc \quad (55)$$

Estas variables ya son descritas anteriormente.

Para hallar la precipitación efectiva en el año promedio existe el método de la Oficina de Recuperación de los estados Unidos (USBR), quien sigue la siguiente metodología:

Se halla el valor del coeficiente de escurrimiento, se ve que entre curvas de precipitación se encuentra dicho coeficiente, y se escogen los coeficientes de las curvas seleccionadas.

Tabla 5: Precipitación efectiva según USBR

P(mm)	P. Efectiva: PE (mm)		
	Curva I	Curva II	Curva III
0.0	0.0	0.0	0.0
10.0	0.0	1.0	2.0
20.0	0.0	2.0	4.0
30.0	0.0	3.0	6.0
40.0	0.5	4.0	8.0
50.0	1.0	6.0	11.0
60.0	1.5	8.0	14.0
70.0	3.0	10.0	18.0
80.0	4.0	14.0	24.0
90.0	5.5	18.0	30.0
100.0	8.0	23.0	39.0
110.0	11.0	29.0	48.0
120.0	15.0	36.0	58.0
130.0	19.0	43.0	68.0
140.0	24.0	52.0	78.0
150.0	30.0	60.0	88.0
160.0	37.0	69.0	98.0
170.0	45.0	79.0	108.0
180.0	55.0	89.0	118.0
Valores de C	0.15	0.3	0.45

Fuente:(Scholz, L. 1980).

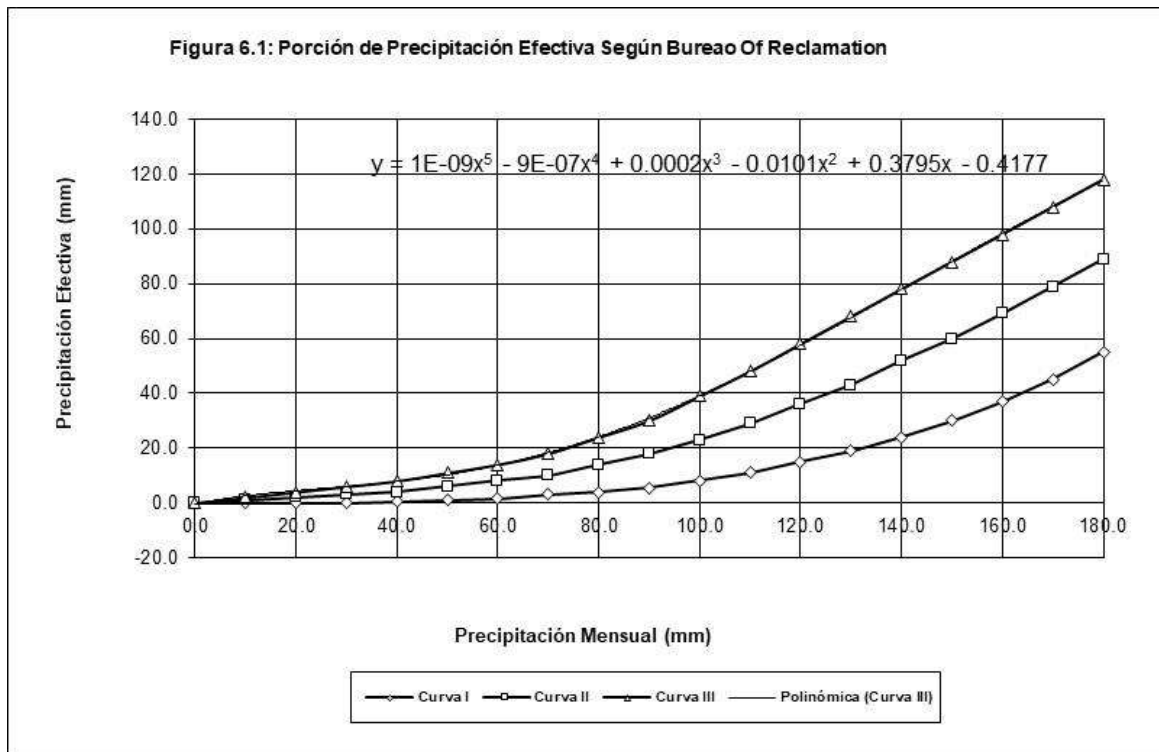


Figura 11: Porción de Precipitación efectiva según Bureao Of Reclamation
Fuente: (Scholz, L. 1980).

Tabla 6: Coeficientes para calcular Precipitación efectiva

Coeficiente	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09
Se aplica estos coeficientes para $0 < P < 250$ mm			

Fuente: (Scholz, L. 1980).

2.2.4.4. Retención de la cuenca

Como se viene mencionando cuando hay un balance el aporte de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (56)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (57)$$

A continuación, tenemos el valor de la retención de acuerdo a la siguiente expresión.

$$R = \frac{(C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN)}{AR} \quad (58)$$

2.2.4.5. Almacenamiento hídrico

Según el experto existen tres tipos de reservas hídricas consideradas: (Scholz, L. 1980).

Están los nevados, acuíferos y lagunas y su valor L se define por.

$$L_A = -750(I) + 315 \text{ (mm/año)} \quad (59)$$

En donde estas expresiones son:

LA: lámina de acuífero específica.

$$I \leq 15\%$$

$$L_L = 500(\text{mm} / \text{AÑO}) \quad (60)$$

$$L_N = 500(\text{mm} / \text{AÑO}) \quad (61)$$

Las extensiones de terreno de esta ecuación son determinadas de los mapas o fotografías aéreas. Los almacenamientos de corto plazo no se los considera, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva. (Scholz, L. 1980).

2.2.4.6. Coeficiente de agotamiento

Este coeficiente sigue variando durante toda la época de estiaje, ya que disminuye constantemente. A efectos razonables, esta variable adimensional presenta dependencia logarítmica con la región de la cuenca. (Scholz, L. 1980).

En un nivel fundamental, es factible encontrar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos progresivos en la corriente durante la estación seca; de todos modos, se lo puede determinar con las siguientes condiciones.

$$a = -0.00252(\ln(AR)) + 0.034 \quad (62)$$

$$a = -0.00252(\ln(AR)) + 0.030 \quad (63)$$

$$a = -0.00252(\ln(AR)) + 0.026 \quad (64)$$

$$a = -0.00252(\ln(AR)) + 0.023 \quad (65)$$

Se puede usar la ecuación (62), (63), (64) o (65) de forma correspondiente según el agotamiento y las características de las cuencas: muy rápido, rápido, mediano y reducido.

2.2.4.7.Relación de caudales del flujo base

En los meses de estiaje, el gasto de la retención contribuye agua hacia los ríos, entonces así va contribuyendo a la reserva de esta época. (Scholz, L. 1980).

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)} \quad (66)$$

$$b_o = e^{-a(t)} \quad (67)$$

2.2.4.8.Gasto de la retención (Gi)

En primer lugar, se requiere un coeficiente que se le llama coeficiente de agotamiento “bi”. Es el volumen de agua que la cuenca contribuye en los meses de estiaje. (Scholz, L. 1980).

$$G_i = \frac{b_o}{b_m} * R \quad (68)$$

2.2.4.9.Abastecimiento de la retención

Desde el primer día del periodo lluvioso, el proceso del gasto de la reserva termina e inicia a la vez el abastecimiento de los almacenes hídricos de una cuenca. Según algunos gráficos estadísticos se ha inferido que este abastecimiento en los meses lluviosos es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática es así que la región de Cajamarca tiene sus coeficientes de abastecimiento. En la región de Cajamarca el abastecimiento inicia en el mes de octubre y finaliza en el mes de abril.

En la tabla que a continuación se presenta están expresados en porcentaje los coeficientes del almacenamiento. (Scholz, L. 1980).

Tabla 7: 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).

El valor del abastecimiento se calcula según:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad (69)$$

2.2.4.10. Determinación para el año promedio del caudal

La fórmula según Lutz Scholz se convierte en lo siguiente, con variables de precipitación efectiva, más el gasto y menos en abastecimiento de la retención de cada mes. (Scholz, L. 1980).

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (70)$$

2.2.4.11. Generación de caudales para periodos extendidos

Se realizó una cadena de markov en donde la precipitación efectiva es la variable de impulso, además en este proceso estocástico se hace uso de una variable aleatoria. (Scholz, L. 1980).

$$Q_t = f(Q_{t=1}) \quad (71)$$

$$Q = g(PE_t) \quad (72)$$

$$Z = z(S) \sqrt{(1 - r^2)} \quad (73)$$

Se realiza la combinación de componentes anteriores y se tiene la ecuación de caudales medios mensuales, que a continuación se la presenta. (Scholz, L. 1980).

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \quad (74)$$

Regresión múltiple

Los valores de B1, B2 y B3 se los obtiene mediante las siguientes ecuaciones:

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum(Q_{t-1}) + B_3 \sum(PE_t) \quad (75)$$

$$\sum(Q_t * Q_{t-1}) = B_1 \sum(Q_{t-1}) + B_2 \sum(Q_{t-1})^2 + B_3 \sum(Q_{t-1} * PE_t) \quad (76)$$

$$\sum(Q_t * PE_t) = B_1 \sum(PE_t) + B_2 \sum(Q_{t-1} * PE_t) + B_3 \sum(PE_t)^2 \quad (77)$$

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

$$\bar{Q}_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) \quad (78)$$

$$e = Q_t - \bar{Q}_t \quad (79)$$

Donde:

Q_t: Caudales del mes "t"

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

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

e: Error entre los valores muestrales y estimados. (Scholz, L. 1980).

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(e^2)}{n-p}} \quad (80)$$

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

$$r = \left(1 - \frac{s^2}{s^2_{Q_t}}\right)^{0.5} \quad (81)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n-1} [\sum Q_t^2 - n((\overline{Q_t})^2)] \quad (82)$$

Dónde:

n: Numero de grupos de la muestra

p: Numero de parámetros a estimar. (Scholz, L. 1980).

2.2.4.12. Restricciones del modelo

Este modelo se usa de manera exclusiva para obtener caudales mensuales de la sierra peruana en las que se ha calibrado sus parámetros como: Cajamarca, Cuzco, Huancavelica y Junín (Scholz, L. 1980).

2.2.4.13. Análisis Estadísticos y Probabilísticos

El análisis estadístico nos presenta el comportamiento de una serie de datos que se generan de un determinado evento aleatorio. En nuestro caso, el evento aleatorio son los caudales o descargas mensuales que lleva un determinado curso de agua y que han sido generados para un período de tiempo de 1968 al 2019 y consiste en hallar la función de distribución estadística que mejor represente el comportamiento de la variable caudal mensual, para luego asignar a cada valor “X” una probabilidad o periodo de ocurrencia. (Villón, M. 2011).

2.2.5. Teoría de la Confiabilidad

2.2.5.1. Definición de Confiabilidad:

La palabra confiabilidad designa la probabilidad de que un sistema cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado periodo y en condiciones específicas de operación. Así un evento que interrumpa ese funcionamiento se denomina falla. La teoría de confiabilidad está centrada en la frecuencia de ocurrencia de las fallas y no en los fenómenos causantes de éstas; por lo que, no es una teoría física de las fallas, sino es más bien una teoría estadística de probabilidades. (Cabrera, J. 2012).

2.2.5.2. Exactitud y precisión

Hay ciertos conceptos necesarios a tener en cuenta antes de utilizar modelos hidrológicos los cuales son la “exactitud” y “precisión”. La exactitud mide la performance de un modelo; es decir, la cercanía entre los valores simulados y los observados. Un modelo exacto no arroja resultados iguales, pero estos se encuentran siempre dentro de un rango alrededor de la medida observada o real. La precisión mide la repetibilidad del experimento; es decir, la similitud entre valores simulados o valores de la misma clase. Un modelo preciso arroja similares resultados, sin embargo, no necesariamente son cercanos a la medida observada. Estos conceptos también están estrechamente relacionados con otros dos: errores aleatorios y errores sistemáticos. Los errores aleatorios son errores propios de fluctuaciones aleatorias y no son controlables. Debido a que son aleatorios, la medición realizada se encontrará alrededor de la medida real (como las medidas exactas). Por otro lado, los errores sistemáticos son errores que se repiten permanentemente y aproximadamente en la misma magnitud; esta característica hace que las medidas se encuentren “desviadas” en un mismo valor de la medida real (como las medidas precisas). Es así que, si se determina el valor del error sistemático, es fácil corregir la medida y obtener medidas mucho más exactas. (Molnar, P. 2011).

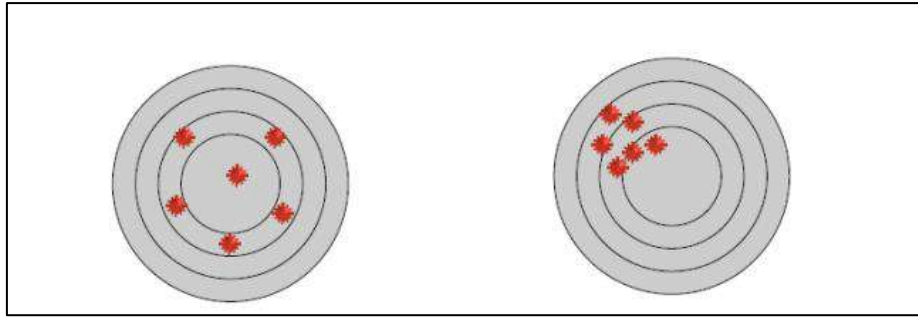


Figura 12: Izquierda: grupo de medidas consideradas exactas. Derecha: grupo de medidas consideradas precisas

Fuente: (Molnar, P. 2011).

2.2.5.3. Fuentes de incertidumbre

En general, existen cuatro fuentes principales de incertidumbre: (Cabrera, J. 2012).

- a. Errores (sistemáticos o aleatorios) en los datos de ingreso: Son errores propios de los datos de ingreso, los cuales no necesariamente son datos de campo. Por ejemplo, si se ingresa la precipitación media de una cuenca y esta serie se obtiene utilizando polígonos de Thiessen, la aplicación de este método produce errores.
- b. Errores (sistemáticos o aleatorios) en los datos observados: Son errores propios de la medición en campo de las diferentes variables hidro-meteorológicas que se consideran en el modelo.
- c. Errores debido a valores no óptimos de parámetros: Referido a los errores ocasionados por la asunción de valores de los parámetros del modelo que no son la consecuencia de un proceso de optimización.
- d. Errores debido a la estructura del modelo: Errores propios del modelo y que no pueden ser eliminados sin modificar la estructura del mismo. El proceso de calibración no los afecta.

2.2.5.4. Medidas de bondad de ajuste

- **Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E: NSE)**

El criterio de Nash-Sutcliffe es muy utilizado en la Hidrología y mide cuánto de la diversidad de valores reales es explicada por la simulación. En el caso ideal de una simulación o cuando es perfecta la simulación: el valor de la Eficiencia de Nash-Sutcliffe es igual a $E=1$, en caso contrario cuando la simulación está muy alejada de la realidad, entonces $E=0$. Algunos rangos de valores que se sugieren para la toma de decisiones son resumidos en la siguiente tabla. Se define como: (Molnar, P. 2011).

Tabla 8: Valores referenciales del criterio de Nash-Sutcliffe

E	Ajuste
<0.2	Insuficiente
0.2-0.4	Satisfactorio
0.4-0.6	Bueno
0.6-0.8	Muy bueno
>0.8	Excelente

Fuente: (Molnar, P. 2011).

Este indicador puede ser utilizado para cualquier escala de tiempo. Se define como:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2} \quad (83)$$

En el caso de que los valores de la variable simulada sean demasiado grandes, se recomienda según lo que se viene utilizando a la eficiencia logarítmica de Nash-Sutcliffe:

$$E_{log} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\log(Q_{sim,i}) - \log(Q_i))^2}{\sum_{i=1}^n (\log(Q_i) - \log(\bar{Q}_i))^2} \quad (84)$$

Donde:

Q_{sim} : caudal simulado

Q_i : caudal observado

\bar{Q}_i : caudal medio observado. (Molnar, P. 2011).

- **Coefficiente de correlación (r)**

Indica entre variables una relación lineal, en este trabajo son los caudales generados por el modelo hidrológico y por la estación. El coeficiente de correlación puede tomar valores entre 0 y 1, a mayor valor de r, mejor ajuste. (Cabrera, J. 2012).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})^2}} \quad (85)$$

Donde:

Q_{sim,i} : caudal simulado
 Q_i : caudal observado
 \bar{Q}_{sim} : caudal medio simulado.
 \bar{Q}_i : caudal medio observado.

- **Coefficiente de determinación (R²)**

Expresa que tan bien los caudales simulados se asemejan a los observados, describe que proporción de la varianza en los datos observados puede ser explicada por el modelo. Puede tomar valores entre 0 y 1. (Legates y McCabe, 1999).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})^2}} \right)^2 \quad (86)$$

Donde:

Q_{sim,i} : caudal simulado
 Q_i : caudal observado
 \bar{Q}_{sim} : caudal medio simulado.
 \bar{Q}_i : caudal medio observado.

- **Error medio Bias: Sesgo Bias (MBE)**

Indica la tendencia promedio de los datos simulados de ser mayores o menores que los datos observados. Si los datos simulados son menores se obtendrá un valor negativo, caso contrario se obtendrá un valor positivo. El valor óptimo de Bias es 0.0. (Gupta, Sorooshian y Yapo, 1999).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)}{n} \quad (87)$$

Donde:

Q sim,i : caudal simulado.

Q i : caudal observado.

Tabla 9: Valores referenciales del criterio de Error medio Bias

MBE	Confiability del modelo
MBE < ± 0.10	Muy buena
± 0.10 < MBE < ± 0.15	Buena
± 0.15 < MBE < ± 0.25	Satisfactoria

Fuente: (Gupta, Sorooshian y Yapo, 1999).

- **Error medio absoluto (MAE)**

Se utiliza para el cálculo de precisión de los valores simulados. El rango de valores que puede tomar va desde 0 hasta el infinito positivo. El 0 corresponde a un ajuste perfecto mientras que valores más grandes indican un menor ajuste. (Stauffer y Seaman, 1990).

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_{sim,i} - Q_i|}{n} \quad (88)$$

- **Error medio cuadrático (RMSE)**

Se utiliza para el cálculo de precisión de los valores simulados. Permite cuantificar la magnitud de la desviación de los valores simulados respecto a los observados. El rango de valores que puede tomar va desde 0 hasta el infinito positivo. (Cabrera, J. 2012).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{n}} \quad (89)$$

2.2.5.5. Medición de confiabilidad

En lo que hace referencia a la medición de la confiabilidad de un modelo hidrológico, se toma en cuenta una medida de bondad de ajuste; por lo que se determinará qué tan confiable es el modelo hidrológico de Lutz Scholz de acuerdo al índice de eficiencia de Nash- Sutcliffe y el Sesgo Bias: Error medio Bias. (Cabrera, J. 2012).

2.3. Definición de términos básicos

Estación Meteorológica: Es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas: temperatura, precipitación, evaporación, humedad, radiación solar, entre otros.

Estación Hidrométrica: Es una instalación donde se realizan mediciones y registros de altura de la superficie del agua.

Cuenca del río Llaucano: Es la unidad hidrográfica de captación natural compuesta por ríos, quebradas, arroyos, pequeños riachuelos o nacimientos de aguas.

Geomorfología: Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo.

Fisiografía: La fisiografía está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera.

Modelo Lutz Scholz: Es un modelo que se fundamenta en el ciclo hidrológico y específicamente en la ecuación del balance hídrico. El modelo utiliza factores que influyen en los caudales como es la precipitación, el almacenamiento y la función de agotamiento natural de la cuenca.

Modelo hidrológico determinístico. Es un modelo matemático que busca establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto, en donde sus variables de entrada o parámetros están bien definidas para generar una sola respuesta debida a un requerimiento.

Modelo hidrológico estocástico. Es un modelo matemático que se caracteriza porque tiene una componente aleatoria entre sus parámetros para el pronóstico de sus magnitudes en un momento dado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre.

Coefficiente de agotamiento. Coeficiente propio de un acuífero, su valor cambia de acuerdo a la ley de decrecimiento exponencial, como consecuencia de la disminución de reservas en la época de estiaje.

Precipitación efectiva. Lluvia que va a dar lugar al escurrimiento superficial o al flujo base, que tiene como desembocadura un río o una quebrada.

Retención de la Cuenca. Es la reserva de agua en una cuenca ocurre a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos.

Caudales medios mensuales. Valor promedio de los caudales medios diarios del mes, o el promedio de varios caudales mensuales que pasa a través de una sección transversal del río.

Aforo. Medida del caudal de un río, quebrada, manantial, entre otros.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio



Figura 13.- Ubicación política de la cuenca del río Llaucano

3.1.1. Accesibilidad al punto emisor de la cuenca

Tabla 10: Accesibilidad a la zona de estudio

Tramo	Tipo de vía	Longitud (Km)	Tiempo Minutos	Observaciones
Cajamarca-Bambamarca	Asfaltada	110	150	Vía de alto tráfico
Bambamarca-Estacion Hidrométrica: Punto emisor de la cuenca	Trocha carrosable	1.6	25	Vía de mediano tráfico

3.1.2. Referencia en Google Earth



Figura 14.- Delimitación y punto emisor de la cuenca del río Llaucano

3.1.3. Límites de la cuenca del Río Llaucano

La cuenca del río Llaucano limita:

Por el Norte : Bambamarca y Chota

Por el Sur : Cajamarca

Por el Este : Chugur

Por el Oeste : Celendín



Figura 15.- Imagen satelital de la cuenca del río Llaucano

3.2. Equipos y materiales utilizados durante la investigación

3.2.1. Equipos

Computadora de sobremesa

Laptop

GPS navegador.

Smartphone

Impresora Hp Smartank

Equipo de protección de campo

3.2.2. Materiales e instrumentos

Materiales de escritorio (Papel bond, folder, lapicero, marcador), libros, fotografías imágenes satelitales, cartas geográficas, memoria USB, libreta de Campo, wincha, flexómetro).

3.2.3. Software

Microsoft Word, Excel y Power Point version 2016, Google Earth Pro, Internet explorer, Microsoft Edge, Autocad civil 3D 2018, QGis 3.14, Hydrocalc, Trend, Chac, Hidroesta 2.

3.3. Características geomorfológicas

3.3.1. Suelos

Se pudo observar limos, arcillas, y rocas del lugar cercano al río.



Figura 16.- Suelo en la cuenca del río Llaucano

3.3.2. Cobertura y vegetación

En toda la cuenca existían pequeñas y medianas parcelas donde encontramos sembrío de maíz, frejol, habas, papa entre otros, existen árboles y arbustos como el pino, eucalipto, chilca entre otros, los cuales influyen en la retención de la cuenca y el caudal del río Llaucano.



Figura 17.- Vegetación en la cuenca del río Llaucano

3.3.3. Hidrología

La cuenca presenta gran cantidad de lagunas, puquios, quebradas y manantiales, las cuales tienen un área aproximada de 1.59 km², valor que se consideró en los cálculos del modelo hidrológico.

3.4. Alcances Metodológicos: Procedimiento

3.4.1. Tratamiento de información cartográfica

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

- ✓ Se utilizó el mapa cartográfico 14F y 14G-Bambamarca, a escala 1:100 000 proporcionados por la misma institución, (IGN Perú), también se obtuvo archivos raster de la zona en estudio recolectados por el satélite japonés Alos y sensor Palsar con un nivel de precisión de 12.5 m del lado por cada pixel, los mapas de redes hidrográficas, de estaciones meteorológicas y otros fueron elaborados en función de cartas digitalizadas y presentadas a escala 1:350000 y 1: 250000.
- ✓ Se delimitó la cuenca basándose en la ubicación de todos los puntos de mayor altitud, considerando que la línea divisoria de aguas o parteaguas es teóricamente una línea neutral de flujo.
- ✓ Se procesó la información cartográfica mediante Software y hallamos los parámetros geomorfológicos empleando las mismas metodologías del marco teórico, para cada caso (área, perímetro, altitud media, pendiente media, factor de forma, índice de compacidad y así en forma secuencial).
- ✓ Se utilizó como herramienta para todo este proceso el Software Qgis versión 3.14 e Hydrocalc versión 2.00.

3.4.2. Tratamiento de la información hidrometeorológica.

Recopilación de la información meteorológica

Para el estudio de la cuenca se utilizó diez (10) estaciones meteorológicas, las mismas que son administradas por Senamhi, se cuenta con el registro de precipitaciones totales mensuales desde el año 1968 hasta el 2019 (Ver tablas del anexo A.1).

La distribución espacial de las diez estaciones utilizadas en la presente investigación se muestra en la tabla 11 y figura 18.

Tabla 11: Coordenadas de las estaciones pluviométricas a utilizar para la cuenca Llaucano

COORDENADAS UTM -WGS84-17S				
N°	ESTACION	ESTE	NORTE	COTA
01	Bambamarca	774371.17	9261333.83	2536
02	Celendín	818090.31	9241879.67	2620
03	Chota	760027.18	9275695.03	2486.6
04	Chugur	750593.15	9262524.04	2744
05	La Encañada	794583.368	9211773.20	2980
06	Quebrada Honda	759685.97	9236665.70	3550
07	Quilcate	743144.32	9245963.65	3100
08	Granja Porcon	761454.79	9221904.77	3000
09	Quebrada Shugar	781156.08	9260038.99	3292.7
10	Augusto Weberbauer	776113.91	9207074.77	2536



Figura 18. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas

Procesamiento de información hidrometeorológica

El tratamiento de datos hidrometeorológicos (datos hidrométricos y pluviométricos) se realizó utilizando el software Trend para el análisis de consistencia y el software Chac versión 5.06 para la completación y extensión de los datos de forma secuencial, los cuales utilizan la teoría del capítulo II, planteando una secuencia de cálculos; los mismos que consideramos parte del trabajo de investigación.

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 Bambamarca, con la que se ha completado algunos datos faltantes y se ha extendido los valores de precipitación, alcanzando una data de 52 años; esta extensión se ha realizado para las demás estaciones.
- ✓ El análisis de consistencia, completación y extensión de la información pluviométrica se muestran en los anexos A.2 y A3, respectivamente.
- ✓ El análisis de consistencia de la información hidrométrica se muestra en el anexo A.2.

3.4.3. Procedimiento para el modelo de Lutz Scholz

Precipitación media mensual de la cuenca

El registro de la precipitación media mensual sobre la cuenca Llaucano fue obtenida mediante el método de Isoyetas-interpolación Kriging, significa entonces que se ha usado datos pluviométricos de las estaciones: Bambamarca, Celendin, Chota, Chugur, La Encañada, Quebrada Honda, Quebrada Shugar, Granja Porcón, Quilcate y Augusto Weberbauer, utilizando las ecuaciones (1) y (2).

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se estimó únicamente con el método de L-Turc discutido en el capítulo anterior, mediante la ecuación (47).

Precipitación Efectiva

El término precipitación efectiva implica sólo la fracción de la precipitación total que retiene el suelo y está disponible para la producción de cultivos, para lo cual el registro de precipitación mensual total es afectado por el coeficiente de escorrentía, según la ecuación (51); obteniéndose de esta forma, el registro de precipitación efectiva para la cuenca del río Llaucano.

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 cuenca del río Llaucano. Por el método de la Bureau Of Reclamation se eligieron las curvas de la figura (11) con sus respectivos coeficientes de la tabla (6) para hallar dicha precipitación.

Cálculo de la retención de la cuenca

Se calculó mediante la ecuación (54) utilizando los parámetros geomorfológicos de la cuenca. La retención en la cuenca se asemeja a una cuenca con agotamiento rápido, la ecuación utilizada para el cálculo del coeficiente de agotamiento es la (59).

Con el coeficiente de agotamiento hallado, se utilizaron las ecuaciones (62) y (63) para obtener la relación de caudales del flujo base en los meses de estiaje.

Para el gasto de la retención de la cuenca del Río Llaucano se hizo el cálculo mediante la ecuación (64).

De la tabla (7), descrita en el capítulo anterior, obtenemos los coeficientes de abastecimiento que le corresponden a la región de Cajamarca.

Su cálculo del abastecimiento de la retención fue por medio de la ecuación (65).

3.4.4. Generación de caudales

Caudales mensuales para el año promedio

Estos caudales se obtuvieron mediante la ecuación número (70) del marco teórico, en primer lugar se obtiene en unidades de (mm/mes) y mediante un proceso de conversión se cambia estas unidades a m³/s.

Caudales mensuales para un periodo extendido

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

- ✓ Con los caudales generados “ Q_t ”, “ Q_{t-1} y PE_t ”, se estimó los parámetros de la correlación múltiple B_1 , B_2 , B_3 , mediante las ecuaciones (75), (76), (77).
- ✓ Se halló el caudal estimado \hat{Q}_t mediante la ecuación (78).
- ✓ Se halló el error mensual por medio de la ecuación (79).

- ✓ Se halló el valor del parámetro Z por medio de las ecuaciones (80), (81) y (82).
- ✓ 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 según la ecuación (74).

Caudales observados de la estación hidrométrica Llaucano Corellama

Se ha obtenido los caudales medios mensuales para el periodo 1968-2019, a partir del registro de caudales diarios de la estación Llaucano-Corellama ubicada en el punto emisor de la cuenca del río Llaucano. Este registro de caudales nos ha brindado el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología a través de una documentación hecha por la Universidad Nacional de Cajamarca por motivos de trabajos de investigación científica.

3.4.5. Medición de la Confiabilidad: Medidas de bondad de Ajuste

Se ha determinado la confiabilidad de los caudales obtenidos con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz (caudales simulados), calculando las medidas de bondad de ajuste: Nash Sutcliffe y Error medio Bias, según la ecuación (83) y (87).

También se calcularon otros estadísticos como: el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación, el error medio absoluto y el error medio cuadrático que nos ayudan a determinar el nivel de confiabilidad, según las ecuaciones (85), (86), (88) y (89).

Según tablas (8), (9) y (84) de Nash Sutcliffe, Sesgo Bias y de niveles de confiabilidad respectivamente, hemos determinado la confiabilidad.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis Cartográfico

El área de la cuenca es de 608.69 Km² que es una extensión considerable para definir el nombre de esta zona como una cuenca. El factor de forma es de 0.34 indica que una lluvia intensa tiene poca probabilidad de abarcar toda la cuenca. El coeficiente de compacidad es de 1.86, asemejándose a la forma rectangular – oblonga, por lo que en tormentas extremas no habrá mayores daños por inundaciones y habrá menor vulnerabilidad al socavamiento. La altitud media de la cuenca es de 3497 m.s.n.m. La pendiente del cauce principal es de 2.37%. El número de orden de la red hidrográfica es de cuatro (4) según clasificación de Strahler. En la tabla n° 12 se presentan más resultados de los parámetros de nuestra cuenca.

Tabla 12.- Principales parámetros de la cuenca del Río Llaucano

Parámetros Geométricos			
Área de la cuenca	Km ²	608.69	
Perímetro de la cuenca	Km	163.936	
Parámetros Morfológicos			
Coeficiente o índice de compacidad	Adimensional	1.861	
Factor de forma	Adimensional	0.344	
Ancho promedio	Km	14.471	
Parámetros de relieve			
Altitud media	m	3497.32	
Altitud más frecuente	msnm	3801 – 3900	
Pendiente de la cuenca	%	28.21	
Parámetros de la red hídrica			
Longitud del cauce principal	Km	42.06	
Pendiente del cauce principal	%	2.37	
Parámetros generados			
Relación de longitudes	Adimensional	0.863	
Densidad de drenaje	Adimensional	0.593	
Frecuencia de ríos	Adimensional	0.311	
Tiempo de concentración	Horas	4.981	
Coeficiente orográfico	Adimensional	0.020	
Rectángulo equivalente	a	m	8.258
	b	m	73.710
Relación de confluencias	Adimensional	1.977	
Coeficiente de masividad	Adimensional	0.006	

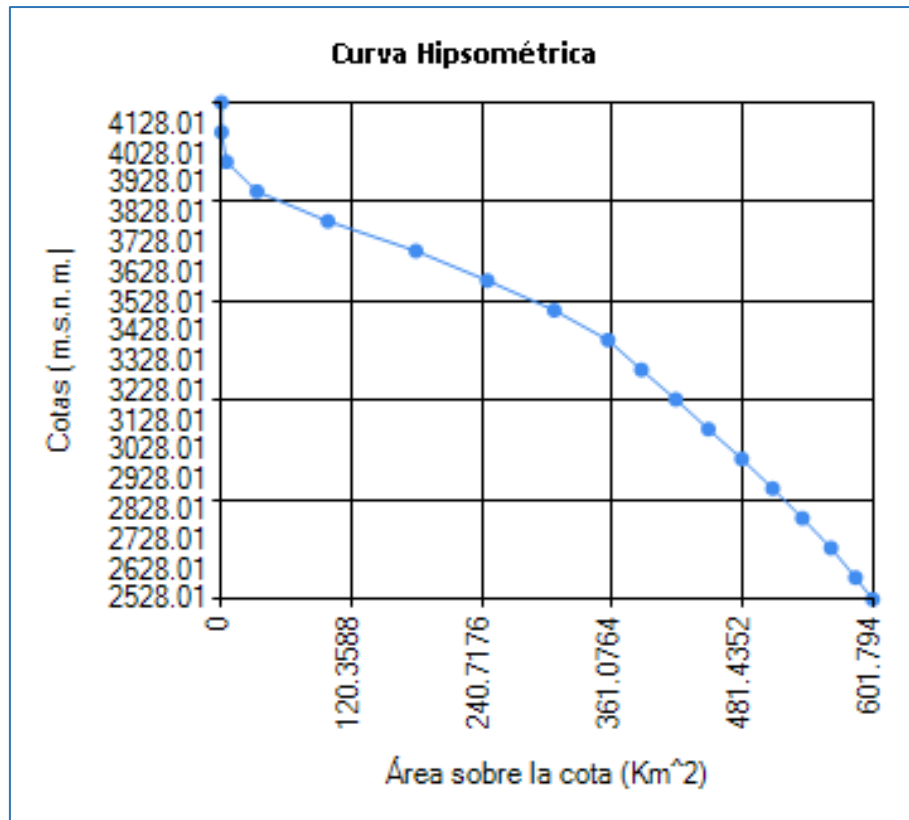


Figura 19. Curva hipsométrica

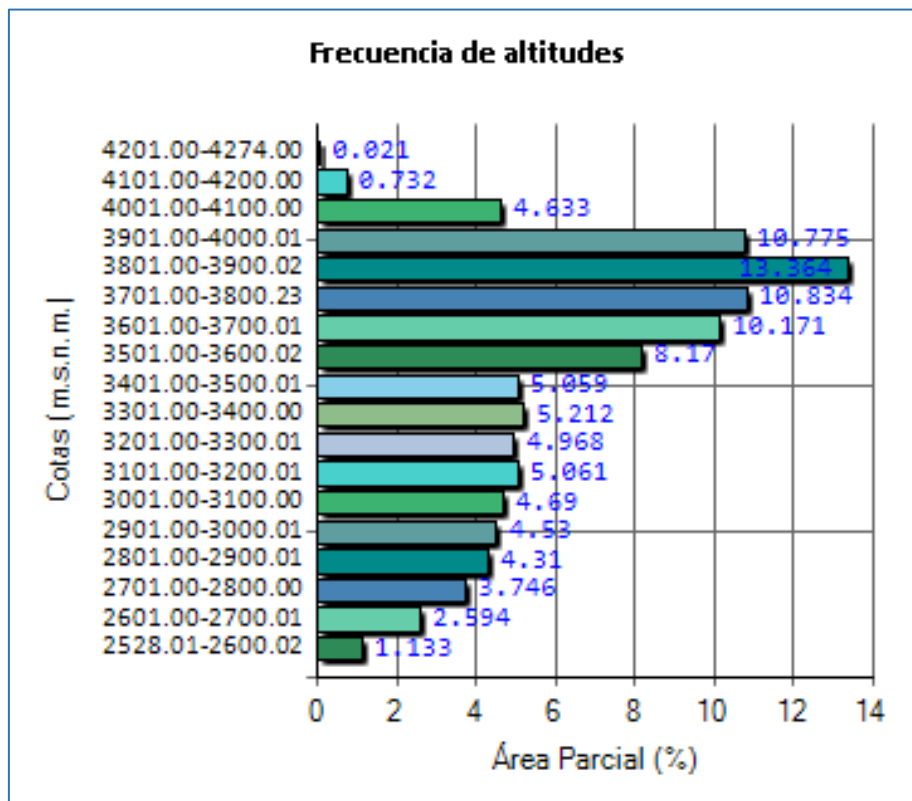


Figura 20. Frecuencia de altitudes

4.2. Tratamiento Estadístico

4.2.1. Consistencia de la información hidrometeorológica

El análisis visual gráfico y estadístico se realizó en el programa Trend para el registro de precipitaciones mensuales de cada estación pluviométrica y de caudales mensuales de la estación hidrométrica Llaucano- Corellama en el periodo de 1968 al 2019, finalmente se tiene los resultados obtenidos libre de saltos y tendencias en el anexo A.2.

4.2.2. Completación y extensión de la información meteorológica

El método utilizado para la completación y extensión de la información fue el de regresión múltiple y se realizó con el programa Chac. La información de la precipitación de las estaciones se extendió tomando como la estación base a la Estación Bambamarca por su largo periodo de registro de precipitaciones y por estar ubicada dentro de la cuenca. La precipitación mensual consistente, completa y extendida de cada una de las estaciones se presenta en el anexo A.3.

4.3. Modelos determinísticos parciales

Precipitación media mensual de la cuenca del Río Llaucano

Para hallar las precipitaciones medias mensuales desde enero de 1968 hasta diciembre de 2019 en la cuenca del Río Llaucano se utilizó el método de las isoyetas con interpolación de Kriging y se lo realizó en los programas Qgis e Hydracces.

Se delimitó la cuenca del río Llaucano y se ubicaron las diez estaciones meteorológicas con sus datos de precipitaciones para cada mes.

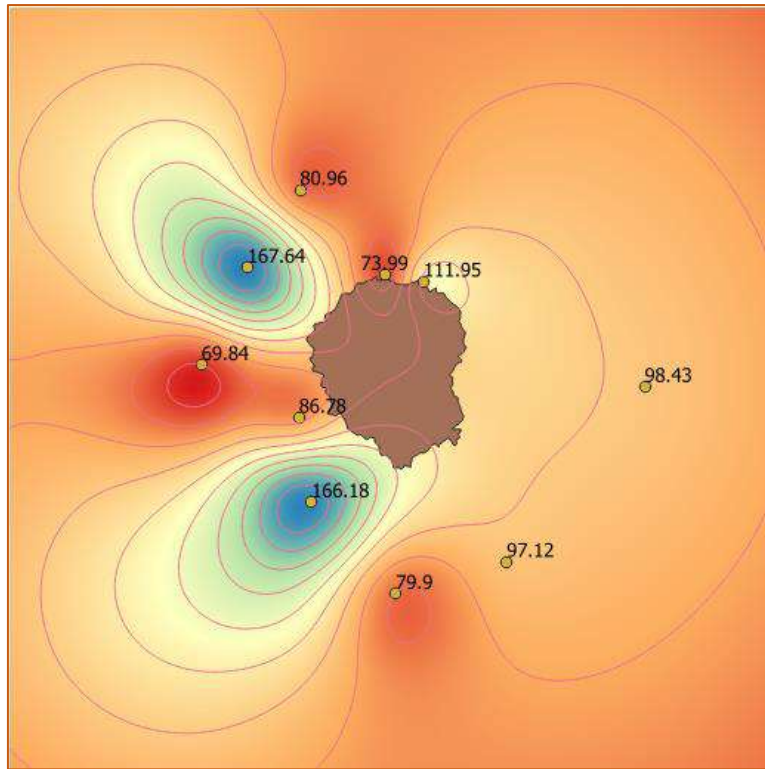


Figura 21. Generación de isoyetas en el programa Qgis

Al tener las líneas de precipitación o isoyetas, se obtuvo las áreas entre estas líneas y que no pasen el límite de la cuenca del río Llaucano.

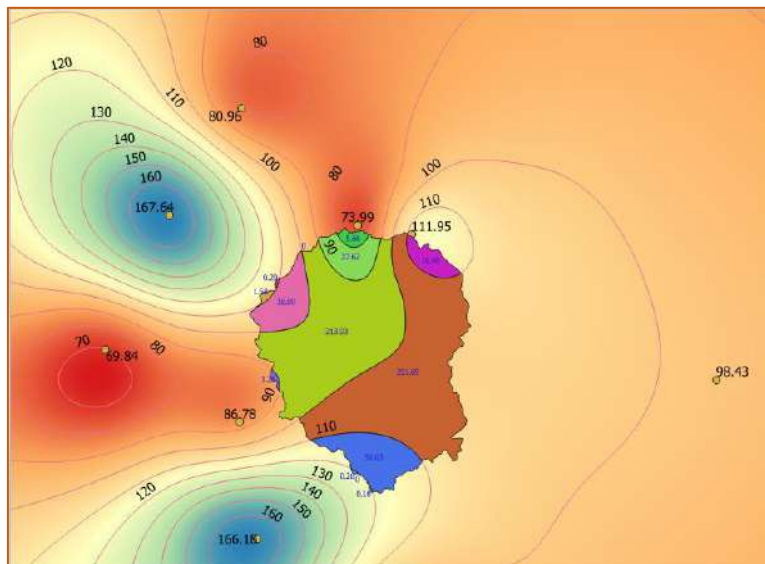


Figura 22. Áreas entre isoyetas obtenidas en el programa Qgis

Aplicando la ecuación (1) y (2) se obtuvo la precipitación media mensual para el mes de enero de 1968 igual a 71.60 mm.

Para obtener las precipitaciones medias mensuales de la cuenca del Río Llaucano para los 52 años (periodo 1968-2019), se utilizó el programa hydraces el cual utiliza el mismo método de interpolación kriging para graficar las isoyetas y para el reporte de los resultados.

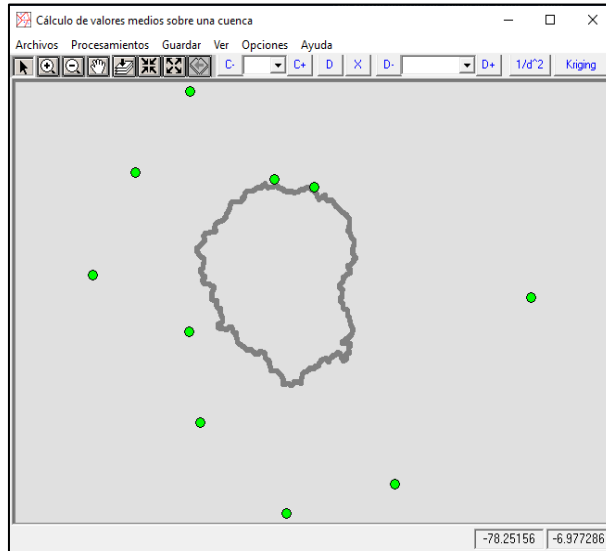


Figura 23. Ubicación de estaciones con el programa Hydraces

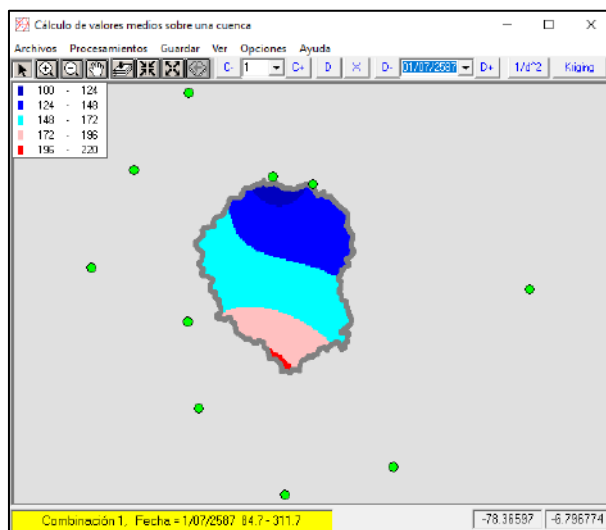


Figura 24. Obtención de precipitación media mensual con el programa Hydraces

La serie de precipitaciones medias mensuales obtenidas en la cuenca del río Llaucano se presenta en la tabla 13.

Tabla 13.- Precipitación media mensual sobre la cuenca del Río Llaucano

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1968	71.60	74.10	131.10	63.70	28.90	13.90	15.90	15.30	88.20	103.90	58.10	67.80
1969	51.60	85.30	93.40	126.30	22.30	42.40	7.60	20.00	44.20	93.10	159.90	101.20
1970	115.20	51.50	104.30	90.90	91.20	33.90	25.60	9.40	41.60	153.00	153.70	100.30
1971	122.60	102.60	300.80	124.90	64.10	46.80	31.70	14.00	45.90	123.90	106.10	107.10
1972	75.10	84.50	200.90	168.30	74.10	8.50	10.00	26.90	57.80	54.10	103.10	90.60
1973	91.30	90.00	146.00	135.40	31.20	33.80	33.30	36.70	85.40	79.80	90.60	86.40
1974	99.40	149.60	133.60	78.90	16.50	43.90	8.80	27.30	59.90	103.30	81.30	80.40
1975	100.30	141.90	222.40	119.80	85.40	48.10	29.40	27.80	39.50	93.00	74.90	26.80
1976	158.10	87.90	124.90	74.60	55.20	12.30	0.60	11.80	30.20	51.50	56.50	54.00
1977	130.60	139.50	122.70	82.00	35.60	6.90	2.30	3.40	26.60	84.10	116.20	78.40
1978	46.20	53.30	51.20	66.80	49.10	3.50	25.00	0.60	38.80	46.10	84.90	84.20
1979	55.30	68.50	188.80	74.10	46.00	2.10	20.40	27.80	62.80	13.50	38.30	47.50
1980	62.80	51.50	90.50	44.90	51.60	11.00	8.20	6.60	25.30	135.80	150.50	69.60
1981	63.40	141.40	127.50	78.90	55.10	33.30	11.00	36.00	20.80	113.10	71.40	83.50
1982	63.60	89.60	89.50	71.10	73.90	44.20	14.30	1.40	73.30	132.30	83.60	133.50
1983	133.60	47.00	170.30	107.30	48.80	25.60	13.40	12.30	40.80	61.90	90.70	147.40
1984	59.90	224.70	123.80	107.20	76.20	32.60	26.70	36.30	61.00	147.20	97.50	85.40
1985	70.50	76.00	77.20	69.40	35.30	39.10	15.10	23.60	50.70	65.80	57.70	114.90
1986	112.30	102.30	86.60	138.40	94.60	6.00	43.30	32.10	29.70	94.40	84.20	131.60
1987	156.40	102.70	98.60	65.70	27.00	9.90	41.10	29.60	54.10	79.00	150.10	63.70
1988	115.30	122.80	64.00	94.90	67.10	19.60	5.60	6.40	46.50	121.50	118.40	140.90
1989	161.30	153.60	202.80	131.30	34.10	19.20	4.20	6.10	67.90	146.30	57.80	18.40
1990	40.70	67.00	57.30	105.70	28.10	30.80	28.00	2.40	28.30	159.20	128.10	74.30
1991	59.40	95.40	178.10	118.80	56.00	8.80	9.90	0.50	37.20	46.00	68.40	112.20
1992	67.70	45.20	73.80	77.60	44.80	34.80	6.30	19.20	89.60	89.20	79.30	68.10
1993	106.40	95.10	248.50	158.50	65.30	28.80	8.10	31.90	64.20	114.50	128.00	165.60
1994	176.50	133.80	186.20	181.30	43.30	9.60	0.90	5.70	64.60	63.20	120.10	109.10
1995	64.80	114.60	126.90	55.60	80.50	20.60	20.90	6.50	44.00	91.10	90.50	168.50
1996	91.60	159.10	152.00	84.20	42.40	16.30	10.90	33.00	34.50	158.80	59.70	30.00
1997	94.90	113.60	88.20	120.60	41.40	24.60	2.00	6.10	37.20	75.30	135.90	156.40
1998	88.30	139.70	158.50	173.90	55.80	2.80	0.10	8.80	45.60	142.10	81.70	78.20
1999	114.50	242.80	87.60	86.50	85.80	72.30	12.70	4.10	101.40	28.70	102.60	128.10
2000	39.20	190.50	159.40	75.00	91.20	49.00	21.50	6.40	71.60	19.10	82.40	161.90
2001	196.60	80.30	232.70	101.10	53.60	5.70	4.50	6.50	66.30	110.10	159.40	112.40
2002	71.20	128.10	246.20	139.00	46.50	3.30	32.00	0.90	38.60	127.40	133.90	139.50
2003	80.80	130.40	113.10	73.00	55.60	44.10	6.80	36.30	38.70	71.70	123.80	93.30
2004	40.50	60.10	86.10	57.60	47.50	21.60	51.50	9.50	51.20	139.30	127.80	155.00
2005	107.30	135.40	204.30	97.40	31.20	12.00	4.30	5.70	39.00	123.00	49.10	118.80
2006	104.70	110.60	254.40	107.50	20.60	37.60	21.70	7.10	66.00	62.40	108.70	149.70
2007	118.80	52.30	225.80	132.80	46.80	0.50	25.70	25.50	22.80	120.10	160.50	97.40
2008	138.50	226.70	120.70	98.70	47.00	32.50	12.30	23.70	85.00	142.50	119.40	50.10
2009	233.70	98.90	149.80	111.50	64.00	33.50	10.80	7.70	28.00	126.60	144.50	114.60
2010	67.00	111.20	143.50	76.80	60.60	31.10	24.60	4.20	35.00	112.80	105.90	110.40
2011	67.80	95.10	184.30	162.30	36.70	7.60	33.90	14.10	75.60	69.40	84.00	158.00
2012	171.10	158.20	125.80	86.90	59.40	20.30	11.70	14.50	15.10	118.00	156.80	92.50
2013	84.80	118.50	202.50	112.20	99.40	8.50	11.80	40.20	13.50	147.80	16.90	149.60
2014	111.00	118.30	206.00	88.60	76.20	1.00	17.70	6.40	40.30	83.10	96.30	119.50
2015	159.40	56.60	286.60	87.50	85.10	6.80	11.50	14.50	10.00	37.50	107.80	80.20
2016	103.00	57.20	148.30	83.60	44.70	21.20	2.70	15.10	35.20	61.80	50.10	105.80
2017	154.90	111.10	195.60	139.00	76.00	36.30	1.30	28.60	41.90	114.70	93.20	79.30
2018	143.90	112.10	144.90	102.50	80.20	24.60	8.00	1.90	38.30	111.20	142.70	85.90
2019	76.00	142.10	229.60	91.80	53.60	28.60	11.40	1.20	20.70	151.50	100.20	154.70
PROM	101.76	110.39	153.22	101.97	55.43	23.30	15.75	15.38	47.51	98.36	100.83	102.55
DESV.E	43.51	45.65	61.19	32.26	20.98	16.03	12.05	12.02	21.20	38.44	35.01	37.79

Fuente: (Elaboración propia).

El promedio multianual de la precipitación mensual de la cuenca para el periodo 1968-2019 se muestra en la tabla 14.

Tabla 14.- Precipitación media total mensual sobre la cuenca del Río Llaucano

MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
PMTM	101.76	110.39	153.22	101.97	55.43	23.30	15.75	15.38	47.51	98.36	100.83	102.55	926.45

Fuente: (Elaboración propia).

Coefficiente de escorrentía

Se obtuvo la temperatura media anual de 12.6 °C, déficit de escurrimiento de 576.90 mm/año, el coeficiente de escorrentía de 0.38 (tabla 15).

Tabla 15.- Coeficiente de escorrentía

Temperatura Media Anual (°C)	T	12.6
Coefficiente de Temperatura	L	715.0
Déficit de escurrimiento (mm/año)	D	576.90
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	C	0.38

Fuente: (Elaboración propia).

Precipitación efectiva

Para obtener la precipitación efectiva mensual para el periodo 1968-2019 se afectó el coeficiente de escorrentía a todos los datos de precipitación media mensual de la cuenca. Se muestra en la tabla 16.

Tabla 16.- Precipitación efectiva mensual de la cuenca del río Llaucano periodo 1968-2019

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	27.01	27.96	49.46	24.03	10.90	5.24	6.00	5.77	33.28	39.20	21.92	25.58
1969	19.47	32.18	35.24	47.65	8.41	16.00	2.87	7.55	16.68	35.13	60.33	38.18
1970	43.46	19.43	39.35	34.30	34.41	12.79	9.66	3.55	15.70	57.73	57.99	37.84
1971	46.26	38.71	113.49	47.12	24.18	17.66	11.96	5.28	17.32	46.75	40.03	40.41
1972	28.33	31.88	75.80	63.50	27.96	3.21	3.77	10.15	21.81	20.41	38.90	34.18
1973	34.45	33.96	55.08	51.08	11.77	12.75	12.56	13.85	32.22	30.11	34.18	32.60
1974	37.50	56.44	50.41	29.77	6.23	16.56	3.32	10.30	22.60	38.97	30.67	30.33
1975	37.84	53.54	83.91	45.20	32.22	18.15	11.09	10.49	14.90	35.09	28.26	10.11
1976	59.65	33.16	47.12	28.15	20.83	4.64	0.23	4.45	11.39	19.43	21.32	20.37
1977	49.27	52.63	46.29	30.94	13.43	2.60	0.87	1.28	10.04	31.73	43.84	29.58
1978	17.43	20.11	19.32	25.20	18.52	1.32	9.43	0.23	14.64	17.39	32.03	31.77
1979	20.86	25.84	71.23	27.96	17.36	0.79	7.70	10.49	23.69	5.09	14.45	17.92
1980	23.69	19.43	34.14	16.94	19.47	4.15	3.09	2.49	9.55	51.24	56.78	26.26
1981	23.92	53.35	48.10	29.77	20.79	12.56	4.15	13.58	7.85	42.67	26.94	31.50
1982	24.00	33.81	33.77	26.83	27.88	16.68	5.40	0.53	27.66	49.92	31.54	50.37
1983	50.41	17.73	64.25	40.48	18.41	9.66	5.06	4.64	15.39	23.35	34.22	55.61
1984	22.60	84.78	46.71	40.45	28.75	12.30	10.07	13.70	23.01	55.54	36.79	32.22
1985	26.60	28.67	29.13	26.18	13.32	14.75	5.70	8.90	19.13	24.83	21.77	43.35
1986	42.37	38.60	32.67	52.22	35.69	2.26	16.34	12.11	11.21	35.62	31.77	49.65
1987	59.01	38.75	37.20	24.79	10.19	3.74	15.51	11.17	20.41	29.81	56.63	24.03
1988	43.50	46.33	24.15	35.80	25.32	7.39	2.11	2.41	17.54	45.84	44.67	53.16
1989	60.86	57.95	76.51	49.54	12.87	7.24	1.58	2.30	25.62	55.20	21.81	6.94
1990	15.36	25.28	21.62	39.88	10.60	11.62	10.56	0.91	10.68	60.06	48.33	28.03
1991	22.41	35.99	67.20	44.82	21.13	3.32	3.74	0.19	14.04	17.36	25.81	42.33
1992	25.54	17.05	27.84	29.28	16.90	13.13	2.38	7.24	33.81	33.65	29.92	25.69
1993	40.14	35.88	93.76	59.80	24.64	10.87	3.06	12.04	24.22	43.20	48.29	62.48
1994	66.59	50.48	70.25	68.40	16.34	3.62	0.34	2.15	24.37	23.84	45.31	41.16
1995	24.45	43.24	47.88	20.98	30.37	7.77	7.89	2.45	16.60	34.37	34.14	63.57
1996	34.56	60.03	57.35	31.77	16.00	6.15	4.11	12.45	13.02	59.91	22.52	11.32
1997	35.80	42.86	33.28	45.50	15.62	9.28	0.75	2.30	14.04	28.41	51.27	59.01
1998	33.31	52.71	59.80	65.61	21.05	1.06	0.04	3.32	17.20	53.61	30.82	29.50
1999	43.20	91.61	33.05	32.64	32.37	27.28	4.79	1.55	38.26	10.83	38.71	48.33
2000	14.79	71.87	60.14	28.30	34.41	18.49	8.11	2.41	27.01	7.21	31.09	61.08
2001	74.17	30.30	87.80	38.14	20.22	2.15	1.70	2.45	25.01	41.54	60.14	42.41
2002	26.86	48.33	92.89	52.44	17.54	1.25	12.07	0.34	14.56	48.07	50.52	52.63
2003	30.48	49.20	42.67	27.54	20.98	16.64	2.57	13.70	14.60	27.05	46.71	35.20
2004	15.28	22.68	32.48	21.73	17.92	8.15	19.43	3.58	19.32	52.56	48.22	58.48
2005	40.48	51.08	77.08	36.75	11.77	4.53	1.62	2.15	14.71	46.41	18.52	44.82
2006	39.50	41.73	95.98	40.56	7.77	14.19	8.19	2.68	24.90	23.54	41.01	56.48
2007	44.82	19.73	85.19	50.10	17.66	0.19	9.70	9.62	8.60	45.31	60.55	36.75
2008	52.25	85.53	45.54	37.24	17.73	12.26	4.64	8.94	32.07	53.76	45.05	18.90
2009	88.17	37.31	56.52	42.07	24.15	12.64	4.07	2.91	10.56	47.76	54.52	43.24
2010	25.28	41.95	54.14	28.98	22.86	11.73	9.28	1.58	13.21	42.56	39.95	41.65
2011	25.58	35.88	69.53	61.23	13.85	2.87	12.79	5.32	28.52	26.18	31.69	59.61
2012	64.55	59.69	47.46	32.79	22.41	7.66	4.41	5.47	5.70	44.52	59.16	34.90
2013	31.99	44.71	76.40	42.33	37.50	3.21	4.45	15.17	5.09	55.76	6.38	56.44
2014	41.88	44.63	77.72	33.43	28.75	0.38	6.68	2.41	15.20	31.35	36.33	45.09
2015	60.14	21.35	108.13	33.01	32.11	2.57	4.34	5.47	3.77	14.15	40.67	30.26
2016	38.86	21.58	55.95	31.54	16.86	8.00	1.02	5.70	13.28	23.32	18.90	39.92
2017	58.44	41.92	73.80	52.44	28.67	13.70	0.49	10.79	15.81	43.28	35.16	29.92
2018	54.29	42.29	54.67	38.67	30.26	9.28	3.02	0.72	14.45	41.95	53.84	32.41
2019	28.67	53.61	86.63	34.64	20.22	10.79	4.30	0.45	7.81	57.16	37.80	58.37
PROM.	38.39	41.65	57.81	38.47	20.91	8.79	5.94	5.80	17.92	37.11	38.04	38.69
DESV.E.	16.41	17.22	23.09	12.17	7.92	6.05	4.55	4.53	8.00	14.50	13.21	14.26

Fuente: (Elaboración propia).

La precipitación efectiva media mensual se determinó a partir del promedio mensual de todos los años y también por el método de la Oficina de Recuperación de los Estados Unidos USBR (United States Bureau Of Reclamation), se presenta en la tabla 17.

La distribución de la precipitación efectiva media mensual y la precipitación media total mensual en la cuenca del río Llaucano se presenta en figura 25.

Tabla 17.- Precip. efectiva de la cuenca del Río Llaucano (mm) periodo 1968-2019

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PME	38.61	46.02	84.85	38.78	10.81	3.78	2.74	2.68	8.35	35.83	37.84	39.27	349.54

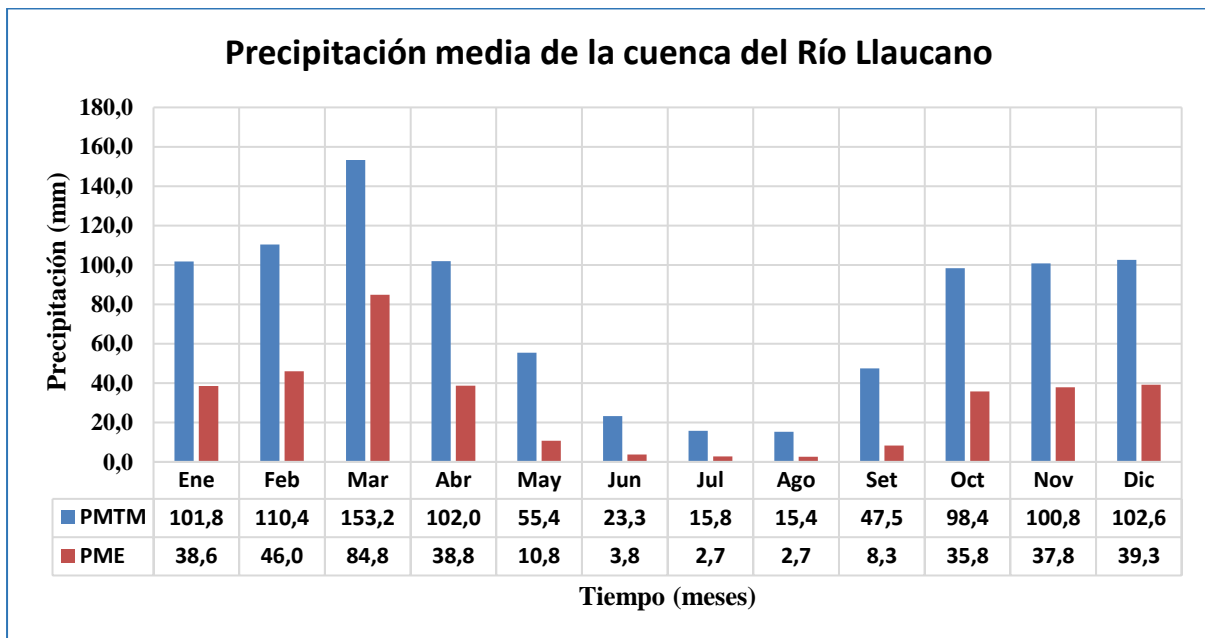


Figura 25.- Precipitación media total mensual (PMTM) y precipitación efectiva (PME) de la cuenca del río Llaucano

Retención en la Cuenca del río Llaucano

El cálculo de la Retención “R” arrojó un valor de 48.80 mm/año, este valor indica que la cuenca Llaucano tiene un agotamiento rápido, característicos de una vegetación y cobertura poco desarrollada. (Ver tabla 18).

Tabla 18.- Retención en la cuenca del río Llaucano

Coeficiente	Ca =	0.20	(%)
Área de la cuenca	AR =	608.69	(Km2)
Almacenamiento de acuíferos	LA =	237.50	(mm/año)
Pendiente del cauce principal	l =	0.0237	m/m
Área de la lagunas	AL =	1.59	(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 =	48.80	(mm/año)

Fuente: (Elaboración propia).

Coeficiente de agotamiento

Para vegetación poco desarrollada, su valor es 0.0138, ver en la tabla 19

Tabla 19.- Coeficiente de agotamiento

$(\alpha) = 0.0138 \text{ días}^{-1}$

Relación de caudales del flujo base

Se obtiene para los meses de estiaje que son desde mayo a setiembre.

Tabla 20.- Resultados de los coeficientes de aporte.

Mes	n° días	bo
Mayo	31	0.660
Junio	30	0.436
Julio	31	0.288
Agosto	31	0.190
Septiembre	30	0.125
suma	bm =	1.699

Fuente: (Elaboración propia).

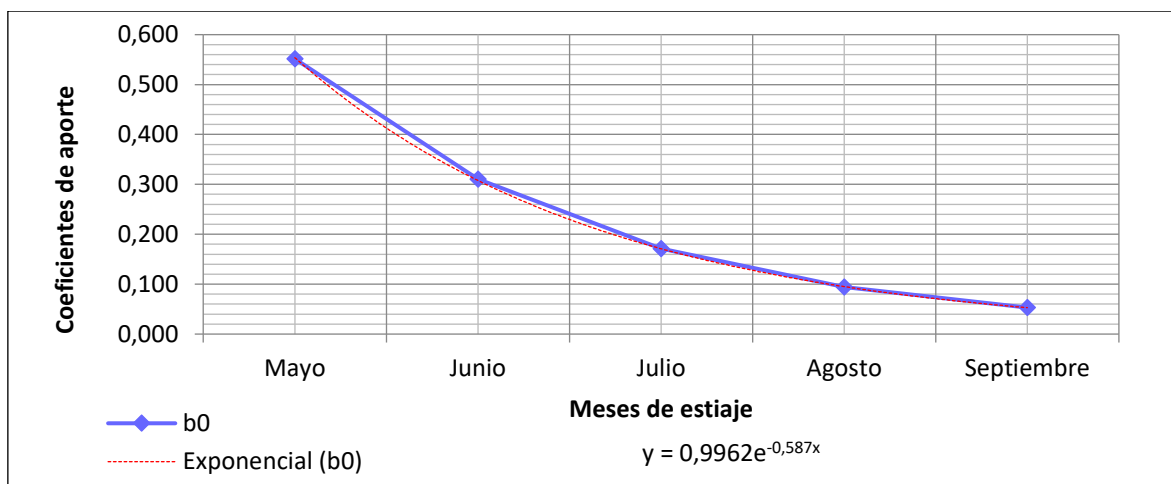


Figura 26.- Distribución de coeficientes de agotamiento en la cuenca Llaucano

Tabla 21.- Valores del gasto de retención (Gi) de la cuenca del rio Llaucano

Mes	n° dias	b0	Gi(mm/mes)
Mayo	31	0.660	19.40
Junio	30	0.436	12.80
Julio	31	0.288	8.50
Agosto	31	0.190	5.60
Septiembre	30	0.125	3.70

Tabla 22.- 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

Fuente: (Scholz, L. 1980).

Tabla 23.- Valores del abastecimiento de retención “Ai” de la cuenca del Río Llaucano

Mes	Días (t)	ai	Ai (mm/mes)
Octubre	31	0.25	12.50
Noviembre	30	-0.05	-2.50
Diciembre	31	0	0.00
Enero	31	0.2	10.00
Febrero	28	0.25	12.50
Marzo	31	0.35	17.50
Abril	30	0	0.00

4.4. Generación de caudales

Caudales mensuales para el año promedio

En la tabla 24 se muestran los parámetros que se han tenido en cuenta en la generación de caudales para el año promedio: precipitación efectiva de escurrimiento, el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la cuenca.

Tabla 24.- Caudales generados para el año promedio en la cuenca del río Llaucano

Mes	Nº días del mes	PP (mm)	PE (mm)	G (mm)	A (mm)	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)
Enero	31	101.76	38.61		10.00	28.61	6.72
Febrero	28	110.39	46.02		12.50	33.52	8.43
Marzo	31	153.22	84.85		17.50	67.35	15.30
Abril	30	101.97	38.78		0.00	38.78	9.11
Mayo	31	55.40	10.81	19.43		30.23	6.87
Junio	30	23.30	3.78	12.83		16.61	3.90
Julio	31	15.80	2.74	8.47		11.20	2.55
Agosto	31	15.40	2.68	5.59		8.27	1.88
Septiembre	30	47.50	8.35	3.69		12.04	2.83
Octubre	31	98.40	35.83		12.50	23.33	5.30
Noviembre	30	100.80	37.84		-2.50	40.34	9.47
Diciembre	31	102.60	39.27		0.00	39.27	8.92

Los caudales generados muestran de manera satisfactoria de que hay una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos: marzo con 15.30 m³/s y noviembre con 9.47 m³/s, y menores en los meses de estiaje: julio con 2.55 m³/s y agosto con 1.88 m³/s. La serie de caudales para el año promedio se presenta a continuación, en la figura 27.

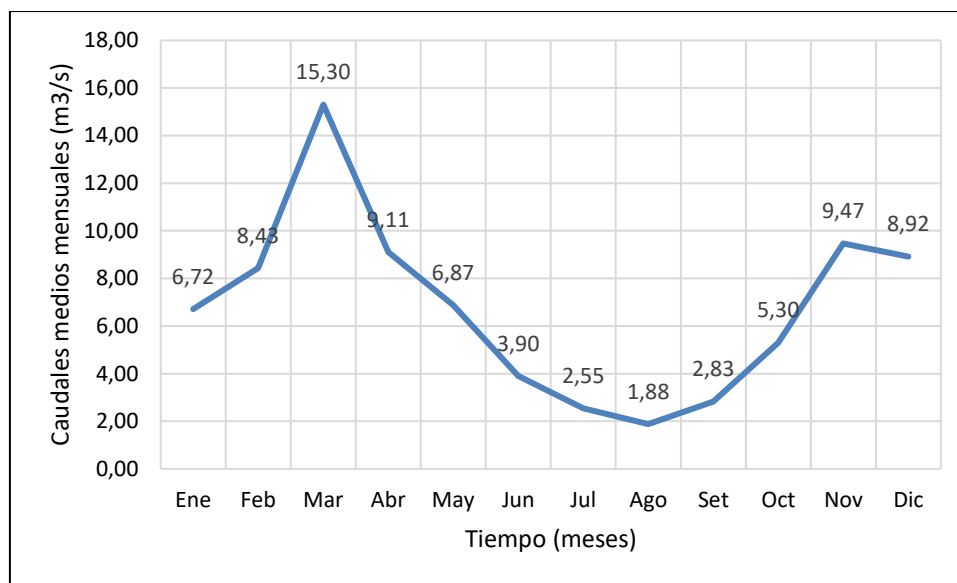


Figura 27.- Caudales generados o simulados del año promedio de la Cuenca-Llaucano.

Caudales mensuales para períodos extendidos

Los resultados de coeficientes estadísticos B1, B2, B3, S, r que encuentran en la tabla 26, se hizo a través de las ecuaciones de regresión múltiple de los caudales promedios mensuales generados (Q y Q t-1) y la precipitación efectiva promedio mensual (PEt) generadas en la aplicación del modelo que se muestra en la tabla 25.

Tabla 25.- Multiplicaciones de caudales y precipitación efectiva para obtención de B1, B2, B3

Mes	Qt	Qt-1	PEt	(Qt)/(Qt-1)	(Qt-1)/(PEt)	(Qt) (PEt)	(Qt-1)/(Qt-1)	(PEt)(PEt)
Ene	28.61	39.27	38.61	1123.20	1515.90	1104.30	1541.80	1490.40
Feb	33.52	28.61	46.02	958.80	1316.40	1542.50	818.30	2117.80
Mar	67.35	33.52	84.85	2257.40	2843.90	5713.90	1123.50	7198.70
Abr	38.78	67.35	38.78	2611.60	2611.60	1503.80	4535.40	1503.80
May	30.23	38.78	10.81	1172.50	419.00	326.70	1503.80	116.80
Jun	16.61	30.23	3.78	502.00	114.30	62.80	914.10	14.28
Jul	11.20	16.61	2.74	186.00	45.40	30.60	275.70	7.48
Ago	8.27	11.20	2.68	92.70	30.00	22.20	125.50	7.20
Set	12.04	8.27	8.35	99.60	69.10	100.50	68.40	69.70
Oct	23.33	12.04	35.83	280.90	431.40	836.20	144.90	1284.10
Nov	40.34	23.33	37.84	941.30	883.00	1526.50	544.50	1431.90
Dic	39.27	40.34	39.27	1584.00	1584.00	1541.80	1627.30	1541.80
Σ	349.54	349.54	349.54	11810.00	11864.00	14311.80	13223.30	16783.90

Se utilizaron las ecuaciones 74, 75, 76 para calcular los estadísticos B1, B2, B3, S, r, reemplazando tenemos los siguiente:

$349.5=12*B1+349.5*B2+349.5*B3$
$11810=349.5*B1+13223.3*B2+11864*B3$
$14311.8=349.5*B1+11864*B2+16783.9*B3$

Obteniendo los siguientes valores para B1, B2, B3.

B1=	6.1162
B2=	0.2206
B3=	0.5694

Según la ecuación 77 se tiene $\hat{Q}_t= 6.116+0.221*Q_{t-1}+0.569*PE_t$, obteniendo los siguientes valores para \hat{Q}_t .

Tabla 26.- Valores de \hat{Q}_t obtenidos por regresión múltiple.

Mes	Qt	Qt-1	P Et	\hat{Q}_t
Enero	28.61	39.27	38.61	36.76
Febrero	33.52	28.61	46.02	38.63
Marzo	67.35	33.52	84.85	61.82
Abril	38.78	67.35	38.78	43.05
Mayo	30.23	38.78	10.81	20.82
Junio	16.61	30.23	3.78	14.94
Julio	11.20	16.61	2.74	11.34
Agosto	8.27	11.20	2.68	10.11
Setiembre	12.04	8.27	8.35	12.69
Octubre	23.33	12.04	35.83	29.18
Noviembre	40.34	23.33	37.84	32.81
Diciembre	39.27	40.34	39.27	37.37

Coeficientes Estadísticos (Regresión múltiple)	
B1	6.1162
B2	0.2206
B3	0.5694
S^2_{Qt}	276.52
S	6.06
r	0.93
$(S)*\sqrt{1-r^2}$	2.21
n	12.00

Luego se calculó el error $e = Q_t - \hat{Q}_t$ según ecuación 78, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 27.- Valores de error mensual.

Mes	Q_t	\hat{Q}_t	e	e^2	Q_t^2
Enero	28.61	36.76	-8.15	66.50	818.26
Febrero	33.52	38.63	-5.11	26.12	1123.54
Marzo	67.35	61.82	5.52	30.51	4535.38
Abril	38.78	43.05	-4.27	18.27	1503.82
Mayo	30.23	20.82	9.41	88.56	914.13
Junio	16.61	14.94	1.67	2.78	275.73
Julio	11.20	11.34	-0.13	0.02	125.49
Agosto	8.27	10.11	-1.84	3.40	68.41
Setiembre	12.04	12.69	-0.66	0.43	144.92
Octubre	23.33	29.18	-5.84	34.12	544.49
Noviembre	40.34	32.81	7.53	56.70	1627.34
Diciembre	39.27	37.37	1.89	3.58	1541.81
Promedio	29.13	29.13	0.00	27.58.00	1101.94
Σ	349.54	349.53	0.01	331.00	13223.31

Fuente: (Elaboración propia).

Donde:

$$n=12$$

$$S=6.064$$

$$S^2_{Q_t}=276.523$$

$$r = 0.931$$

$$(S) \cdot \sqrt{1 - r^2} = 2.2116$$

$$Z = 2.2116 \cdot z$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$Q_t = 6.1162 + 0.2206 Q_{t-1} + 0.5694 PE_t + 2.2116z$$

Tabla 28.- Caudales mensuales generados en la cuenca del río Llaucano

Mes	CAUDALES GENERADOS			
	AÑO PROMEDIO		PERIODO EXTENDIDO	
	"APr"		"PEx"	
	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)	Qm (mm/mes)	Qm (m ³ /s)
Enero	28.61	6.72	36.24	8.51
Febrero	33.52	8.43	44.18	11.12
Marzo	67.35	15.30	63.79	14.50
Abril	38.78	9.11	44.47	10.44
Mayo	30.23	6.87	18.68	4.25
Junio	16.61	3.90	17.11	4.02
Julio	11.20	2.55	10.90	2.48
Agosto	8.27	1.88	11.88	2.70
Setiembre	12.04	2.83	11.66	2.74
Octubre	23.33	5.30	26.27	5.97
Noviembre	40.34	9.47	31.07	7.30
Diciembre	39.27	8.92	35.66	8.10

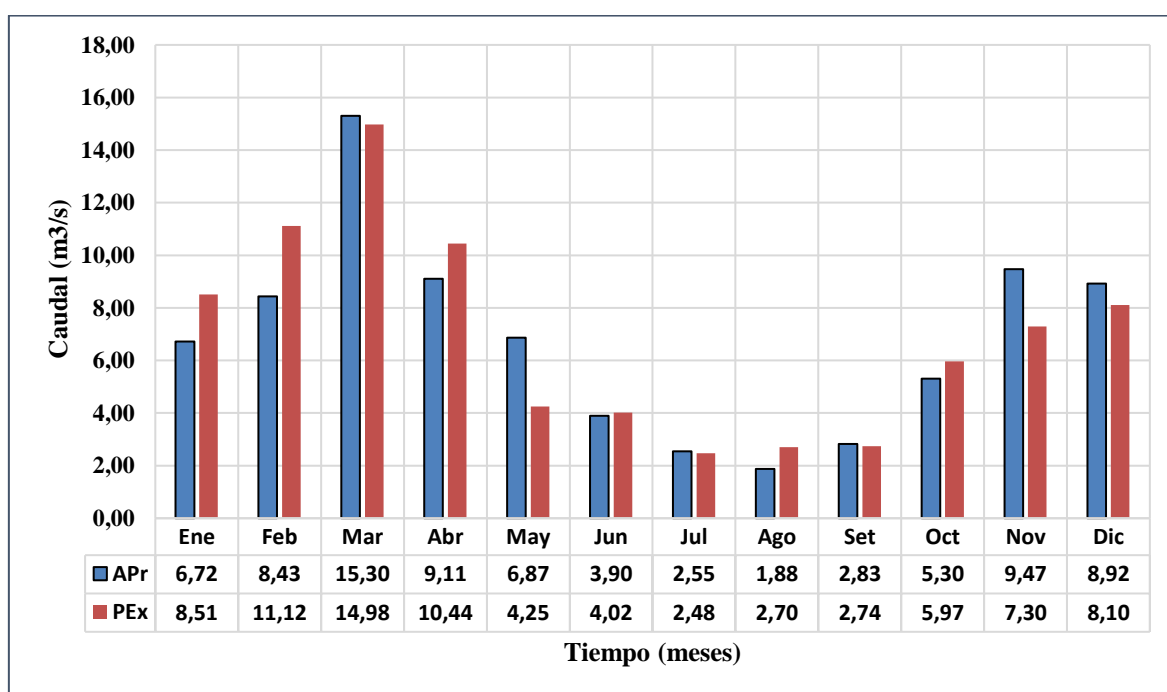


Figura 28.- Caudales mensuales generados en la cuenca del río Llaucano.

Para generar caudales medios mensuales para el periodo 1968-2019 se necesita valores de z: número aleatorio con una distribución normal.

Tabla 29.- Números con media 0 y desviación estándar de 1.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	-0.28	0.93	2.27	-1.08	-1.32	-0.06	0.52	-1.04	-0.70	0.58	-0.67	0.16
1969	-1.72	-0.16	-1.95	0.44	0.94	0.07	-1.33	-0.18	0.69	1.77	0.55	-1.45
1970	0.15	0.38	-0.45	-0.71	1.25	0.09	1.26	-1.01	-0.59	1.11	0.65	-0.92
1971	-0.79	2.25	0.80	-0.82	-0.05	0.22	-0.23	-0.67	-1.14	0.92	0.60	0.54
1972	-0.77	-0.87	0.16	0.14	1.19	0.29	1.38	-1.02	0.25	0.10	-1.01	0.47
1973	-0.25	0.23	0.78	-1.77	1.25	0.17	-2.29	-0.78	0.53	-0.59	1.53	1.33
1974	-0.45	-1.75	0.29	-0.22	2.07	-0.45	0.74	0.21	-0.20	-0.24	0.02	1.45
1975	-0.55	-0.21	0.49	-0.03	-1.93	0.78	-0.37	0.66	1.09	-0.44	1.61	-1.27
1976	1.51	-1.38	0.17	-0.91	-1.64	-1.28	-1.13	0.12	-1.10	-0.69	0.29	-1.84
1977	1.24	-0.42	-0.68	-0.52	0.53	0.21	1.35	1.01	-0.51	0.37	-0.09	-2.16
1978	-0.56	-0.50	-0.30	-0.51	1.27	-1.00	-0.19	-0.05	-0.67	-1.26	0.25	0.72
1979	-0.21	-0.70	-0.65	0.54	-0.17	1.25	0.18	1.19	0.87	-0.59	-1.03	-1.12
1980	-0.01	0.49	-1.01	-0.25	1.34	0.24	0.21	1.68	1.92	0.20	-1.27	-2.04
1981	0.76	0.02	-0.98	0.21	1.07	1.03	0.51	-0.13	0.28	0.05	-1.18	-0.72
1982	1.20	-0.78	-1.61	0.03	-0.46	0.24	-0.31	0.32	-0.27	-0.84	-1.78	-0.09
1983	0.66	0.25	-0.53	0.84	0.99	0.22	0.77	-0.43	-0.18	1.03	-2.14	-1.21
1984	1.39	-1.48	1.03	-0.02	-1.31	0.79	-0.21	-0.58	-0.45	2.01	-1.83	-0.66
1985	0.51	0.74	0.62	0.30	-1.10	-1.10	0.69	0.48	-1.26	-1.90	0.73	-0.42
1986	0.81	1.06	-1.31	-0.08	-0.15	0.46	0.64	-1.78	0.69	-1.67	-0.08	1.53
1987	-3.16	1.37	0.70	-0.63	0.66	-0.10	1.23	-0.78	0.98	-0.47	1.45	-0.75
1988	0.32	-1.68	1.35	0.00	1.53	-0.60	-1.65	0.33	1.27	-0.14	-1.14	-0.19
1989	-1.70	0.05	2.62	0.30	1.02	0.25	-0.37	0.28	-1.26	0.92	0.42	1.20
1990	-0.58	-0.03	-0.23	-0.53	-0.47	0.78	0.19	1.04	1.38	-2.36	0.06	-1.18
1991	1.06	0.72	-1.19	-2.26	-0.31	1.54	-0.34	2.18	-1.06	1.52	-0.36	-0.27
1992	0.95	-1.53	0.61	-1.21	0.99	-0.13	0.12	-1.14	-0.72	-0.21	0.78	-0.95
1993	-0.35	0.64	-0.81	-0.96	-0.76	0.35	-2.53	0.10	-1.18	1.74	1.01	-1.20
1994	0.27	-0.11	0.56	0.58	-0.55	0.05	-0.52	-0.92	-0.02	-0.46	-0.79	0.98

1995	-0.53	0.73	0.67	-0.66	-1.55	-1.15	0.28	-0.55	1.05	0.81	-0.67	-1.09
1996	1.40	-1.50	-0.90	0.10	0.39	-0.40	-2.30	1.01	-1.18	0.38	-0.11	1.95
1997	0.51	1.23	-0.80	-1.40	0.80	0.78	0.97	1.57	-0.73	0.79	-0.02	0.91
1998	-0.33	-1.85	1.22	1.28	-0.46	0.21	-1.77	-2.82	0.06	1.98	-0.56	0.46
1999	-1.95	-0.14	-0.51	-0.29	0.27	0.51	-0.49	1.16	-0.77	0.53	-0.31	-0.06
2000	0.89	-0.31	-2.03	-0.30	-1.69	0.10	1.45	0.36	1.51	-1.39	-1.79	-2.29
2001	1.88	0.76	0.90	-0.57	0.59	0.17	1.73	-0.55	-0.06	0.87	-0.45	-0.83
2002	1.36	-0.51	-0.27	-0.43	-0.28	0.37	2.46	-1.83	0.97	0.22	0.30	1.19
2003	0.83	-1.30	-1.32	0.96	0.45	0.69	1.11	-0.18	0.36	-1.42	0.62	0.80
2004	-0.37	0.20	-0.73	-0.01	1.25	-2.09	0.17	-1.63	-1.74	0.61	-0.78	-1.73
2005	-0.31	-0.19	-0.99	0.51	-0.64	-0.24	1.14	1.73	-0.83	0.14	1.63	0.78
2006	0.43	-1.56	0.26	0.61	1.01	-0.79	0.99	0.25	-0.22	-0.60	0.17	-0.84
2007	0.92	0.50	-0.16	1.75	-1.04	0.63	0.55	-0.08	-2.01	0.83	1.21	0.48
2008	0.45	-0.35	-0.17	1.28	0.36	-1.70	-0.38	-0.98	-1.01	0.09	1.14	-0.58
2009	0.65	1.69	-1.27	-1.40	-1.69	-0.12	0.88	-1.37	-0.10	-0.06	-0.68	-0.71
2010	0.13	0.35	-0.82	1.11	0.89	0.10	-1.35	0.02	0.82	0.08	-0.35	0.77

Los caudales mensuales generados desde el año 1968 al 2019 para la cuenca del río Llaucano se obtuvieron mediante la ecuación 73 y se muestran en la tabla 30, se utilizó la precipitación efectiva mensual de la tabla 16 y los números aleatorios normalmente distribuidos de la tabla 29. Para obtener los caudales medios mensuales utilizamos $Q_t=6.1162+0.2206Q_{t-1}+0.5694PE_t+2.2116z$.

Tabla 30.- Generación de caudales medios mensuales (m3/s) para la cuenca del Río Llaucano

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	6.75	7.66	10.45	6.47	3.52	2.91	3.05	2.29	6.05	8.04	5.85	6.03
1969	4.52	7.13	6.39	9.50	4.98	4.74	2.11	2.74	4.65	7.82	11.57	8.07
1970	9.17	6.70	7.59	7.38	8.05	5.03	4.35	2.30	3.75	10.22	11.86	8.35
1971	9.12	10.49	18.57	11.55	6.96	5.50	4.00	2.62	3.76	8.70	9.08	8.83
1972	6.84	7.24	12.72	12.90	8.36	3.92	3.41	2.94	5.15	5.18	7.29	7.61
1973	7.65	8.34	10.57	9.76	5.62	4.51	2.83	3.42	6.80	6.44	8.27	8.04
1974	8.05	10.55	10.16	7.62	4.86	4.52	3.16	3.53	5.16	7.41	7.24	7.59
1975	7.94	10.97	14.68	10.81	6.90	5.84	3.89	3.93	4.89	6.75	7.59	3.68
1976	11.04	8.13	9.19	6.82	4.72	2.47	1.38	2.33	2.92	4.18	5.39	4.25
1977	9.64	11.13	9.26	7.41	4.98	3.03	2.83	2.69	3.13	6.35	8.70	5.99
1978	4.84	5.28	4.79	5.63	5.63	2.37	3.02	2.06	3.52	3.76	6.71	7.29

1979	5.78	6.22	11.52	8.08	5.27	3.39	3.20	4.05	5.98	3.03	3.53	3.90
1980	5.49	5.89	6.47	5.05	5.66	3.40	2.62	3.13	4.43	9.06	10.43	5.99
1981	6.40	10.71	9.26	7.64	6.25	5.08	3.27	3.80	3.50	7.68	6.18	6.42
1982	6.73	7.54	6.45	6.51	6.16	5.19	3.04	2.29	5.52	8.60	6.69	9.29
1983	10.64	6.73	10.78	9.74	6.35	4.29	3.35	2.51	3.98	5.78	6.22	9.30
1984	7.30	14.59	10.86	9.31	6.44	4.96	3.65	3.68	5.12	10.68	7.84	6.90
1985	6.83	7.68	7.00	6.69	3.99	3.75	3.27	3.51	4.14	4.53	5.76	8.02
1986	9.35	9.87	6.92	9.95	8.06	3.81	4.64	3.09	4.00	6.01	7.01	10.08
1987	9.98	10.21	8.59	6.38	4.40	2.89	4.63	3.47	5.47	6.18	11.17	6.51
1988	8.90	9.34	7.06	7.83	7.11	3.73	1.63	2.23	4.95	8.31	8.71	10.03
1989	10.98	12.46	15.09	11.66	6.06	3.91	2.24	2.32	4.73	10.01	6.85	4.35
1990	4.18	6.13	5.30	7.70	4.17	4.35	3.78	2.86	4.23	8.88	9.95	6.55
1991	6.47	8.63	11.21	8.81	5.85	4.01	2.56	3.07	3.46	5.14	5.87	7.98
1992	7.17	4.83	6.26	6.15	5.39	4.35	2.69	2.35	6.12	6.94	7.43	5.82
1993	7.95	8.91	14.89	12.33	6.83	4.63	1.50	3.33	4.82	8.88	10.44	11.10
1994	13.01	11.79	13.11	13.87	6.19	3.36	1.89	1.62	5.06	5.32	8.30	8.98
1995	6.48	9.67	9.85	6.15	5.86	3.21	3.24	2.15	4.69	7.25	7.30	10.63
1996	9.20	11.48	10.65	8.17	5.40	3.28	1.46	3.83	3.44	10.07	6.69	5.26
1997	7.69	10.18	7.32	8.46	5.62	4.36	2.90	3.12	3.65	6.24	9.71	11.55
1998	8.35	10.03	11.74	13.55	6.78	3.23	1.20	0.66	3.92	10.16	7.59	7.06
1999	7.81	16.43	8.69	7.63	7.34	7.02	3.26	2.89	6.81	4.51	7.48	9.21
2000	5.98	13.08	10.76	7.51	6.60	5.46	4.34	2.84	6.48	3.01	5.35	9.29
2001	14.45	9.72	15.14	9.69	6.37	3.27	3.18	2.13	5.24	8.32	11.14	8.84
2002	7.75	10.01	15.27	11.71	6.02	3.16	4.86	1.59	4.25	8.63	10.32	11.00
2003	8.45	9.86	8.21	7.49	5.93	5.37	3.43	3.83	4.45	5.13	9.17	8.31
2004	5.18	6.12	6.45	5.81	5.58	2.71	4.57	2.04	3.58	9.26	9.59	10.13
2005	9.00	10.88	13.03	9.58	4.64	2.97	2.81	3.15	3.69	8.25	6.64	9.00
2006	9.00	8.78	15.69	10.75	5.20	4.11	3.83	2.71	5.27	5.26	8.20	10.03
2007	10.20	7.06	13.74	12.18	5.75	3.10	3.58	3.39	2.31	8.17	12.02	8.95

2008	10.70	16.13	10.41	9.45	5.88	3.54	2.55	2.62	5.80	9.63	10.25	5.73
2009	14.87	11.34	10.32	8.69	5.52	4.32	3.28	1.80	3.21	8.23	10.25	8.82
2010	6.90	9.37	9.85	8.13	6.53	4.54	2.88	2.24	4.14	7.82	8.38	8.96
2011	6.32	8.51	11.33	12.96	5.99	2.84	3.94	2.57	5.30	5.23	6.71	11.14
2012	12.69	13.01	9.75	8.19	6.26	3.01	2.22	2.56	3.09	7.49	10.98	7.95
2013	8.18	9.82	13.34	11.05	8.61	3.83	2.20	3.78	2.81	9.62	4.86	9.47
2014	8.98	10.56	13.64	8.99	7.09	3.03	2.85	3.11	4.08	5.69	7.58	7.91
2015	12.21	6.79	16.71	9.74	7.34	4.56	3.00	2.76	1.83	3.48	7.01	6.18
2016	8.61	6.52	10.04	8.02	5.55	3.74	1.38	2.88	3.58	4.99	4.80	7.95
2017	10.26	10.60	11.98	11.12	7.14	5.40	2.82	3.24	4.30	7.78	7.11	6.96
2018	9.25	10.08	9.88	8.32	7.53	4.00	2.34	1.73	2.91	8.02	9.53	7.63
2019	6.37	9.56	14.30	8.98	5.57	4.21	2.23	2.02	2.92	9.10	8.74	11.51
Max	14.87	16.43	18.57	13.87	8.61	7.02	4.86	4.05	6.81	10.68	12.02	11.55
Med	8.42	9.44	10.64	8.96	6.05	4.00	3.01	2.77	4.37	7.14	8.06	8.01
Min	4.18	4.83	4.79	5.05	3.52	2.37	1.20	0.66	1.83	3.01	3.53	3.68
D.Est.	2.37	2.54	3.18	2.18	1.09	0.97	0.90	0.71	1.14	2.04	2.01	1.97

Fuente: (Elaboración propia).

4.5. Caudales Observados

La estación hidrométrica automática Llaucano Corellama registra caudales diarios y a partir de ellos se ha determinado los caudales medios mensuales observados, se presenta los valores en la tabla 31.

Tabla 31.- Caudales observados en el punto emisor de la cuenca del Río Llaucano.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	5.37	11.53	20.29	3.47	3.49	1.39	1.02	0.91	2.36	8.11	5.11	2.91
1969	5.80	11.56	7.78	17.60	3.12	2.08	1.08	0.78	0.85	2.82	12.06	15.13
1970	11.12	9.76	12.30	10.93	9.44	3.74	1.91	1.04	1.19	6.44	23.58	22.39
1971	13.86	19.50	43.71	31.48	10.39	7.50	2.67	1.47	1.38	6.82	10.82	18.37
1972	9.29	8.14	37.15	26.87	12.62	4.17	2.29	1.48	2.05	3.04	5.30	10.78
1973	11.98	11.10	16.38	34.69	7.20	3.60	3.35	3.94	9.26	13.61	15.40	14.53
1974	20.54	41.64	31.39	15.73	4.12	2.38	1.78	1.59	1.63	10.54	7.51	10.63
1975	10.68	33.32	58.26	35.87	14.13	6.07	3.85	1.88	2.40	6.70	7.34	2.20
1976	16.24	16.96	25.00	17.61	4.98	2.37	1.24	1.02	0.97	0.95	1.74	2.22
1977	16.98	31.61	16.48	16.12	5.94	2.46	1.32	1.14	1.26	2.95	9.30	9.20

1978	3.98	3.56	3.14	7.64	7.55	1.89	1.46	0.90	1.14	1.23	3.89	8.12
1979	7.20	11.62	42.13	11.16	6.41	2.23	1.51	1.58	5.95	1.88	1.66	2.02
1980	4.04	10.61	8.40	8.04	2.10	1.32	0.98	0.75	0.75	8.27	19.98	22.10
1981	7.11	29.93	26.03	7.27	5.73	3.55	1.66	1.33	1.14	6.91	12.89	19.15
1982	9.94	15.68	10.33	12.32	5.80	3.29	1.69	0.97	2.32	12.62	14.99	26.93
1983	21.16	9.06	25.07	13.75	5.28	2.84	1.35	0.86	1.26	1.71	2.12	15.02
1984	4.58	43.31	27.73	14.20	11.35	2.51	1.75	0.56	1.39	5.02	3.28	5.93
1985	7.25	5.01	4.45	6.95	3.75	1.60	0.70	0.69	1.09	2.77	1.67	8.88
1986	8.79	14.40	9.12	16.39	4.74	2.05	0.78	0.88	0.69	1.57	4.14	4.30
1987	19.50	15.32	7.28	4.47	7.38	1.42	1.01	2.02	1.97	4.13	9.46	10.60
1988	15.16	25.85	18.63	16.56	6.09	1.88	0.81	0.73	0.63	2.28	7.72	5.82
1989	32.34	35.13	45.93	38.31	3.47	1.76	1.12	1.09	1.69	8.16	5.67	1.82
1990	2.79	3.45	3.09	7.08	4.93	4.27	2.01	0.93	0.64	8.12	13.01	16.20
1991	7.60	14.14	25.52	18.54	9.91	4.49	0.98	0.75	0.75	8.27	19.98	22.10
1992	9.94	15.68	10.33	12.32	5.80	3.29	1.65	1.13	3.32	62.53	14.05	7.67
1993	11.57	42.18	97.77	61.11	3.47	1.85	1.67	0.93	0.90	2.49	13.76	15.33
1994	24.19	18.40	31.98	30.39	5.10	2.20	1.43	1.08	1.02	1.50	5.03	11.62
1995	4.30	10.46	11.73	12.92	5.26	1.65	1.19	0.82	0.68	1.56	9.43	12.33
1996	27.17	42.59	28.11	18.91	6.51	2.59	1.38	1.21	1.13	4.41	5.68	2.64
1997	4.36	15.96	7.65	5.22	5.35	3.18	1.10	0.81	0.84	1.01	5.84	14.78
1998	11.87	24.18	32.89	17.14	7.51	3.21	1.68	1.02	0.90	0.96	9.41	2.38
1999	6.72	45.30	18.55	5.65	6.72	3.57	2.82	1.35	2.06	2.45	4.38	13.44
2000	4.24	31.61	32.89	15.09	12.25	4.76	2.53	1.52	3.76	2.28	1.09	10.20
2001	30.03	13.81	36.24	16.32	5.61	2.97	1.10	1.00	1.47	1.89	10.77	13.89
2002	7.52	12.73	33.68	23.46	7.35	2.67	1.50	1.12	1.15	5.10	11.11	21.77
2003	9.79	13.59	12.64	15.14	5.07	3.10	1.67	0.85	0.95	1.40	8.65	10.62
2004	7.54	7.37	7.93	11.08	4.69	2.12	1.82	1.23	1.83	5.28	18.06	18.43
2005	11.04	10.17	48.93	15.53	7.78	2.33	1.56	1.08	1.33	9.70	9.52	15.56
2006	14.99	18.37	47.79	38.06	4.18	3.53	1.81	1.39	1.38	2.38	3.86	19.18
2007	19.85	16.90	20.78	17.81	6.64	2.91	1.94	1.13	0.96	4.49	12.77	9.45
2008	14.71	21.92	19.61	17.53	9.07	6.30	2.03	1.46	3.27	5.03	12.52	9.47
2009	13.18	17.74	22.09	17.57	11.01	5.55	1.33	1.45	1.40	3.24	9.41	14.58
2010	7.83	11.50	13.20	14.23	10.38	3.23	2.49	1.52	1.99	3.99	9.77	7.65
2011	7.94	19.76	11.30	17.87	6.01	2.75	2.22	1.33	2.10	2.98	4.61	13.32
2012	47.80	11.62	14.24	18.85	10.05	3.65	2.69	1.42	1.74	5.68	18.17	13.24
2013	7.74	7.79	22.45	14.59	11.95	4.46	2.23	1.22	2.20	5.26	6.30	10.32
2014	7.65	9.69	9.12	16.39	4.74	2.05	0.78	0.88	0.69	1.57	10.77	13.89
2015	7.66	7.49	8.05	11.20	4.81	2.24	1.94	1.35	1.95	5.40	18.18	18.55
2016	10.90	10.03	48.79	15.39	7.64	2.19	1.42	0.94	1.19	9.56	9.38	15.42
2017	15.13	18.51	47.93	38.20	4.32	3.67	1.95	1.53	1.52	2.52	4.00	19.32
2018	19.71	16.76	20.64	17.67	6.50	2.77	1.80	0.99	0.82	4.35	12.63	9.31
2019	14.92	22.13	19.82	17.74	9.28	6.51	2.24	1.67	3.48	5.24	12.73	9.68

Fuente: (Elaboración propia).

4.6. Confiabilidad del Modelo Hidrológico Lutz Scholz

Se hizo la comparación de los caudales medios mensuales simulados con los caudales medios mensuales observados para el periodo de 1968-2019.

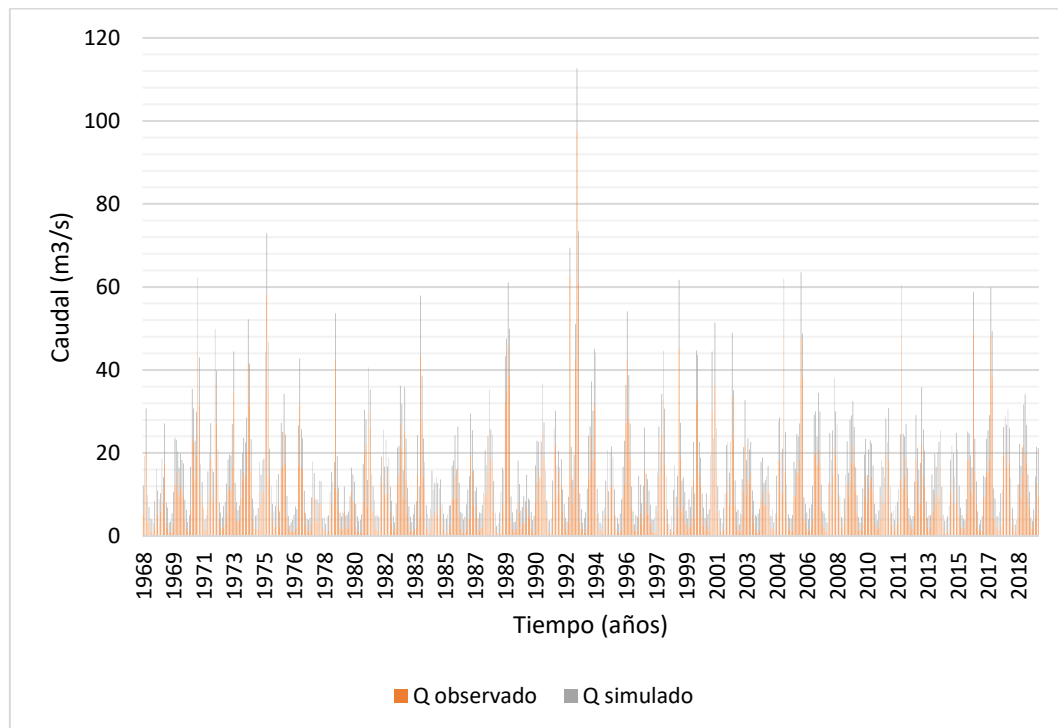


Figura 29.- Caudales generados vs caudales observados en la cuenca del río Llaucano.

Tabla 32.- Caudales promedio de la Estación Llaucano-Corellama (m3/s)

AÑO	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1968	3.49	1.39	1.02	0.91	2.36	8.11	5.11	2.91	5.37	11.53	20.29	3.47
1969	3.12	2.08	1.08	0.78	0.85	2.82	12.06	15.13	5.80	11.56	7.78	17.60
1970	9.44	3.74	1.91	1.04	1.19	6.44	23.58	22.39	11.12	9.76	12.30	10.93
1971	10.39	7.50	2.67	1.47	1.38	6.82	10.82	18.37	13.86	19.50	43.71	31.48
1972	12.62	4.17	2.29	1.48	2.05	3.04	5.30	10.78	9.29	8.14	37.15	26.87
1973	7.20	3.60	3.35	3.94	9.26	13.61	15.40	14.53	11.98	11.10	16.38	34.69
1974	4.12	2.38	1.78	1.59	1.63	10.54	7.51	10.63	20.54	41.64	31.39	15.73
1975	14.13	6.07	3.85	1.88	2.40	6.70	7.34	2.20	10.68	33.32	58.26	35.87
1976	4.98	2.37	1.24	1.02	0.97	0.95	1.74	2.22	16.24	16.96	25.00	17.61
1977	5.94	2.46	1.32	1.14	1.26	2.95	9.30	9.20	16.98	31.61	16.48	16.12
1978	7.55	1.89	1.46	0.90	1.14	1.23	3.89	8.12	3.98	3.56	3.14	7.64
1979	6.41	2.23	1.51	1.58	5.95	1.88	1.66	2.02	7.20	11.62	42.13	11.16
1980	2.10	1.32	0.98	0.75	0.75	8.27	19.98	22.10	4.04	10.61	8.40	8.04
1981	5.73	3.55	1.66	1.33	1.14	6.91	12.89	19.15	7.11	29.93	26.08	7.27
1982	5.80	3.29	1.69	0.97	2.32	12.62	14.99	26.93	9.94	15.68	10.33	12.32
1983	5.28	2.84	1.35	0.86	1.26	1.71	2.12	15.02	21.16	9.06	25.07	13.75
1984	11.36	2.51	1.75	0.56	1.39	5.02	3.28	5.93	4.58	43.31	27.73	14.20
1985	3.75	1.60	0.70	0.69	1.09	2.77	1.67	8.88	7.25	5.01	4.45	6.95
1986	4.74	2.05	0.78	0.88	0.69	1.57	4.14	4.30	8.79	14.40	9.12	16.39
1987	7.38	1.42	1.01	2.02	1.97	4.13	9.46	10.60	19.50	15.32	7.28	4.47
1988	6.09	1.88	0.81	0.73	0.63	2.28	7.72	5.82	15.16	25.85	18.63	16.56
1989	3.47	1.76	1.12	1.09	1.69	8.16	5.67	1.82	32.34	35.13	45.99	38.31
1990	4.93	4.27	2.01	0.93	0.64	8.12	13.01	16.20	2.79	3.45	3.09	7.08
1991	9.91	4.49	0.98	0.75	0.75	8.27	19.98	22.10	7.60	14.14	25.52	18.54
1992	5.80	3.29	1.65	1.13	3.32	62.53	14.05	7.67	9.94	15.68	10.33	12.32
1993	3.47	1.85	1.67	0.93	0.90	2.49	13.76	15.33	11.57	42.18	97.77	61.11
1994	5.10	2.20	1.43	1.08	1.02	1.50	5.03	11.62	24.19	18.40	31.98	30.39
1995	5.26	1.65	1.19	0.82	0.68	1.56	9.43	12.33	4.30	10.46	11.73	12.92
1996	6.51	2.59	1.38	1.21	1.13	4.41	5.68	2.64	27.17	42.59	28.11	18.91
1997	5.35	3.18	1.10	0.81	0.84	1.01	5.84	14.78	4.36	15.96	7.65	5.22
1998	7.51	3.21	1.68	1.02	0.90	0.96	9.41	2.38	11.87	24.18	32.89	17.14
1999	6.72	3.57	2.82	1.35	2.06	2.45	4.38	13.44	6.72	45.30	18.55	5.65
2000	12.25	4.76	2.53	1.52	3.76	2.28	1.09	10.20	4.24	31.61	32.89	15.09
2001	5.61	2.97	1.10	1.00	1.47	1.89	10.77	13.89	30.03	13.81	36.24	16.32
2002	7.35	2.67	1.50	1.12	1.15	5.10	11.11	21.77	7.52	12.73	33.68	23.46
2003	5.07	3.10	1.67	0.85	0.95	1.40	8.66	10.62	9.79	13.59	12.64	15.14
2004	4.69	2.12	1.82	1.23	1.83	5.28	18.06	18.43	7.54	7.37	7.93	11.08
2005	7.78	2.33	1.56	1.08	1.33	9.70	9.52	15.56	11.04	10.17	48.99	15.53
2006	4.18	3.53	1.81	1.39	1.38	2.38	3.86	19.18	14.99	18.37	47.79	38.06
2007	6.64	2.91	1.94	1.13	0.96	4.49	12.77	9.45	19.85	16.90	20.78	17.81
2008	9.07	6.30	2.03	1.46	3.27	5.03	12.52	9.47	14.71	21.92	19.61	17.53
2009	11.01	5.55	1.33	1.45	1.40	3.24	9.41	14.58	13.18	17.74	22.09	17.57
2010	10.38	3.23	2.49	1.52	1.99	3.99	9.77	7.65	7.83	11.50	13.20	14.23
2011	6.01	2.75	2.22	1.33	2.10	2.98	4.61	13.32	7.94	19.76	11.30	17.87
2012	10.05	3.65	2.69	1.42	1.74	5.68	18.17	13.24	47.80	11.62	14.24	18.85
2013	11.95	4.46	2.23	1.22	2.20	5.26	6.30	10.32	7.74	7.79	22.45	14.59
2014	4.74	2.05	0.78	0.88	0.69	1.57	10.77	13.89	7.65	9.89	9.12	16.39
2015	4.81	2.24	1.94	1.35	1.95	5.40	18.18	18.55	7.66	7.48	8.05	11.20
2016	7.64	2.19	1.42	0.94	1.19	9.56	9.38	15.42	10.90	10.03	48.79	15.39
2017	4.32	3.67	1.95	1.53	1.52	2.52	4.00	19.32	15.13	18.51	47.99	38.20
2018	6.50	2.77	1.80	0.99	0.82	4.35	12.63	9.31	19.71	16.76	20.64	17.67
2019	9.28	6.51	2.24	1.67	3.48	5.24	12.73	9.68	14.92	22.13	19.82	17.74
Promedio (m3/s)	6.83	3.12	1.70	1.21	1.74	5.75	9.48	12.14	12.57	18.20	24.28	17.82
Época	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 33.- Caudales promedio generados con Lutz Scholz (m3/s)

AÑO	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1968	3.52	2.91	3.05	2.29	6.05	8.04	5.85	6.03	6.75	7.66	10.45	6.47
1969	4.98	4.74	2.11	2.74	4.65	7.82	11.57	8.07	4.52	7.13	6.39	9.50
1970	8.05	5.08	4.35	2.30	3.75	10.22	11.86	8.35	9.17	6.70	7.59	7.38
1971	6.96	5.90	4.00	2.62	3.76	8.70	9.08	8.83	9.12	10.49	18.57	11.55
1972	8.36	3.92	3.41	2.94	5.15	5.18	7.29	7.61	6.84	7.24	12.72	12.90
1973	5.62	4.51	2.83	3.42	6.80	6.44	8.27	8.04	7.65	8.34	10.57	9.76
1974	4.86	4.52	3.16	3.53	5.16	7.41	7.24	7.59	8.05	10.55	10.16	7.62
1975	6.90	5.84	3.89	3.93	4.89	6.75	7.59	3.68	7.94	10.97	14.68	10.81
1976	4.72	2.47	1.38	2.33	2.92	4.18	5.39	4.25	11.04	8.13	9.19	6.82
1977	4.98	3.08	2.83	2.69	3.13	6.35	8.70	5.99	9.64	11.13	9.26	7.41
1978	5.63	2.37	3.02	2.06	3.52	3.76	6.71	7.29	4.84	5.28	4.79	5.63
1979	5.27	3.39	3.20	4.05	5.98	3.03	3.53	3.90	5.78	6.22	11.52	8.08
1980	5.66	3.40	2.62	3.13	4.43	9.06	10.43	5.99	5.49	5.89	6.47	5.05
1981	6.25	5.08	3.27	3.80	3.50	7.68	6.18	6.42	6.40	10.71	9.26	7.64
1982	6.16	5.19	3.04	2.29	5.52	8.60	6.69	9.29	6.73	7.54	6.45	6.51
1983	6.35	4.29	3.35	2.51	3.98	5.78	6.22	9.30	10.64	6.73	10.78	9.74
1984	6.44	4.96	3.65	3.68	5.12	10.68	7.84	6.90	7.30	14.59	10.86	9.31
1985	3.99	3.75	3.27	3.51	4.14	4.53	5.76	8.02	6.83	7.68	7.00	6.69
1986	8.06	3.81	4.64	3.09	4.00	6.01	7.01	10.08	9.35	9.87	6.92	9.95
1987	4.40	2.89	4.63	3.47	5.47	6.18	11.17	6.51	9.98	10.21	8.59	6.38
1988	7.11	3.73	1.63	2.23	4.95	8.31	8.71	10.03	8.90	9.34	7.06	7.83
1989	6.06	3.91	2.24	2.32	4.73	10.01	6.85	4.35	10.98	12.46	15.09	11.66
1990	4.17	4.35	3.78	2.86	4.23	8.88	9.95	6.55	4.18	6.13	5.30	7.70
1991	5.85	4.01	2.56	3.07	3.46	5.14	5.87	7.98	6.47	8.68	11.21	8.81
1992	5.39	4.35	2.69	2.35	6.12	6.94	7.43	5.82	7.17	4.88	6.26	6.15
1993	6.83	4.68	1.50	3.33	4.82	8.88	10.44	11.10	7.95	8.91	14.89	12.33
1994	6.19	3.36	1.89	1.62	5.06	5.32	8.30	8.98	13.01	11.79	13.11	13.87
1995	5.86	3.21	3.24	2.15	4.69	7.25	7.30	10.63	6.48	9.67	9.85	6.15
1996	5.40	3.28	1.46	3.83	3.44	10.07	6.69	5.26	9.20	11.48	10.65	8.17
1997	5.62	4.36	2.90	3.12	3.65	6.24	9.71	11.55	7.69	10.18	7.32	8.46
1998	6.78	3.23	1.20	0.66	3.92	10.16	7.59	7.06	8.35	10.03	11.74	13.55
1999	7.34	7.02	3.26	2.89	6.81	4.51	7.48	9.21	7.81	16.43	8.69	7.63
2000	6.60	5.46	4.34	2.84	6.48	3.01	5.35	9.29	5.98	13.08	10.76	7.51
2001	6.37	3.27	3.18	2.13	5.24	8.32	11.14	8.84	14.45	9.72	15.14	9.69
2002	6.02	3.15	4.86	1.59	4.25	8.63	10.32	11.00	7.75	10.01	15.27	11.71
2003	5.93	5.37	3.43	3.83	4.45	5.13	9.17	8.31	8.45	9.86	8.21	7.49
2004	5.58	2.71	4.57	2.04	3.58	9.26	9.59	10.13	5.18	6.12	6.45	5.81
2005	4.64	2.97	2.81	3.15	3.69	8.25	6.64	9.00	9.00	10.88	13.03	9.58
2006	5.20	4.11	3.83	2.71	5.27	5.26	8.20	10.03	9.00	8.78	15.69	10.75
2007	5.75	3.10	3.58	3.39	2.31	8.17	12.02	8.95	10.20	7.06	13.74	12.18
2008	5.88	3.54	2.55	2.62	5.80	9.63	10.25	5.73	10.70	16.13	10.41	9.45
2009	5.52	4.32	3.28	1.80	3.21	8.23	10.25	8.82	14.87	11.34	10.32	8.69
2010	6.53	4.54	2.88	2.24	4.14	7.82	8.38	8.96	6.90	9.37	9.85	8.13
2011	5.99	2.84	3.94	2.57	5.30	5.23	6.71	11.14	6.32	8.51	11.33	12.96
2012	6.26	3.01	2.22	2.56	3.09	7.49	10.98	7.95	12.69	13.01	9.75	8.19
2013	8.61	3.88	2.20	3.78	2.81	9.62	4.86	9.47	8.18	9.82	13.34	11.05
2014	7.09	3.08	2.85	3.11	4.08	5.69	7.58	7.91	8.98	10.56	13.64	8.99
2015	7.34	4.56	3.00	2.76	1.83	3.48	7.01	6.18	12.21	6.79	16.71	9.74
2016	5.55	3.74	1.38	2.88	3.58	4.99	4.80	7.95	8.61	6.52	10.04	8.02
2017	7.14	5.40	2.82	3.24	4.30	7.78	7.11	6.96	10.26	10.60	11.98	11.12
2018	7.53	4.00	2.34	1.73	2.91	8.02	9.53	7.63	9.25	10.08	9.88	8.32
2019	5.57	4.21	2.23	2.02	2.92	9.10	8.74	11.51	6.37	9.56	14.30	8.98
Promedio (m3/s)	6.05	4.00	3.01	2.77	4.37	7.14	8.06	8.01	8.42	9.44	10.64	8.96
Época	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Estiaje	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa	Lluviosa

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 34.- Caudales promedio simulados según la época (m3/s)

Época	Estiaje					Lluviosa						
Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Promedio (m3/s)	6.05	4.00	3.01	2.77	4.37	7.14	8.06	8.01	8.42	9.44	10.64	8.96
Promedio (m3/s)	4.04					8.67						

Tabla 35.- Caudales promedio observados según la época (m3/s)

Época	Estiaje					Lluviosa						
Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Promedio (m3/s)	6.83	3.12	1.70	1.21	1.74	5.75	9.43	12.14	12.57	18.20	24.28	17.82
Promedio (m3/s)	2.92					14.31						

Tabla 36.- Porcentaje de variación de caudales simulados por cada mes

Época	Estiaje					Lluviosa						
Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Diferencia de caudal (m3/s)	-0.77	0.89	1.31	1.56	2.62	1.39	-1.37	-4.13	-4.15	-8.76	-13.64	-8.86
Variación	-0.11	0.28	0.77	1.29	1.50	0.24	-0.15	-0.34	-0.33	-0.48	-0.56	-0.50
% de variación	-11.31%	28.39%	77.08%	129.29%	150.15%	24.10%	-14.52%	-34.05%	-33.05%	-48.15%	-56.19%	-49.71%

Tabla 37.- Porcentaje de variación de caudales simulados según la época

Época	Estiaje	Lluviosa
Diferencia de caudal (m3/s)	1.12	-5.65
variación	0.38	-0.39
% de variación	38.38%	-39.46%

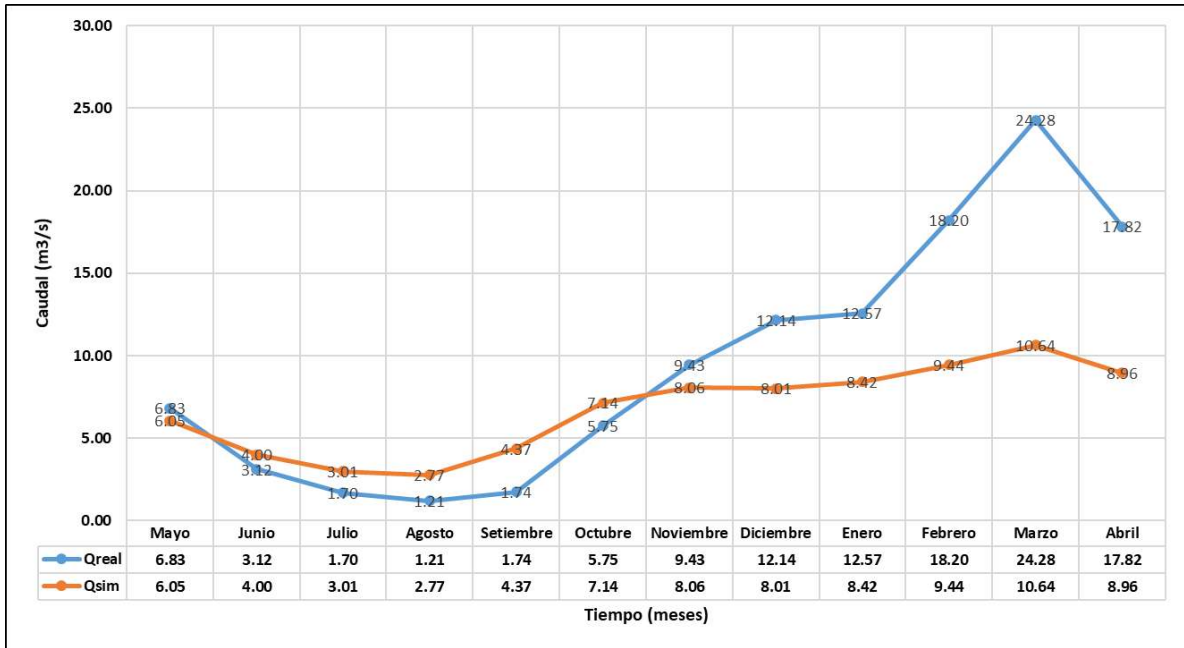


Figura 30.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados (1).

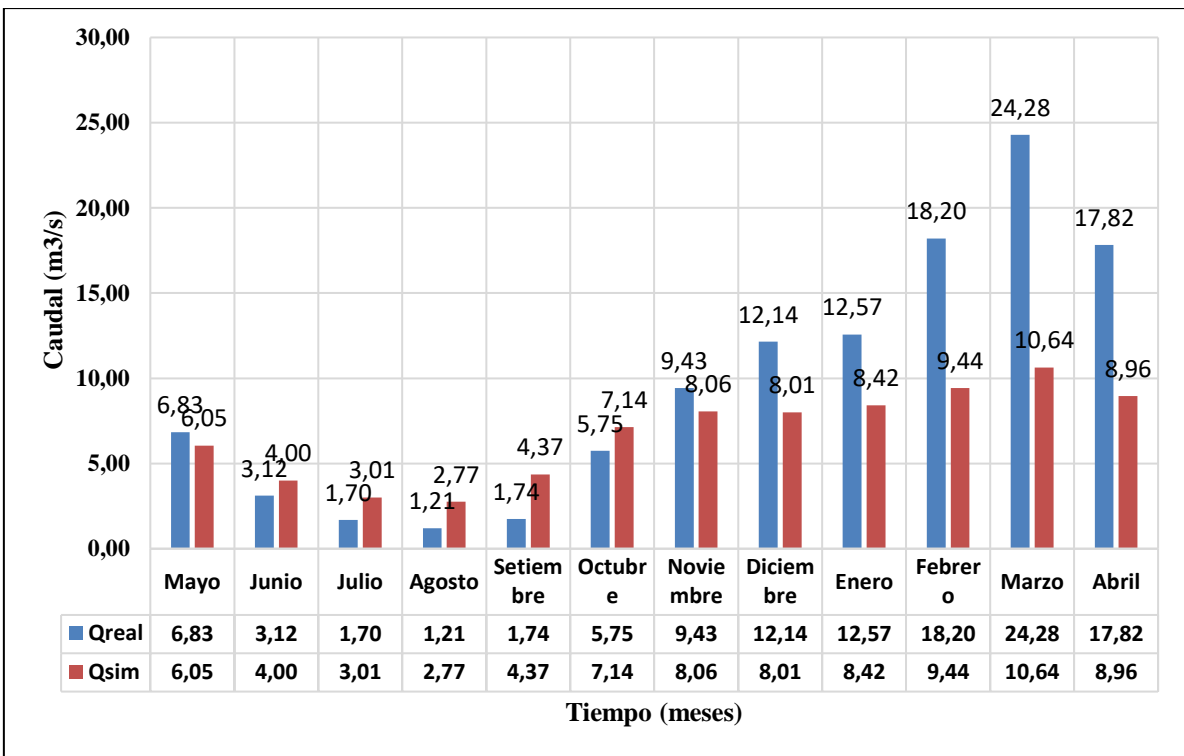


Figura 31.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados (2).

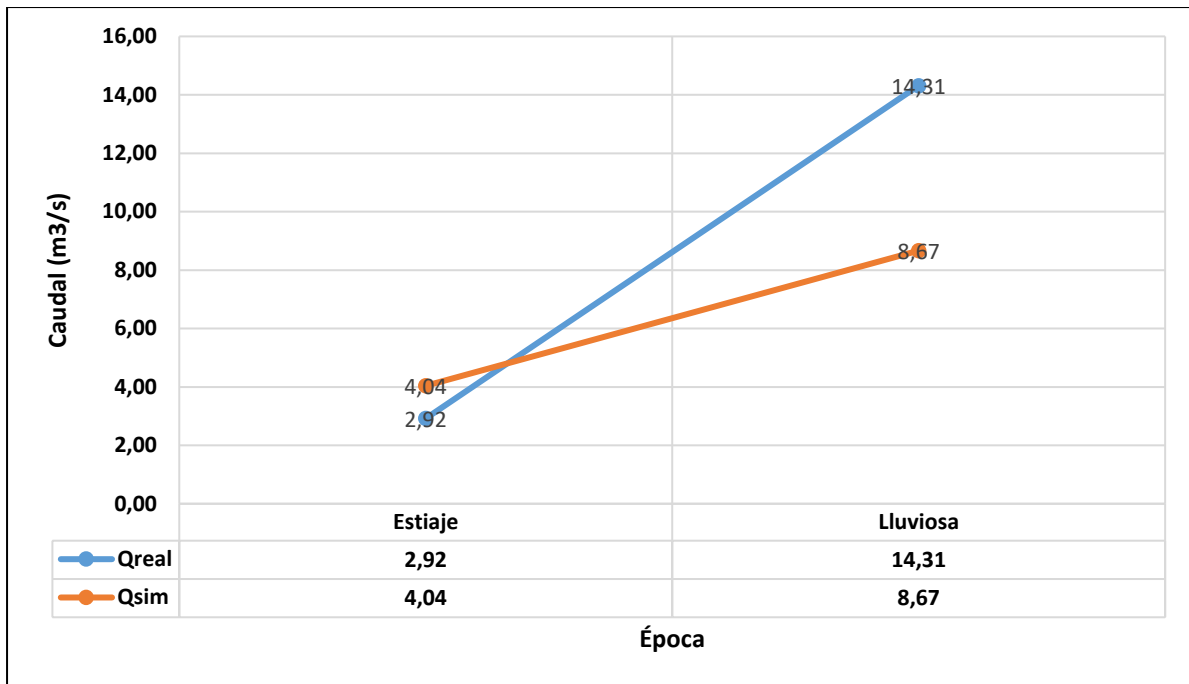


Figura 32.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados según la época (1).

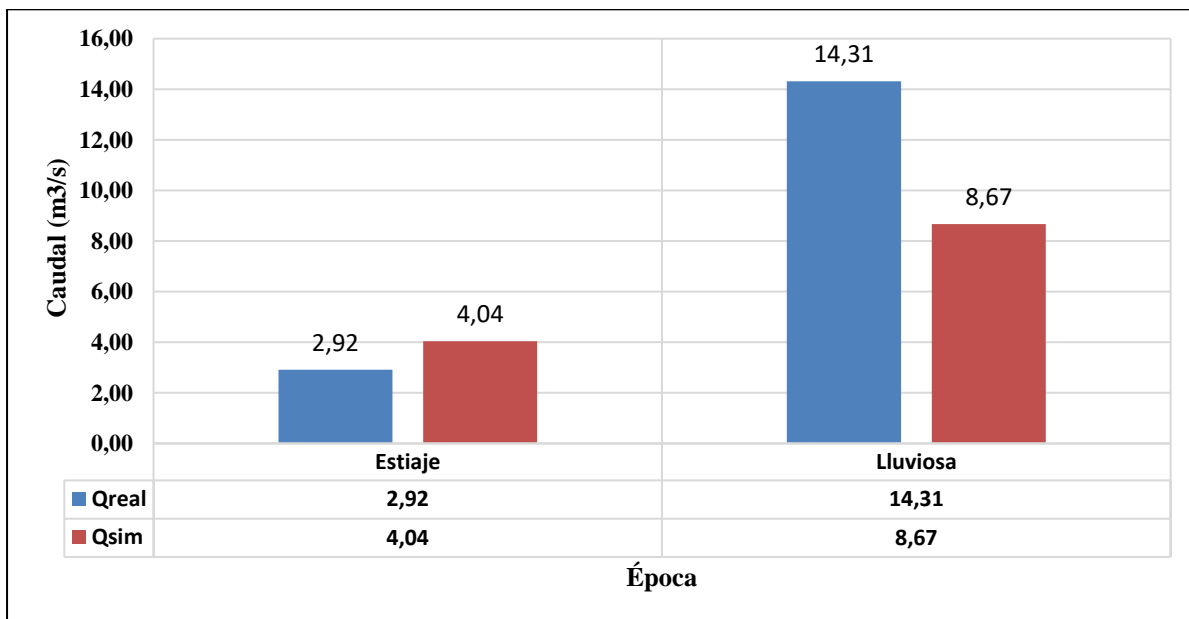


Figura 33.- Promedio de caudales simulados vs promedio de caudales observados según la época (2).

Se calculó las medidas de bondad de ajuste para determinar la confiabilidad del modelo hidrológico Lutz Scholz.

Eficiencia de Nash y Sutcliffe: Se obtuvo un valor de 0.281.

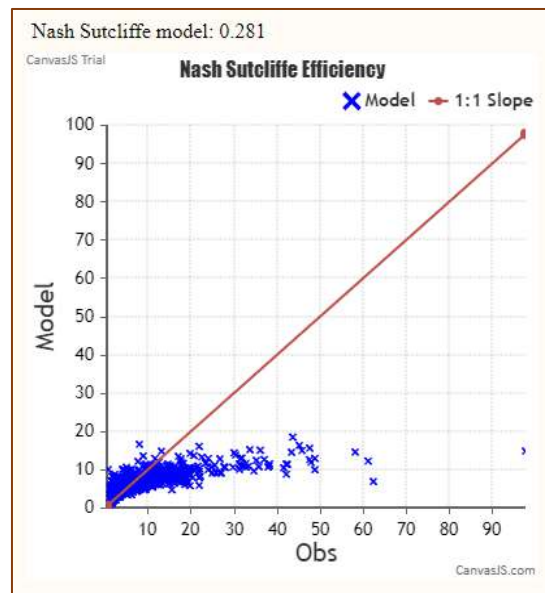


Figura 34.- Eficiencia de Nash de caudales generados vs caudales observados.

El coeficiente de correlación: Se obtuvo un valor de 0.741

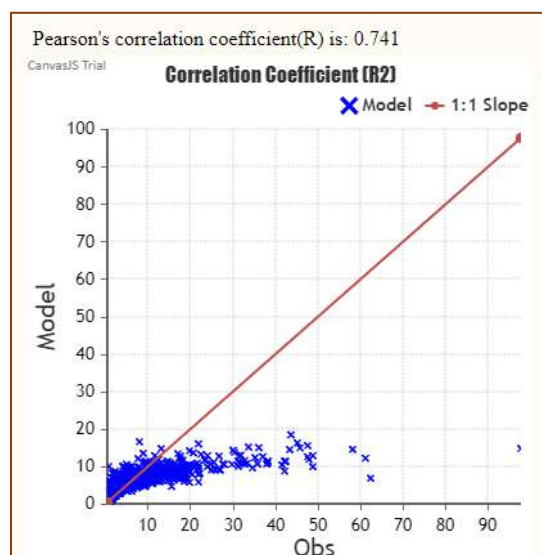


Figura 35.- Coeficiente de correlación de caudales generados vs caudales observados.

El coeficiente de determinación: El coeficiente de determinación nos arrojó un valor de 0.55

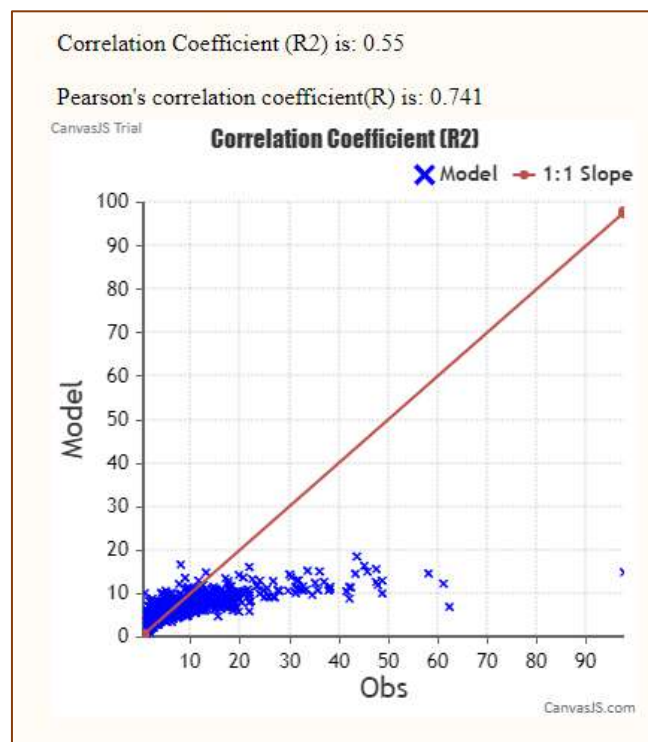


Figura 36- Coeficiente de determinación de caudales generados vs caudales observados.

El error medio Bias: Sesgo Bias: El sesgo Bias nos arrojó un valor de -2.828

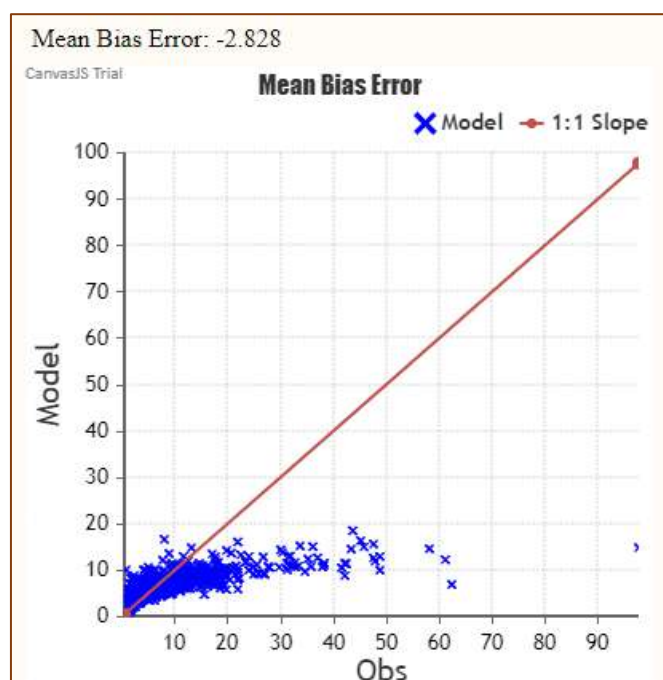


Figura 37.- Error medio Bias de caudales generados vs caudales observados.

El error medio absoluto: El error medio absoluto nos arrojó un valor de 5.05

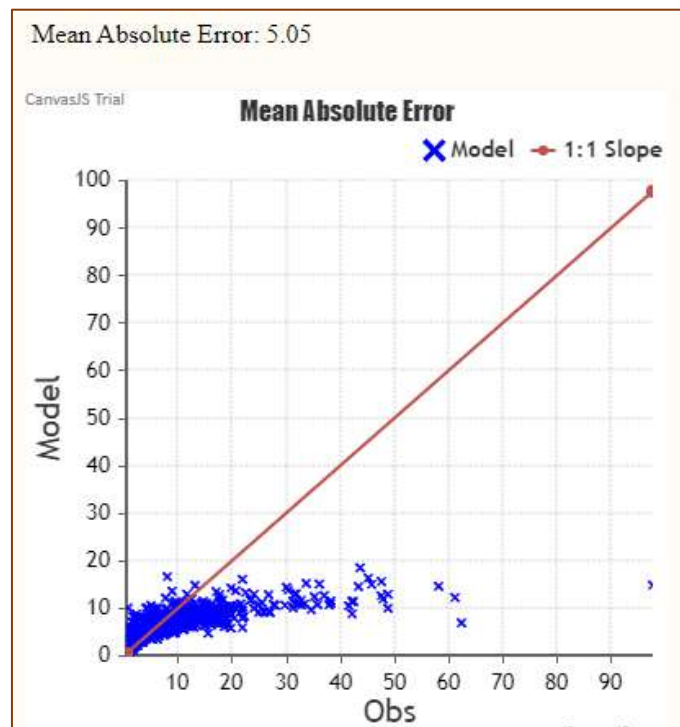


Figura 38.- Error medio absoluto de caudales generados vs caudales observados.

El error medio cuadrático: El error medio cuadrático nos arrojó un valor de 9.09

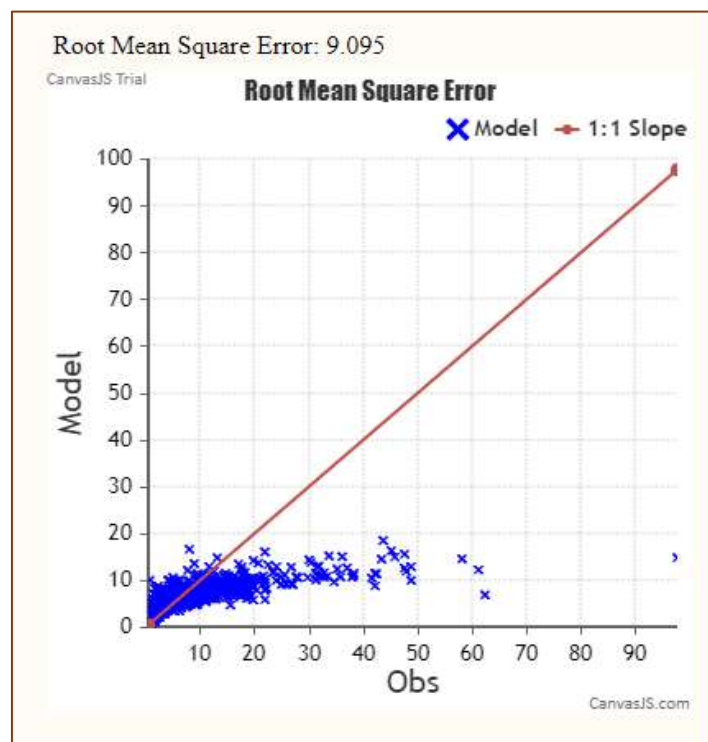


Figura 39.- Error medio cuadrático de caudales generados vs caudales observados.

Tabla 38.- Tabla de resultados del ajuste de Caudales simulados

Ajuste antes de Calibración		
Estadístico	Valor	Ajuste
Nash	0.281	Satisfactorio
Bias	-2.828	No satisfactorio
CONFIABILIDAD		
Valor	0.281	
La Confiabilidad es baja		

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se recopiló las cartas 14f y 14g de la zona de estudio y se las procesó por medio del programa Qgis, georeferenciando el punto emisor, la ubicación de las 10 estaciones meteorológicas y se delimitó la cuenca obteniendo como resultados: área de la cuenca del Río Llaucano: 608.69 Km², altitud media: 3497.32 msnm, asimismo la pendiente media: 28.21 %, coeficiente de Gravelius: 1.86 y su factor de forma es 0.334.

- Se recopiló información hidrométrica, de temperatura y precipitación de 10 estaciones meteorológicas desde 1968 hasta 2019, luego se procesó la información en el programa Hydraces, Qgis y se encontró que: la temperatura media anual en la cuenca es 12.6 °C, la precipitación media de la cuenca Llaucano por el método de Isoyetas es 77.20 mm y la precipitación media anual es 926.45 mm, de manera semejante el déficit de escurrimiento es 576.9 mm/año, coeficiente de escorrentía de 0.38 y la retención de la cuenca es 48.81 mm/año.

Los caudales medios mensuales desde Enero a Diciembre utilizando el modelo hidrológico de Lutz Scholz son: 8.42 m³/s, 9.44 m³/s, 10.64 m³/s, 8.96 m³/s, 6.05 m³/s, 4.00 m³/s, 3.01 m³/s, 2.77 m³/s, 4.37 m³/s, 7.14 m³/s, 8.06 m³/s, 8.01 m³/s. Son mayores en los meses lluviosos: Febrero con 9.44 m³/s y Marzo con 10.64 m³ y menores en los meses de estiaje Julio, Agosto y Setiembre con 3.01 m³/s, 2.77 m³/s y 4.37 m³/s respectivamente.

- Los caudales medios mensuales del río Llaucano registrados por la estación hidrométrica Llaucano Corellama desde Enero a Diciembre son: 12.57 m³/s, 18.20 m³/s, 24.28 m³/s, 17.82 m³/s, 6.83 m³/s, 3.12 m³/s, 1.70 m³/s, 1.21 m³/s, 1.74 m³/s, 5.75 m³/s, 9.43 m³/s, 12.14 m³/s. Son mayores en los meses de febrero, marzo y abril con caudales promedio de 18.20 m³/s, 24.28 m³/s, 17.82 m³/s y menores en los meses de Julio, agosto y Setiembre con 1.70 m³/s, 1.21 m³/s, 1.74 m³/s respectivamente.

- Los caudales medios mensuales simulados para la época de estiaje y de lluvia son: 4.04 m³/s y 8.67 m³/s. Los caudales medios mensuales observados para la época de estiaje y de lluvia son: 2.92 m³/s, 14.31 m³/s respectivamente.

- Se comparó los caudales observados y los caudales simulados, y se vió que en épocas de estiaje los caudales simulados varían en 1.12 m³/s y en la época lluviosa los caudales varían en -5.65 m³/s. En términos de porcentaje varían en 38.38 % y en -39.46 % respectivamente.

- Se cuantificó los estadísticos o medidas de bondad de ajuste NASH Y SUTCLIFE = 0.281, Coeficiente de correlación = 0.741, coeficiente de determinación= 0.55, Sesgo Bias =-2.828, error medio absoluto = 5.05, error medio cuadrático= 9.095.

- Se obtuvo según tabla de Nash que el ajuste es satisfactorio y la confiabilidad es baja y según tabla de Sesgo Bias la confiabilidad es baja. **Por lo que se concluye que el modelo hidrológico Lutz Scholz tiene una baja confiabilidad para la cuenca del Río Llaucano.** Entonces cada una de las cuencas deberá tener su propia calibración para poder llegar a resultados más cercanos a los reales.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda un mantenimiento de los equipos de medida y registro de la estación hidrométrica Llaucano Corellama, así como una limpieza constante de la sección de aforo del río Llaucano.
- Debido a que alguna estación meteorológica cercana a la cuenca tiene datos de precipitación y temperatura incompletos, es necesario que el personal técnico garantice el constante funcionamiento de dichas estaciones.
- Este trabajo logró determinar la confiabilidad de caudales simulados con el modelo Lutz Scholz en la cuenca del río Llaucano, y es recomendable que se calculen las medidas de bondad de ajuste más utilizadas por Ingenieros Consultores a nivel mundial como son Eficiencia de Nash y Sutcliffe, coeficiente de correlación y Sesgo Bias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Breña Puyol, AF (2014). Fundamentos de la Hidrología Superficial. 1 ed. Tlalpan, México, s. e. 287 p.
- Cabrera Cabrera, JW. (2012). Calibración y validación de modelos Hidrológicos. 2 ed. Lima, Perú, s. e. 11 p.
- Finger, D. (2011). Calibration of Hydrological Models. Swiss Federal Research Institute WSL. Birmensdorf, Switzerland, s. e. 91p.
- Gámez Morales, WR. (2009). Texto Básico de Hidrología. 1 ed. Managua, Nicaragua, Editorial Editronic. 150 p.
- Gupta, HV; Sorooshian, S; Yapo, PO. (1999). Status of automatic calibration for hydrologic.3 ed. Arizona, USA, s. e. 143p.

Legates, DR; McCabe, GJ. (1999). Evaluating the use of goodness-of-fit measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research*, 35(1), 233–241.

Liechti K; Zappa, M. (2016). *Verification of Short Range Hydrological Forecasts*. 1 ed. Berlin, Alemania, Springer Publisher. 975p.

Molnar, P. (2011). *Calibration Watershed Modelling*. 1 ed. Zurich, Switzerland. s. e. 215 p.

Nash, JE; Sutcliffe, JV. (1970). River flow forecasting through conceptual models, part I: A discussion of principles *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290.

Reyes Trujillo, A. (2010). *Guía básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas*. 1 ed. Cali, Colombia, s. e. 51 p.

Scholz, L. (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana Meriss II*. Cuzco, Perú, s. e. 81 p.

Vásquez Villanueva, A. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. 2 ed. Lima, Perú, Editorial UNALM. 646 p.

Villón Vejar, M. (2011). *Hidrología Estadística*. 4 ed. Lima, Perú, Editorial Villón. 434 p.

ANEXOS

A.1. Periodo de registro de las estaciones pluviométricas

Tabla 39.- Precipitación mensual de la estación Bambamarca

Estación Bambamarca. precipitación en mm.

ESTACIÓN :		Bambamarca										
TIPO :		Climática										
VARIABLE :		Precipitación promedio mensual										
UNIDAD :		milímetros-mm										
Dep. :	Cajamarca	Lat. :	-66°7'38.9"									
Prov. :	Huálgayoc	Long. :	-78°51'33.3"									
Dist. :	Bambamarca	Elev. :	2536 m.s.n.m.									
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	41.2	96.8	85	34.5	9.5	11.3	23.3	113.6	86.9	32.8	20.5	
1969	59.2	85.6	66.7	104	20.6	41.7	6.5	13.2	66.2	93	119.1	62.6
1970	62.3	42.2	48.9	65.8	48.8	24.6	33.6	13.6	29.6	129.6	145.1	84.9
1971	70.3	63.6	192.9	88.6	62.5	43.7	25.4	11	29.5	120	82	63.1
1977	38.4	66.7	141.5	134.2	59.1	12.6	4.9	10.1	80.8	67.7	105.6	50.3
1973	68.2	68.2	86.1	126.3	18.7	28.6	48.7	25.2	87	78.4	66.3	99.9
1974	83.1	147.3	105.2	54.8	0	21.4	7.3	28.7	63.6	83	79.7	42.8
1975	81.6	156.1	216.4	89.2	46.8	38.9	50.1	29.4	40.2	88.7	74.8	6.7
1976	159.5	64.1	81.5	48.1	24.2	4.9	0.7	10.3	40.6	80.9	60.5	49.4
1977	139.4	133.6	85.8	75.5	21.4	8.4	1	6.2	43.7	94.4	139.4	57.1
1978	25.9	42.8	46.8	60.9	70.2	3.1	16.2	0	46.9	42.5	103.9	75.7
1979	50.8	39.2	194.5	55.3	60.4	0.1	33.9	50.2	109	12.2	42.6	32.1
1980	47.3	50.1	55.3	30.6	29.4	14.3	9	7.3	44.6	174.6	125.7	67.8
1981	44.3	138.7	110.2	65.9	40.1	36.6	13.1	24.4	5.8	89.6	73.4	88.1
1982	39.8	97.4	86	59.8	56.6	40.7	11.5	1.2	83.1	127.7	92.7	143.3
1983	78.4	22.3	178.3	94.7	32	22	10.1	0.1	25.5	38.1	86.6	86.8
1984	22.1	220.8	95.3	46.9	71.5	21.7	27	21.2	44.8	109.5	60.2	42.1
1985	15.5	23.6	40.9	63	35.5	2.1	9.9	23.1	33.2	48.8	83.9	105.7
1986	113.5	59	43.2	156.2	48.8	6.9	0.8	33	27.2	95.4	37.3	76
1987	107.7	69.5	78.5	67.4	55.4	24.5	45.5	37.8	45	107.3	103.9	33.7
1988	94.7	86.3	60.9	90	27	15.9	3.3	4.1	38.5	83.1	126.3	119.3
1989	139.5	95.4	151.9	83.3	10.3	23	8.2	11	65.6	101.7	67.2	15.2
1990	48	52	23	84.5	33.2	45.9	5.9	1.3	43.7	129.6	88.9	68.4
1991	38.7	45.4	143.9	100	30.7	7.1	5.9	3.4	56.6	48	35.9	39
1992	28.9	22.5	55.9	41.6	17.4	9.1	10.3	9.8	63.6	89.5	61.7	54.2
1993	99.1	110.3	206.3	64.1	90.7	12.6	12.1	35.1	59.3	90	77.2	136.4
1994	98	109.7	183.8	104.5	30.6	14.3	4.9	2.3	45.4	65.5	172.4	116.9
1995	17.9	71.9	65.8	41.3	75.9	13.5	20.9	15.3	43.5	86	84	120.1
1996	59.6	134.5	116.2	68.4	27.1	10.3	11.1	16.5	37.5	142.4	51	17.2
1997	75.6	123.6	79.6	69.7	27.3	16.7	0	0	27.6	40.9	67.7	120.1
1998	60.8	147.9	134.9	118.6	48	3.7	0	2	51	148.2	77.7	65
1999	107.4	230.9	46	32.2	48.1	42.6	14.1	4.3	85.2	35.6	92.5	116.8
2000	41.9	201.4	124.6	59.7	49.9	37.2	12.4	8.9	54.2	7.2	66.9	136.3
2001	145.9	47.8	184.5	67.4	35	1.9	5.9	2.9	64.7	97.3	93.8	106.4
2002	46.9	80.1	133.5	140.1	44.4	3.8	20.7	0.9	25	132.7	91.1	105.7
2003	65.2	90.7	106.1	54.8	20.3	67.5	1	22.6	31.6	54.5	91.1	82.7
2004	46.7	41.1	47.8	79.2	36.9	8.6	30.8	9.8	54.5	92	142	65.5
2005	58.9	105.9	147.6	122.8	16.3	1.5	4	2.4	31	156.9	39.8	84.5
2006	89.8	88.4	190.1	75.7	7.5	8	16.5	11.7	56.6	72	73.3	84.8
2007	64.7	24	150.5	120.5	26	0.3	8.3	11.3	31.1	118.2	138.5	71.6
2008	111.2	208.8	116.4	80.3	30.9	26.9	0.5	21.1	108.8	195.3	114.4	21.9
2009	127.1	97.3	136.2	77.2	61.3	28.4	10.9	18.3	32	129.1	126.3	60.7
2010	57.1	113.7	123.2	62.9	91.8	9	17.1	6.5	27.8	74.4	102.5	52.1
2011	46.3	108.1	142	124.5	26.6	8.1	20.8	5.5	79.9	127.7	64.2	157
2012	168.4	151.3	68	60.6	23.1	4.2	0	2	9.8	160.4	191.4	85.3
2013	74.5	121.5	170.9	87.5	66.7	3.9	12.6	43.5	8.7	87.5	10.4	88.5
2014	79	79.7	167.7	41.4	69.7	0.8	15.1	5.8	34.8	40.1	72.6	91.9
2015	104.7	52.7	245.9	50.7	57.8	17.3	10.2	7.3	2	55.8	78.3	32.1
2016	110.8	7.7	83.3	68.4	7.4	16	5.5	4.3	51.2	39.2	22.4	94.4
2017	57.4	192.2	85.7	26.9	0	19.1	45.7	141.7	60.4	54.6		
2018	70.9	92.4	44.7	84.2	104	15.5	8.4	1.4	4.5	103	144.3	41.2
2019	31.6	80.4	163.9	75.9	55.2	9.6	12.8	0.6	8.6	101.4	111.5	102.2

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 40.- Precipitación mensual de la estación Celendín

Estación Celendín, precipitación en mm.

ESTACIÓN : Celendín
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros- mm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	134.4	125.9	153.5	91.7	24.4	6.5	4.2	3.3	157.2	78	78.4	84
1969	15.3	126.3	134.9	185.3	4.7	86.8	1.6	7.5	56.6	213.3	305.7	200.8
1970	133.7	5.8	120.6	96.7	42.4	20.4	11	2.8	18.3	93.1	79.7	145.6
1971	107.5	136.9	144.9	106.5	54.5	16.4	5.1	16.8	17.9	131	153.9	149.3
1972	41.8	63.7	196.3	184.1	58.4	0	0	21.4	66.2	31.8	156.4	114.3
1973	75.5	49.1	92.1	175.7	28.5	8.7	29	3.9	49.5	41.4	76.6	84.3
1974	46.4	204.3	190.8	61.3	0.2	42.8	0	42.2	24.2	156.3	109.1	77.3
1975	56.4	209.8	176.2	131.6	104.3	19.2	49.3	48.7	11.7	108	54.9	33.8
1976	111.8	87.2	212.7	82.4	46.8	2.1	0	19.2	5.1	42.4	65	52.1
1977	144.1	123.5	161	7.8	8.2	0	1.7	0.8	44.6	111.1	136.3	54.1
1978	56.6	50.9	88.4	119.9	93.9	2.5	49.6	2.4	17.8	98.5	72.1	112.5
1979	53	76.4	287.9	197.8	2.8	0.5	8.1	37.6	107.3	18.6	27	37.2
1980					174.7	29.7	0	22.4	16.9	147	390.6	
1981										97.1	140.2	198.7
1982	81.7	60	124.9									
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996				74.5	28	0	0.5	0	24.4	166.3	72.6	17.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0	0	33.5	75.7	132.9	154.1
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0	0.7	0	18.3	135	131.1	44.8
1999	177.5	319.1	100.4	13	54.1	48.2	6.8	6.6	107.8	53.6	121.6	250.5
2000	98.5	224	220.6	112.4	45	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	49.2	154.7
2001	259.4	134.9	445	41.6	39.5	10.4	5.4	0	32.2	100.5	166	97
2002	57.9	76.8	300.8	174.6	21.7	8.1	29.3	0	2	208.6	122	151.8
2003	48.7	71.1	152.7	96.6	25.6	22.9	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
2004	51.3	63.5	92.1	116.2	32.9	0	20.5	2.5	36.8	106.6	226.7	143.2
2005	79.3	88.5	251.4	67.9	17.9	0	0	0	39	247.9	29	166.7
2006	83.5	151.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
2007	91.6	17.1	276.3	122.2	27.6	3	6	9.9	20	213.1	155.1	123.2
2008	104.3	180.2	97.9	97.7	49.9	28.5	8.2	23.8	21	132	140.6	40.7
2009	209.4	87.5	220.6	154.1	71.4	5.8	6.7	0	38.2	98.7	139.5	116
2010	84.7	200.4	170.9	58.8	78.3	2.8	18.7	3.9	39	60.4	122.4	133.7
2011	62.8	88.8	192.7	108.5	36.2	1.3	17.7	4.8	40.5	95.9	113.5	173.6
2012	217.9	115.3	127.2	100	42.7	3.4	0	1.7	0.3	142	208.1	79.7
2013	78.6	58.9	167.1	66.7	63	21.1	16.5	33.2	4.7	166.5	35.3	116.8
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	178.3	131.5	42.9	6.7	2.1	1.8	2	30.6	140.5	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
2018	150.6	110	141	66.8	62	23.4	0	2.1	37.8	120.9	235.4	90
2019	119	131.2	229.9	108.9	34.2	2.4	9.6	2.5	4.7	142.2	131.3	112.2

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 41.- Precipitación mensual de la estación Chota

Estación Chota , precipitación en mm.

ESTACIÓN : Chota
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros - mm

Dep. : Cajamarca Lat. : -6.5472222
 Prov. : Chota Long. : -78.648611
 Dist. : Chota Elev. : 2486.6m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968				63.4	27.5					128.7		
1969		202.9				80.7	10.1	19	74.9	83.2	138.7	124.9
1970	48.9	65.6	91.2	84.5	106.4	27.9	10	25.3	36.4	168.6	82.8	137.6
1971	142.6	97.1	289.3	93.2	114.2	32.1	37.2	26.4	46.9	199.7	101.5	92
1972	56.8	63.1	139.4	142.3	80.2	16.1	5.1	9.1	56.6	32.5	103.6	28.5
1973	66.7	41.5	80.6	225.8	62.8	97.8	96.1	56.4	170.6	123.2	125	56.1
1974	61.6	89.5	95.2	70.3	21	70.1	9.7	35.4	88.4	102.4	104.4	59.2
1975	63.6	47.7	158.4	83.1	77.3	36.8	25.9	18.2	137	59	99.4	6.7
1976	151.1	94.5	123.6	67.3	38.8	38.3	3.5	22.8	7.5	63.7	78.8	88.4
1977						16.3	4.7	26.6	8.1	85.4	76.5	59.6
1978	48.5	63	37.1	88.3	71.8	0.8	25.5	3.6	92	40.1	176.8	91.7
1979	86.2	78.9	165.1	98.8	134.8	2.6	21.5	60.9	137.7	47.9	44.2	30.8
1980	50.8	43	43.3	49.9	45.5	12			44.6	563.1	101.9	104.2
1981	41.8	183.1	167.5	80.7	49.8	63.8	9.2	27.8	0.4	141.3	109.7	124.2
1982	42.4	83.8	86.1	88.1	121.6	16.2		0	82.4	55.3	70.7	142.3
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993						0	12	20.8	80	126.2	149	110
1994						25.7	5	0	9.5	40.1	115.8	100.4
1995	13	63.7	101.8	65.2	68.3	11.7	14.2	27.8	36	503.3	96.7	200
1996	16.8	104.1	113.2	100.2	57.6	57.8	0	43.4	38	174.6	54.1	33.7
1997	65.6	143.8	73.5	90.4	32	17.8	0	0	43.4	49.6	67.7	122.1
1998	58.5	199.6	178	164.5	125.4	3.1	0.7	16.7	64.6	165.7	58.4	89.7
1999	130.9	249.5	105.8	111.4	79.7	144.9	10.8	4.5	114.2	90	99.6	144.5
2000	46.4	158.3	84.2	114.1	160.4	97.3	9	5.9	139.5	18	74.1	162.9
2001	94.2	63	193.6	138.5	79	11.8	7.9	0	85	127.7	114.5	148.5
2002	43.7	86.9	178.9	178.3	51.8	8.6	18.3	1.7	24.3	109.4	168	86.4
2003	77.9	160.7	133.9	101.5	24.4	77	1.1	9.8	114.7	73.6	120.8	95.6
2004	77.3	41.5	69.1	94.2	79.2	1.1	42.1	1.7	59	213.6	219.7	74
2005	34.9	0	238	76.4	24.2	15.3	1	0.2	36.9	231	60.4	132.7
2006	122.3	188.3	229.3	84.9	10.8	49.3	32.3	14.9	57.1	72.1	152.5	117.1
2007	97.7	23	227.8	153.9	109.2	0.8	29.8	22.2	19.6	118.9	155.9	52.4
2008	97	266	213.1	164.8	97.6	25.3	7.7	18.5	175.2	141.7	110.9	82.8
2009	0	146.8	226.6	118.8	118.5	28.6	14.9	1.6	46.3	93.5	116	99.3
2010	46.3	143.3	218.4	111.9	123.1	46.3	38.3	10.9	29.2	124.3	90.4	63.8
2011	80.4	119.4	153.1	172.9	34.5	1.8	20.8	11	99.7	95	73.9	126.9
2012	247.1	181.3	118.7	141.3	37.6	11.4	0	2.9	6.9	157.6	155.2	73.7
2013	141.3	99.3	265.2	114.5	230	13.9	1.5	50.8	7.2	152.7	19.9	117.4
2014	34.1	75.4	222.8	52.8	169.7	13.1	9.6	18.5	83.9	61.4	125.8	134.1
2015	140.1	91	281	139	76.9	4.3	15.8	3.5	9.1	91.6	121.1	29
2016												
2017		67.2	358.9	109.2	0	44.6	1.9	66	58	132.9	58.6	71.5
2018	125.5	64.5	60.9	149.1	167.2	9.7	7.1	0.3	53.5	224.9	241.4	42.4
2019	39.8	136.4	181.4	220.2	68.6	16.9	17.7	0.3	8.5	169.9	182.5	116.1

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 42.- Precipitación mensual de la estación Chugur

Estación Chugur, precipitación en mm.

ESTACIÓN : Chugur
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros - mm

Dep. :	Cajamarca	Lat. :	-66.66667
Prov. :	Huálgayoc	Long. :	-78.73333
Dist. :	Chugur	Elev. :	2744 m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	185	131	133.3	116.1	29.9	10	24.9	58.1	156.9	94.4	42	7.8
1969	167.2	23.8	31.6	38.2	55.2	44.8	27.9	62.9	68.7	126.5	190.9	
1970	138.2	43.4	95	53.7	181.8	22.4	77.6	7.5	100.3	191.6	142.3	114.3
1971	104.6	97.3	556.9	104.2	85.1	99.9	68.9	13.5	53.8	147.5	39.9	172.5
1972	79.8	133.8	129.4	85.7	184.6	6.2	3	73.6	72.3	107.9	143.3	111.5
1973	157.6	124.2	216.3	329.6	43.1	94.8	53.1	92.5	105.5	159.1	102	81.4
1974	167.3	232.7	153	134.5	44.1	28.8	7.9	5.1	108.7	78	137.5	122.2
1975	193.5	279.6	416	150.8	179.8	76.6	90.9	18.1	121.6	244.9	86.1	10.2
1976	372.4	186.4	291.1	152.6	79.4	18.2	0	19.3	56.3	48	42	73.3
1977	294.8	169.5	99.4	190.6	82.5	15.9	13	5	39.7	144.4	256.9	126.2
1978	20.9	73.3	68	87.2	60.2	12.1	35	0	118	21.3	85.3	83.3
1979	15.7	42.6	105.6	62.1	82.7	14.3	23	12.4	91.1	13.2	13.5	24.1
1980	122	68.6	44.6	54.3	97.4	0	2.2	0	12	273	185.33	88.7
1981	75.2	186.82	119	94.6	78.2	120.1	23.4	49.8	3.4	383.1	88.1	93.6
1982	126.7	202.5	105.5	103.3	164.5	2.4	5.4	0	87.1	251.8	184.3	256.3
1983	299.7	156.9	155.5	271.2	314.5	189.8	53.2	82.6	190	118.1	53.5	78.3
1984	50.4	206.3	161.1	257.7	135.6	64.5	12.1	1.5	95.2	101.7	78.7	62.5
1985	113.7	76.4	129.2	89.6	105.2	71.6	136.6	13.8	12	179.5	130.8	42.1
1986	87.5	119.8	121.5	54.9	139.2	86.3	153.2	0	2	80.9	189.2	268.4
1987	124.2	160.9	141.9	234.5	30.6	25.7	134.3	79.3	147.2	170.5	246.9	184
1988	315.7	423	123.5	116.5	142	53.3	8.2	9	153.1	217.8	145.4	340.1
1989	497.5	546.7	692.9	730.9	187.1	77	10.4	22.5	63.8	105.9	6.5	13.3
1990	0.8	2.3	25.4	139.1	8.1	11.1	4.5	3.4	39	181.5	121.9	34.2
1991	10.6	63.7	107.2	0			0	0	19.1	42.4	18.1	36.6
1992	53.9	39.4	30.7	26.6	5.2	10.5	0	11.2	122.4	60.1	7.5	45.5
1993	78.1	148.9	366.3	389	304.9	26.2	52	46.3	229.7	380.3	151.3	201.9
1994	335.5	243.7	352.5	256.5	55.6	0	0	0	71.6	86.7	114.1	147.6
1995	80.6	297.5	247.4	120.7	164	26.3	53.8	9.2	58.2	202.4	210.9	300
1996	119.5	247	403.4	220.8	68.6	26.4	25.3	28.8	65.5	320.4	100.3	41.6
1997	86.5	219.9	117	144.7	71	65.1	0	13.1	60.4	99.2	207.6	276.2
1998	168.9	258	303.5	275.6	107.7	15.7	0	14.3	66.8	178	90.7	109.2
1999	160.3	423.6	309	135.8	160.1	146.1	30.3	13.8	222.7	134.2	147.9	268.9
2000	86.7	309.7	395.3	129.9	180.9	71	7.8	8	129	51.8	86.1	239
2001	203.6	177.7	422.9	122.5	216	10.4	11.2	4.7	137	140.5	166.1	264.1
2002	132.8	298.2	295.3	238.5	72	5.5	16.8	17.6	79.6	225.6	171.3	206.9
2003	177.8	253.2	188.3	128.4	47.7	69.8	25.2	48.9	137.5	93.8	159	115.9
2004	118.4	149.6	121.4	115.4	95.2	5.8	74.3	7.1	95	186.8	215.5	118.2
2005	110.5	246.1	465.6	61.2	37.1	11.1		2.4	58.7	302.1	116.2	177.8
2006	177	329.8	500	124.1	53.6	78.7	39.4	32.3	136	86.8	199.8	292.9
2007	161.1	92.2	304.8	236.1	93.4	0.6	59.1	39.6	33	242.3	240.6	75.6
2008	258.6	481.1	321.8	239.2	105	28.8	41.4	19.4	292.5	250.3	124.4	45.2
2009	354.4	199	436.9	164.3	157.3	76.4	33.2	15.1	66.5	167.2	216.2	172.9
2010	69	237	370.4	245.8	129.4	44.9	24.3	16.7	47.1	118.6	80.1	148.6
2011	134	243.6	207	323.2	21	17.2	61.4	13.1	111.8	161.9	89.8	287.1
2012	483.9	386.7	164	213.2	83.3	13.2	0	21.6	20.6	183.9	234.5	86.1
2013	185	160.1	347.1	139.7	222.9	5.5	20.6	64	18.5	276.2	44	203.8
2014	126.9	351.3	336	169.5	156.9	6.2	55.7	46.3		145.3		203
2015	245.6	101.1	600.3	128.7	162.4	0.4	6.3	10	5.5	103.3	158.9	41.6
2016	232.7	252.1	280.2	231.6	43	46.7	3.5	61.5	110.6	164.7	49.2	177.9
2017	232.2	318.6	568.2	208	178.9	39.2	0	77	77.9	258.3	114.9	191.8
2018	271.5	156.2	181.9	169.7				1	68	164.5	271.4	78.5
2019	151.4	389.1	329.2	187.3	102.3	17.1	48.1	0.1	31.6	240.6	244	283.6

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 43.- Precipitación mensual de la estación La Encañada

Estación La Encañada, precipitación en mm.

ESTACIÓN : La Encañada
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros - mm

Dep.	:	Cajamarca	Lat.	:	-7.123272
Prov.	:	Cajamarca	Long.	:	-78.333139
Dist.	:	Encañada	Elev.	:	2880 m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968												
1969												
1970												
1971												
1972												
1973												
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997										81.1	177.6	153
1998	102.15	188.4	230.5	181.2	71.9	6.7	0.5	8.4	36.3	132.4	40.7	82.1
1999	119.8	293.2	110.1	96	106.7	61.9	12	9.3	121.6	41.5	122.4	146.3
2000	43.7	159.1	182.2	109.2	89.7	18.2	0.9	20	88.1	4.7	47.2	120.6
2001	232.1	78.3	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	22.3	159.2		
2003	33.1	80.6	144.9	93.6	37.8	38.3	0	9.9	41.9	93.8	124.4	85
2004	95.4	72.5	54	91.7	39.8	5.8	21.7	0.5	43.6	173.7	108.5	170.2
2005	120.7	104.6	261.5	53	42	12.4	1.2	7	13.4	203.8	39.9	145.4
2006	70.1	139.2	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7
2007	93.1	56.9	260.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	138	127.5	92.9
2008	109.3	149	173.7	153.7	43.5	15.7	9.2	22.6	53.7	140.9	119.1	38.3
2009	220.5	73.1	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	114.8	67.1
2010	70	94.8	173.3	111.4	62.4	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	47.9	93.8	149.5
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	153	56
2013	44.1	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	94.5
2014	90.3	119.1	195.2	95.3	79.8	0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	133.9
2015	185.1	75.7	254.7	77.3	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	166.2	27
2016	139.2	95.2	123.7	73.8	3.2	23.1	0.8	1.9	61.7	85.1	8.2	201.9
2017	109.1	100.9	275.8	93.8	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	130.8
2018	98.3	180.6	82.5	146.8	144.9	6.3	0	0	56.3	107.2	198.2	52.6
2019	46.2	128.7	199.4	152.1	56.2	15.4	7.2	0	19	134.9	69.5	171.5

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 44.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Honda

Estación Quebrada Honda , precipitación en mm.

ESTACIÓN : Quebrada Honda
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros - mm

Dep. :	Cajamarca	Lat. :	-69
Prov. :	San Miguel	Long. :	-78.65
Dist. :	San Silvestre de Cochán	Elev. :	3550 m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	50.3	35	121	43.1	5.1	0	0	5.1	26.5	65	47.5	78.6
1969	15.1	74.5							18	67.6	119.6	48.9
1970			110.3	85.1	139.7	31.6	0	10.3	7.5	122.6	115.7	81.2
1971	173.1	115	334.1	173.7	34.2	30.8	45.6	22.7	62.3	63.4	105.3	85.8
1972	119	47.2	239.8	170.3	55.3	19.4	12.3	13.8	13.3	4.7	32.9	95.3
1973	70.7	107.1	116.4	93.5	27	13.4	19.4	25.5	47.7	70.1	93.3	56
1974	86.9	79.5	80.7	65.2	39.1	41	9.7	0	40.6	46.4	54.5	66.5
1975	70.6	58.6	95.1	70.7	33.6	8.5	22.4	5.3	24.1	48.7	41.7	46.9
1976	60.7	39.3	54.6	59.2	45.4	17.2	0	0	18.3	0.6	38.8	29.1
1977	14.8	49.5	43.6	45.3	24.8	4	0	0	0	28.7	27.8	32.8
1978	49.5	15.8	21.5	33.1	0.4	0	0	0	10	25.1	42.3	31.4
1979	32.6	41.4	61.2	52.6	54.4	0	0	0	2	0.6	12.3	34
1980	38.1	17.4	46.5	39.9	57.7	0.2	0.9	1.2	40.8	22.3	38.7	27.6
1981	41.1	54.9	68.6	45.5	36.3	16.6	0.9	1.4	11.7	14.5	47.2	30.1
1982	40.3	67	65.5	36.2	27.4	1.3	0.8	0.9	16	25.1	11.9	43.3
1983	56.7	40.5	45.8	38	20.8	4.4	0.6	0.6	6.7	26.8	82.4	166.1
1984	96.3	166.3	95.8	150.4	59.5	50.5	9.6	58.4	64.4	183.1	122.3	124.6
1985	139.8	96.4	40.5	83.2	0	106.4	0	38.6	66.5	92.5	68.1	177.2
1986	109.3	133.6	75.9	197.9	184.6	0	120.1	34.2	22.1	165.6	116.3	192.6
1987	194.3	86.8	91.8	23.9	0	0	0	56.6	57.2	101.6	197	88.5
1988	45.1	33.6	2.6	96.6	145.9	48.9	14.7	21.1	44	186.9	110	188.7
1989	147.7	164.9	232.9	117.6	51.2	17.3	0	7.1	80.9	250.9	51.5	11.1
1990	40.8	120.9	96.2	151.1	11.1	23.6	85.9	0	0	244.7	151.9	64.7
1991	63	104.5	257.1	137.9	48.9	8.5	6.7	0	13.1	21.3	91.7	130.7
1992	89.3	37.4	15.4	95.4	66.7	33.5	0	18.8	107.2	75.3	146	61.5
1993	122.8	79.7	378.3	174.7	0	71.8	10.8	48.1	74.8	101.9	187.4	211.4
1994	233.7	120.6	183.7	312.5	7.5	0	0	11.3	93.5	26	117.4	76.8
1995	85.5	151.6	183.7	79.9	86.9	21.6	7.5	0	58.6	119.5	84.3	198
1996	92.3	146.2	131.7	86.7	70.8	29.5	21.8	77.4	46.4	194.5	69.6	40.7
1997	128.4	146.92	89	108.2	57.9	28	0	1.2	32.6			
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 45.- Precipitación mensual de la estación Quilcate

Estación Quilcate, precipitación en mm.

ESTACIÓN : Quilcate
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros - mm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	82.9	80.3	138.4	84.5	48.3	4.2	18.1	35	136.7	76.8	47	58.9
1969	62.3	109.4	189.9	217.8	49.4	101.3	15.3	38.8	29.5	204.5	142.4	137
1970	15.4	92.3	86.3	194.8								
1971			285.3	201.2	7.8	31.8	8.5	39.7	32.5	256.9	86.6	74.5
1972	123.3	44.7	52.7	40.3	26.4	58	5.9	22.6	38.2	52	111.8	97.9
1973	144.6	41.4	155.3	207.2	78.1	72.9	65.3	50.8	33.1	23.6	60.9	129.1
1974		63.7	52.8	64.5	75.2	83	101.5	38	70	66.5	38.7	53
1975	28.5	173.5	166.5	119.5	61.5		25.5	44	73.5	52.5	31.7	13.2
1976	36	28	11	3	1	0	2.5	3	1.5	5	6.5	9
1977	11	16.5	31	16.9	27.5	0	1.3	1	22.3	65.9	99.9	107.8
1978	110.7	9.3	75.8	36.5	32	12.5	8	0	12.5	18.7	35.7	56
1979	52.7	70.3	115.1	52.4	52.8	3.3	16.2	33	22.4	46.6	23.8	10.2
1980	29.9	21.1	62.5	7.5	14.5	9.5	0	10.3	16.7	76.8	143.1	55.4
1981	39.8	130.6	31.8	49.7	31.5	40.7	12.1	36.7	14.5	96.9	38.9	44.6
1982	28.3	27.9	48.6	82.4	49.2	13.6	13.8	0	70.8	60	37.8	109.1
1983	54.5	31	38.2	20.8	6.8	8.2	17.5	11.5	7	40.7	48.3	71
1984	28.1	183.9	86.2	127.2	41.3	21.6	5	37.4	56.7	32.9	36.3	43.5
1985	70.2	34.8	43.1	9.5	7	0	15.3	9	43.2	41.7	10.7	25.2
1986	56.3	66.1	21.5	11.2	15.5	18.2	25.7	42.2	37	19.2	44	56.3
1987	28.5	56.3	148	51.5	56	20	34	28.8	11	29	46.5	31
1988	43	26.5	60.5	35	33	30.5	29.2	43.4	53.3	56.4	70.2	27
1989	36.3	28.5	32	29.2	14.2	12.5	25	7	17	23.5	17.5	9
1990	93.6	35.5	8.5	19	21	9	8.5	15.5	27	53	50.5	31
1991	28	40.4	80	16.2	19	2	5	0	4.5	3	18	43.5
1992	34	34	28	20.5	16	15	17.5	17.5	30.5	7	15.7	27
1993	61	34.5	72.3	41	30.5	29	11.5	18.5	58.5	116	25.5	119.5
1994	115	107.5	172.7	49.7	58.5	18	20.5	12.5	23.5	18.5	80	59
1995	108.4	97.5	179.8	138.7	54.3	9.7	24.2	22	20.1	81.8	135.3	199.7
1996	87.9	22.3	217.8	109.5	51.5	15.3	4.7	46.8	56	142.8	77.5	0
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												
2019												

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 46.- Precipitación mensual de la estación Granja Porcón

Estación Granja Porcón , precipitación en mm.

ESTACIÓN : Granja Porcón
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros -mm

Dep. : Cajamarca Lat. : -7.033333
 Prov. : Cajamarca Long. : -78.633333
 Dist. : Cajamarca Elev. : 3000 m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	10.2	149.5	173.5	82.5	22	3	11.5	37.5	117.5	158.5	123	167.5
1969	85.5	176.5	183	167.5	18.5	64	5.5	15	42	105	208	182.5
1970	10.7	123.5	140.5	127	91	33.5	22.5	25	74	122.5	207	117.5
1971	140	130.5	476.5	153.5	117.5	65	72	37.5	76	220.5	163	166
1972	10.4	15.0	257	149.5	55.2	14.5	0	47		29.5	174.2	119.7
1973	186.3	99.5	201	203.3	62.5	70.6	33.9	124.4	139.4	22	173.9	121.3
1974	146.8	108.7	160.2	207.1	51.8	60	15.5	60	46.5	80.1	62.5	105.5
1975	108.1	20	178.5	224.2	62.4	32.5	3	53.5	3	128	93	20
1976	189	135	185	61	58	30	0	12	27	62	26	79
1977	194.5	238.5	175	100.5	29.5	13.5	6.5	2	62.5	96.5	149.5	85
1978	40	105.5	51.5	88.5	88.2	0	25.8	0	66.9	70.4	191	182
1979	113.7	147.3	370.2	61.5	54	10.8	34	40.4	117.3	48.2	27.3	108.1
1980	70	37.3	164.9	71.6	73.6	11.8	0	5.7	2.2	247.2	218.7	163.4
1981	94.1	257.3	190	153.1	65.6	0	0	0	6.5	160.6	60.3	90.8
1982	56.8	19.2	72.2	32.6	34.2							
1983												
1984			15.5	134	0	0	60					
1985						0	0	0	0.9	0.6	0.8	0
1986	15.5	41	6	74.2	106.6			50	10.9	33	51.8	133.2
1987	315.7	118.5	126.5	85.3	68.6	0	19.5	0	60.5	122.7	161.6	82
1988	305.5	178.9	63.6	167.3	18.6	15.6	6.4	5.3	30.6	133.7	112.6	127.6
1989	188.7	216.8	85	89.9	18.5	0	0	0	46.5	77	51.5	0
1990	29.5	85.4	88.8	127.2	33.1	35.6	0.9	0.6	139.7	262	250.2	103.6
1991	91	359.2	509.6	248.6	287	6.3	0	0	78.7	157.6	211.1	260.5
1992	170.1	74.1	137.1	119.1	107.7	62.4	0	24	135.5	119.2	75.7	174.1
1993	147.6	190.6	358.9	453.2	100.2	22.3	0	18.4	82.6	137.5	206.2	452.6
1994	475.4	373.5	522.4	278	329.1	18.6	0	22.2	104.8	252.8	210.7	139.1
1995	143.1	228.8	217.4	128.1	112.7	12.6	51.8	48.9	54.9	93.1	129.3	243.9
1996	198.8	402.7	311.3	147.5	59.7	49.7	0	20.3	48.5	231.4	82.1	58
1997	187.5	190.3	123.2	260	81	18.5	39	9.9	76.8	172.9	301.1	305.6
1998	168.5	370.3	308.9	243.2	85.4	0	0	14.8	67.6	224.9	168.6	99
1999	210.3	490.5	257.2	123.5	169.2	53.9	20.3	6.4	228.3	65.3	137.4	167.3
2000	64.9	247.2	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.3	123.2	19.3	61.7	237.6
2001	335.8	227.8	424.4	92.6	88.7	17.6	15.2	0.4	145.2	166.7	158.9	171.8
2002	76	188.9	390.2	159	36.9	29	15.2	2.6	50.7	204.7	225.9	243.6
2003	103.8	134.4	124.54	79.6	77.9	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100
2004	70.3	230.4	165.6	85	75.4	11.7	41	19.1	84.8	145.6	167.8	236.2
2005	164.1	227.1	344.9	95.6	91.6	53.7	0	7.1	54.4	148.1	33.3	164.8
2006	142.9	189	347.4	184.7	62.8	62	5.1	15.7	116.2	40.2	158.5	183.6
2007	245.4	65.7	352.3	226.3	57.5	1.3	42.6	20.1	32.8	171.5	211.4	146.4
2008	214.6	291.2	246	156.5	76.2	73.3	16	11	110.9	182.6	127.3	72.3
2009	341.6	200.7	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8	27	184	187.6	235.1
2010	108	169.7	264.5	173.2	84.6	39.4	44.3	33.6	29.6	82.7	96.5	182.6
2011	25.7	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93	265.4
2012	325.1	320.8	154.8	211.6	109.6	32.4	0	45.8	33.7	137.3	202.9	67.6
2013	141	279.9	352.4	196.2	193.4	32.8	17.7	33.8	30.4	174.5	28	243.7
2014	137.4	174.9	242.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	90.3	209.2
2015	367.4	164	283.2	111.8	158.7	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	124.5	108.9
2016	166.3	134.3	162.2	138.4	36.8	44.9	1.1	0	43.4	149.2	39.9	173.8
2017	156.6	235.6	365.6	134.9	170.7	43.9	1.2	49.9	51.7	146.8	37.7	228.9
2018	262.5	194.4	205.6	141.7	111.4	8.2	0	2.5	59	145.2	152.9	162.3
2019	92.8	148.4	378.2	137.3	62.8	5.8	14.1	0	21.6	190.2	172.6	311.7

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 47.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Shugar

Estación Quebrada Shugar, precipitación en mm.

ESTACIÓN : Quebrada Shugar
 TIPO : Climática
 VARIABLE : Precipitación promedio mensual
 UNIDAD : milímetros -mm

Dep.	:	Cajamarca	Lat.	:	-6.687778
Prov.	:	Huálgayoc	Long.	:	-78.456944
Dist.	:	Bambamarca	Elev.	:	3292.7 m.s.n.m.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	70.1	96.8	138.2	65.7	46.7	38.1	41.1	11.8	120.4	153	61.6	95
1969	67.1	94.7	151.9	110.3	31.4	53.5	3.8	11	57.14	107.93	192.21	102.2
1970	120.7	46.9	114.22	125.95	76.22	45.4	46.4	11.54	75.34	208.05	212.92	140.98
1971	117.7	101.02	288	114.53	106.74	66.55	17.13	8.06	43.54	188.33	129.3	118.34
1972	60.47	119.54	202.47	212.23	93.49	1.24	17.71	41.84	77.27	85.53	130.61	107.15
1973	99.49	80.14	197.93	146.32	46.2	57.34	53.23	44.3	123.61	86.51	99.91	94.6
1974	123.91	197.6	158.1	69.05	4.82	78.67	18.38	53.58	86.63	172.04	95.56	103.1
1975	122.34	189.45	322.61	164.96	147.03	106.21	19.95	47.45	65.72	94.15	101.44	15.43
1976	214.22	122.92	153.22	89.66	71.26	9.23	2.21	25.62	36.66	7.6	66.03	69.38
1977	181.93	192.4	177.26	107.15	51.82	7.72	2.92	9.41	32.81	112.62	149.13	136.92
1978	74.7	85.93	55.92	88.33	61.51	5.81	56.74	1.23	56.54	54.41	105.81	125.34
1979	76.82	99.41	268.52	98.71	44.66	2.6	34.41	48.91	78.1	20.32	58.72	54.82
1980	87.92	82.21	137.52	40.02	31.31	17.6	21.01	11.2	9.52	204.53	214.6	72.33
1981	80.73	195	162.6	106.54	77.7	51.8	21.4	96.9	44.5	164.71	85.9	102.01
1982	85.11	95.8	93.32	105.24	129.01	106.22	32.43	0.02	123.7	186.44	119.98	171.52
1983	214.53	37.81	207.02	125.75	49.92	29.21	23.11	26.21	62.72	82.81	100.77	161.94
1984	50.74	249.91	152.63	87.03	95.64	26.95	41.82	33.72	68.83	154.64	72.11	59.26
1985	43.6	64.64	76.85	47.05	32.72	10.71	20.71	18.7	66.11	15.51	47.24	95.91
1986	115.03	99.91	115.64	84.93	46.75	0.02	3.52	40.7	60.13	31.11	69.9	94.31
1987	123.1	115.71	90.02	66.4	26.9	14.42	82.41	0.9	50.4	16.81	126.21	
1988	108.81	172.33	77.2	69.73	30.02	0	0.02	0.01	47.92	62.15	118.91	66.13
1989	126.92	98.52	131.16	82.55	7.93	16.02	8.7	0.04	59.53	99.6	56.56	30.82
1990	33.92	24	9.33	70.94	49.13	34.61	4.9	6.41	26.62	94.61	98.41	61.31
1991	76.41	67.32	54.12	109.3	17.62	7.4	21.6	0.03	36.43	31.53	55.04	120.21
1992	57.02	61.31	108.16	81.12	22.62	62.24	15.32	33.24	91.82	88.51	53.7	70.61
1993	92.33	55.7	97.52	102.02	76.42	6.51	0.03	22.62	27.2	75.83	81.62	85.1
1994	76.72	88.92	78.21	71.22	27.22	21.95	1.23	2.9	46.72	48.15	63.9	104.4
1995	60.53	43.23	77.62	25.82	61.73	28.12	26.74	0.04	22.81	93.11	88.31	150.91
1996	92.41	135.91	115.61	66.31	28.33	10.34	3.01	17.92	23.51	87.95	26.22	14.94
1997	59.55	44.81	67.73	134.92	24.04	24.62	0.03	14.92	35.23	48.52	96.81	114.5
1998	69	100.96	146.05	98.75	48.72	2.66	0.04	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4
1999	136.71	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	85.3	94.4	75.9	27.8	6.7	63	24.7	122.9	141.5
2001	196	65.3	260.5	43	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	106.3	260.5	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	47.8	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	73.9	63.2	225.2	137.7	51.9	17.9	19.7	8	80.1	70.2	91.7	189.7
2012	200.5	209	128	112.8	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	142.9
2013	129.2	110.1	302.8	108.7	102	6.9	16.9	67.3	7.6	135	27.3	161.6
2014	162	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	194.9	84.7	104.4	12.2	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9
2016	93.2	6.7		35.6	18.5	19.8	6.9	0				
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
2018	137.2	144.9	120.9	95	85.4	41.6	19.6	8	36.9	127.7	156	115.5
2019	66.9	142.6	248.8	77.9	106	27.5	20.8	4.2	25.3	154.2	82.1	126.6

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 48.- Precipitación mensual de la estación Augusto Weberbauer

Estación Augusto Weberbauer, precipitación en mm.

ESTACIÓN : AUGUSTO WEBERBAUER

TIPO : Climática

VARIABLE : Precipitación promedio mensual

UNIDAD : milímetros - mm

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	58.02	81.03	67.72	26.2	14.9	1.6	1.61	16.2	50	66.4	54.6	70.81
1969	42	73.71	83.53	85.7	1.51	19.62	0.3		18.41		106.4	162
1970	71	41.81	79.9	54.53	33.83	19.91	3.2	2.51	18.23	103.01	51.41	54.12
1971	58.42	97.8	275.7	54.71	8	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.81	66.54
1972	55.5	67.6	113.81	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6		31.41	66.52	50.22
1973	95.39	70.82	92.5	101.61	23.8	28.73	8.46	19.35	91.04	67.02	65.51	75
1974	61.62	140	89.11	59.02	4.64	17.33	6.53	27.3	38.72	70.71	55.1	76.81
1975	95.61	156.5	202.02	68.82	66.81	10.02	7.2	19.31	45.11	80.2	65.1	0.9
1976	130.4	62.93	81.32	34.51	43.01	23.01	0.12	4.41	12.32	32.2	71.6	44.42
1977	129.91	146.4	141.93	42.6	25.52	8	7.52	0.12	16.1	53.41	54.8	68.22
1978	12.71	34.41	48.8	37.02	65.6	3.9	4.4	3.8	25.01	24.4	54.01	44.81
1979	84.11	81.61	159.7	37.1	16.3	1.81	7.5	15.71	33.6	24.4	26.3	46.61
1980	34.9	42.4	65	29.31	6.91	15.1	3.2	6.71	2.3	130.4	111	106.7
1981	78.2	186.51	105.7	33.72	14.7	6.6	7.2	12.7	22.01	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	75.7	152.8	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	84.41	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4	10.8	12.3	39.51	37.2	74.3	61.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.61	5.4	0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4
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	0.2	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	40.51	15.61	2.11	13.4	56.61	9.92	44.5	122.3
2001	191.21	100.8	230.2	57.2	48.14	2.35	13.91	0.02	34.43	46.23	93.41	90.91
2002	27.02	60	133.12	77.21	23.04	8.81	10.72	3.4	14.62	90.3	99.91	86.1
2003	51.13	61.43	103.62	42.1	30.71	22.32	1.81	10.6	14.84	46.03	63.81	80.72
2004	36.1	102	56.9	44.52	42.4	2.11	13.8	29.4	19.01	63.41	92.6	123.71
2005	84.92	53.7	136.6	54.01	7.21	4.5	0.6	3.5	31.21	92.3	30	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.61	7.7	23.92	1.82	6.11	33.61	12.71	60.4	81.7
2007	95.4	17.51	182.4	111.51	29	1.42	10.74	6.41	11.62	118.9	97.61	68.8
2008	80.24	133.3	118.4	99.12	22.72	15.45	2.31	11.71	34.72	96.51	72.02	
2009	180.71	74.61	110.52	78.81	42.2	17.91	12.32	3.92	11.8	78.53	109.41	74.22
2010	49.52	112.91	154.02	88.41	31.64	8.62	2.6	1.33	28.95	43.41	52.51	70.86
2011	76.61	73.31	125.22	102.03	16.7	0.41	8.32	0.03	47.12	31.5	24.41	109.71
2012	154.22	134.7	126.4	72.82	51.51	0.21	0	2.54	19.12	83.22	120.31	58.3
2013	61.52	98.01	213.6	73.81	62.63	7.5	5.7	8.93	3.7	110.7	17	51.91
2014	74.7	62.41	143.2	78.82	26.92	5	2	3.91	27.71	26.32	45.7	114.9
2015	184.71	55.4	202.2	63	75.82	3	4.4	0.1	27.8	16.81		
2016	83.3	85.3	119	58.5	7	1.6	2.1	1.1	23.4	61.7	13.5	63.8
2017	79.4	71.9	138.7	78.8	47.2	12	2.3	20.9	21.2	65.3	63.2	168.1
2018	99	125.7	117.3	72.9	50.1	10.8	0.5	0	24.4	61.6	97.4	68.7
2019	43.7	104.1	172.7	78.1	37.4	9.1	11.7	0	7.6	121	52.6	162.7

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

A.2. Consistencia de la información pluviométrica e hidrométrica

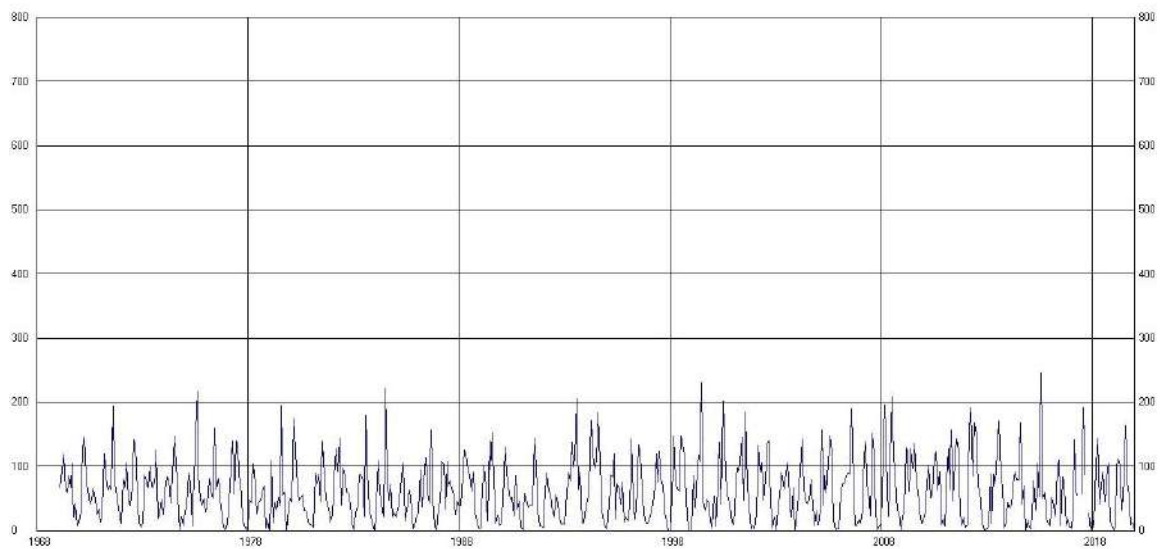


Figura 40.- Histograma de precipitación de la Estación Bambamarca

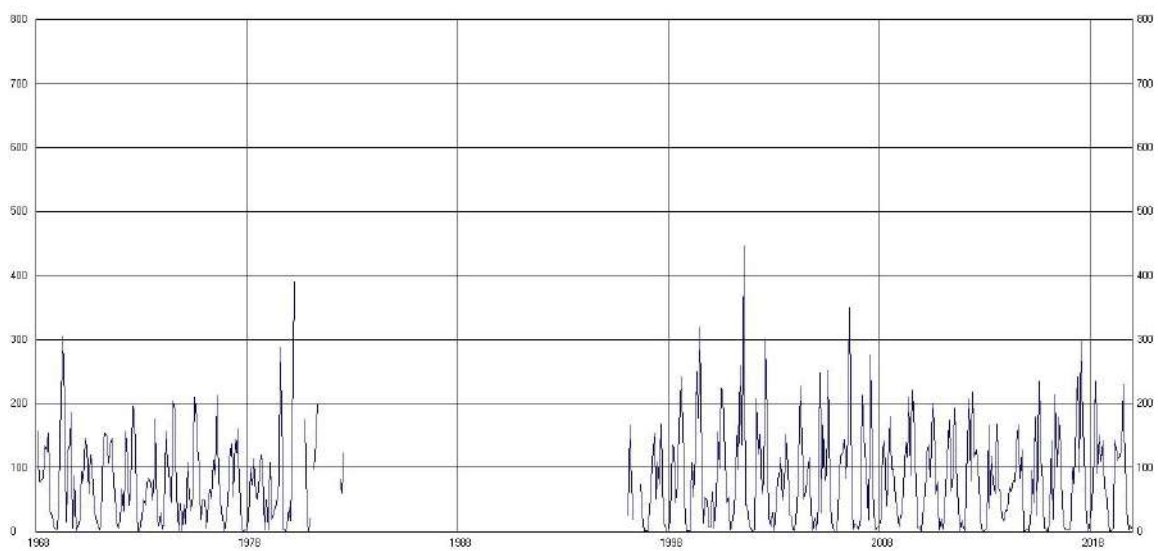


Figura 41.- Histograma de precipitación de la Estación Celendín

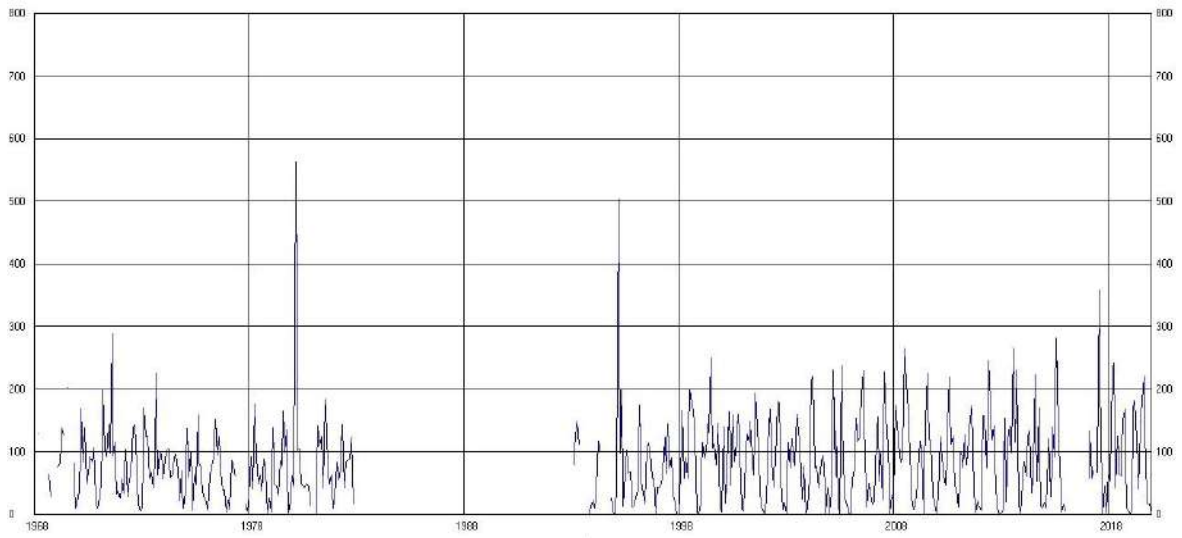


Figura 42.- Histograma de precipitación de la Estación Chota

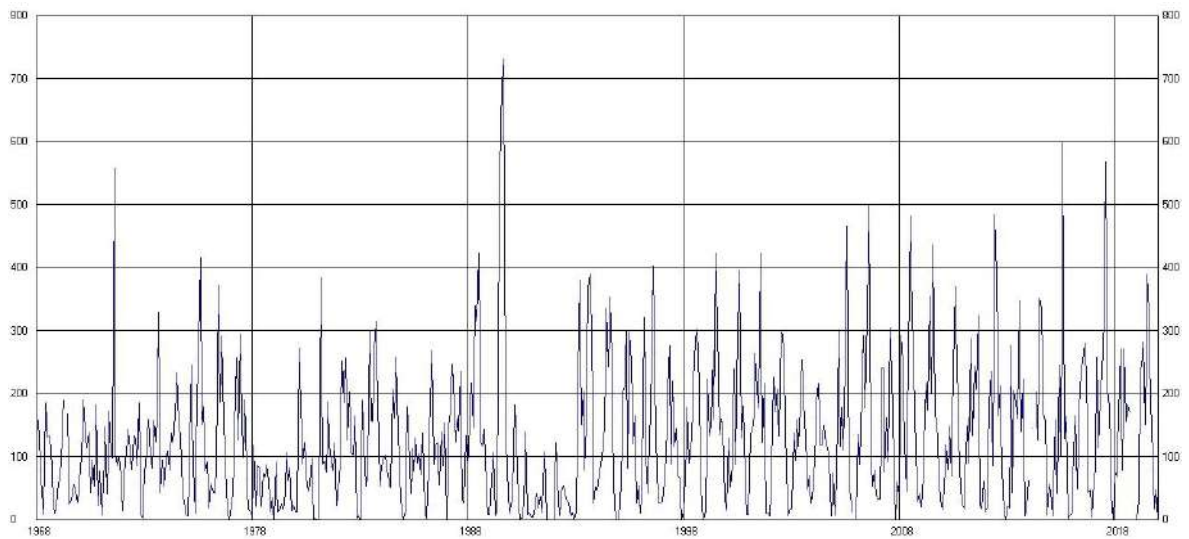


Figura 43.- Histograma de precipitación de la Estación Chugur

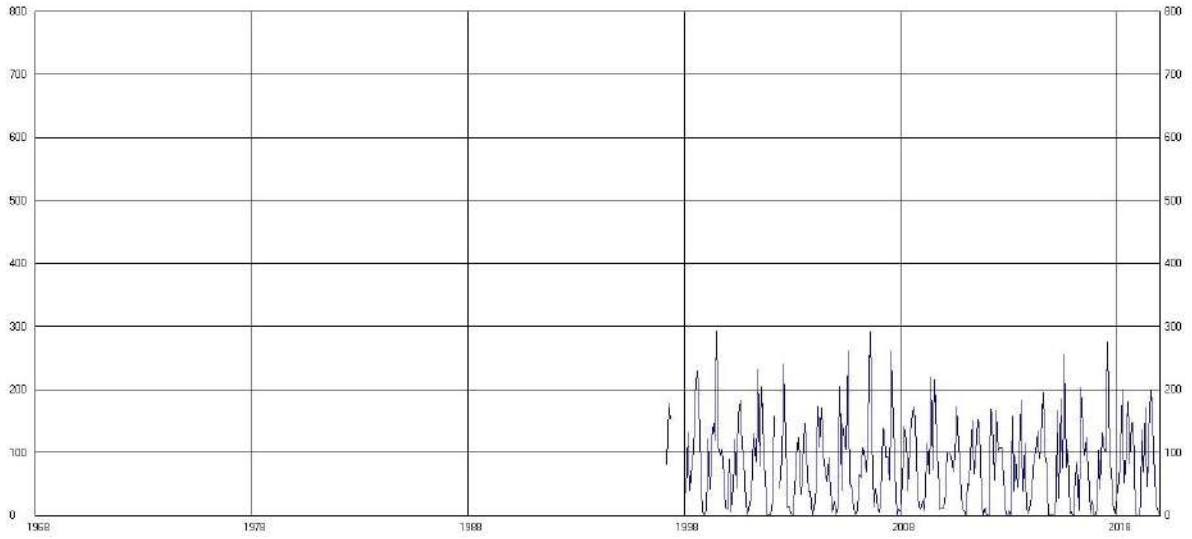


Figura 44.- Histograma de precipitación de la Estación La Encañada

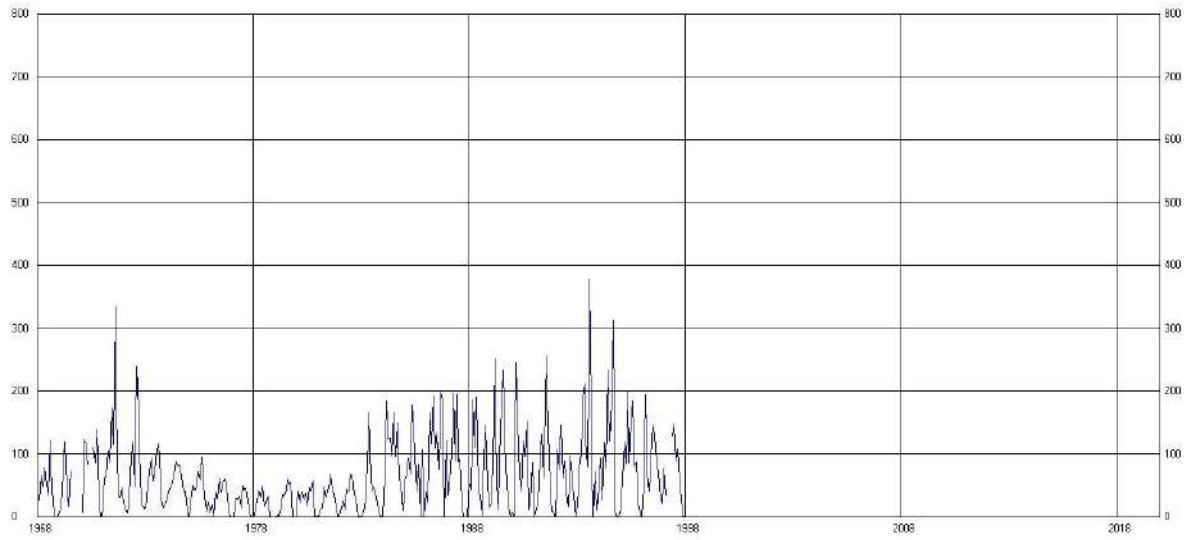


Figura 45.- Histograma de precipitación de la Estación Quebrada Honda

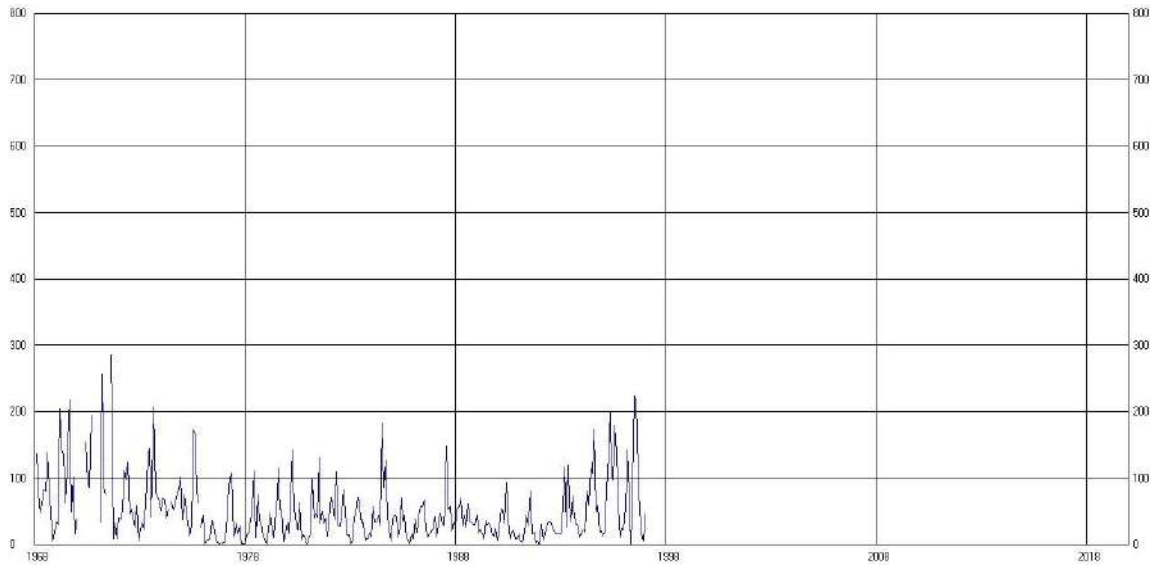


Figura 46.- Histograma de precipitación de la Estación Quilcate

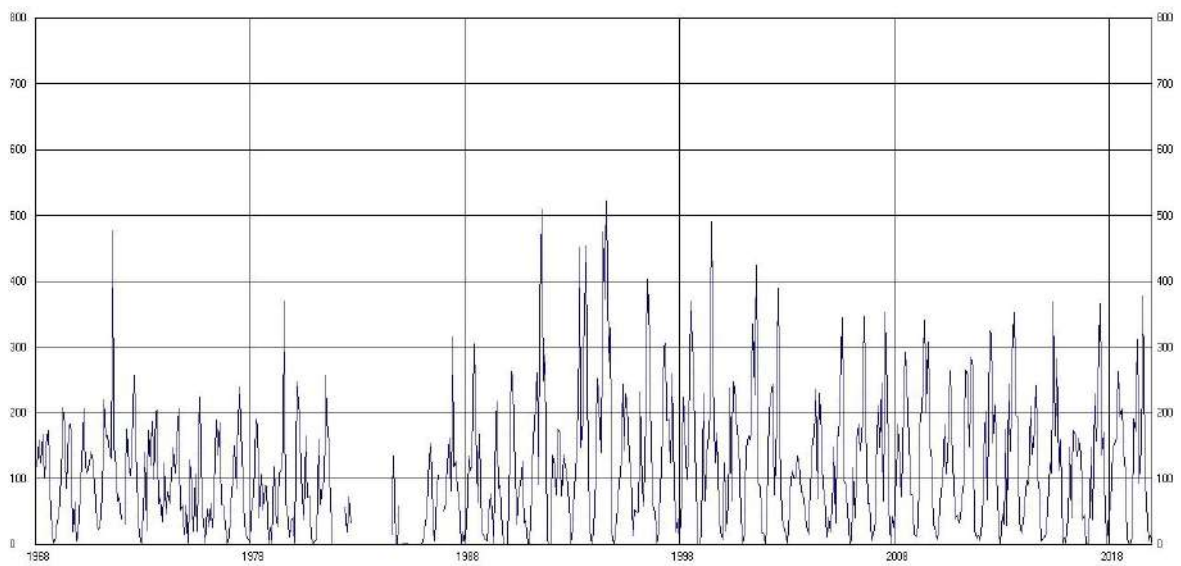


Figura 47.- Histograma de precipitación de la Estación Granja Porcón

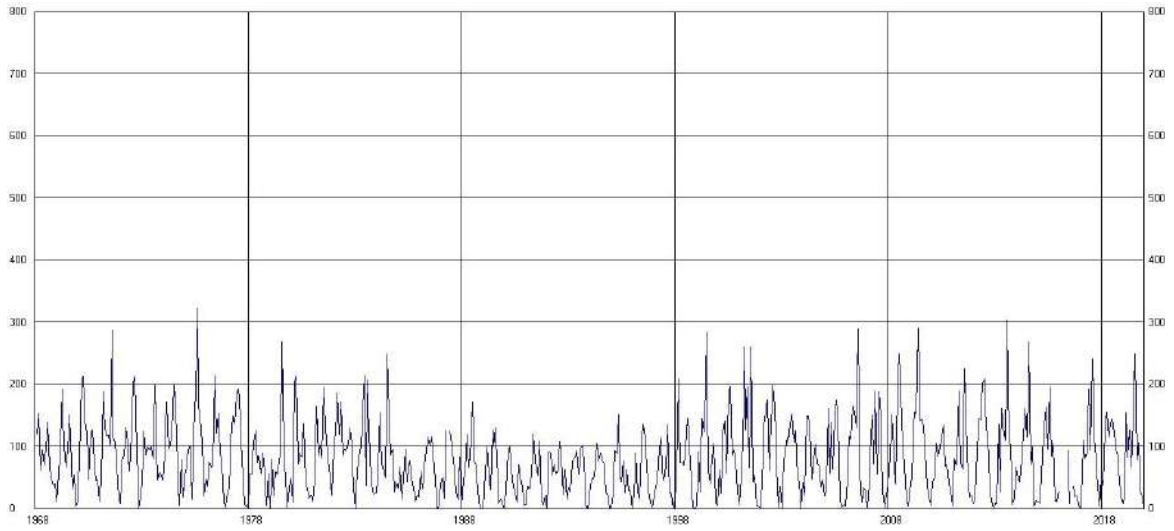


Figura 48.- Histograma de precipitación de la Estación Quebrada Shugar

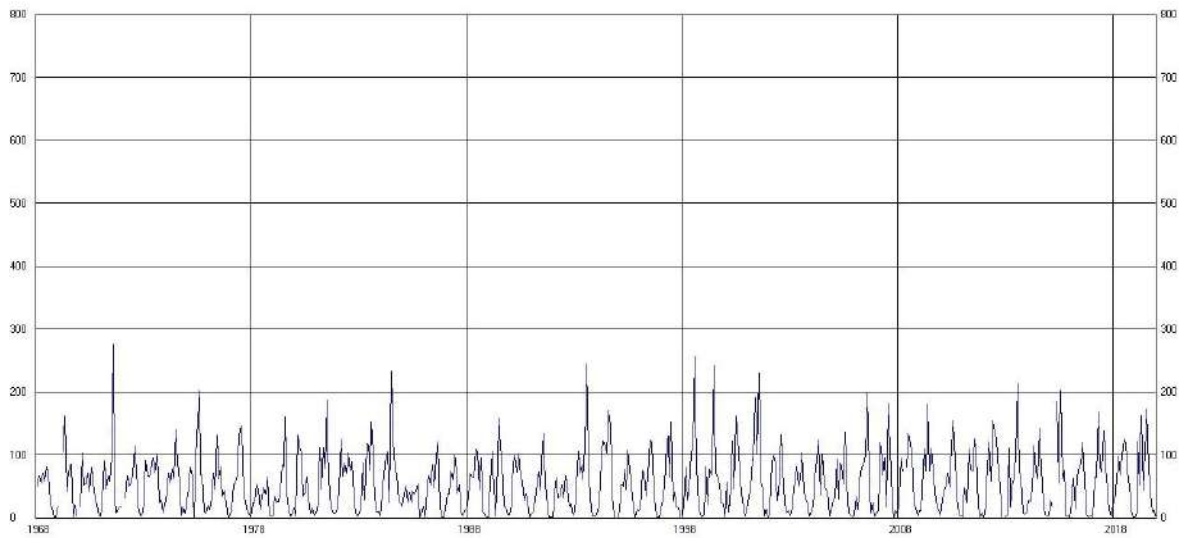


Figura 49.- Histograma de precipitación de la Estación Augusto Weberbauer

Información de entrada para análisis de consistencia en el Software Trend V1

Año	Caudal (m3/s)		Año	Mes	Caudal (m3/s)
1968	5.372258		1968	Ene	5.372258
1969	11.533793		1968	Feb	11.533793
1970	20.288710		1968	Mar	20.288710
1971	3.473333		1968	Abr	3.473333
1972	3.486452		1968	May	3.486452
1973	1.385667		1968	Jun	1.385667
1974	1.021613		1968	Jul	1.021613
1975	0.911613		1968	Ago	0.911613
1976	2.358000		1968	Set	2.358000
1977	8.114839		1968	Oct	8.114839
1978	5.106667		1968	Nov	5.106667
1979	2.913871		1968	Dic	2.913871
1980	5.802258	Artificio para ingreso de	1969	Ene	5.802258
1981	11.556429	datos a TREND V1.0.2	1969	Feb	11.556429
1982	7.778710	←	1969	Mar	7.778710
1983	17.596333		1969	Abr	17.596333
1984	3.121290		1969	May	3.121290
1985	2.084667		1969	Jun	2.084667
1986	1.080000		1969	Jul	1.080000
1987	0.783226		1969	Ago	0.783226
1988	0.845333		1969	Set	0.845333
1989	2.815161		1969	Oct	2.815161
1990	12.061333		1969	Nov	12.061333
1991	15.134516		1969	Dic	15.134516
1992	11.122903		1970	Ene	11.122903
1993	9.760714		1970	Feb	9.760714
1994	12.301290		1970	Mar	12.301290
1995	10.931333		1970	Abr	10.931333
1996	9.441935		1970	May	9.441935
1997	3.735667		1970	Jun	3.735667
1998	1.909677		1970	Jul	1.909677
1999	1.036452		1970	Ago	1.036452
2000	1.190667		1970	Set	1.190667
2001	6.442903		1970	Oct	6.442903
2002	23.576000		1970	Nov	23.576000
2003	22.393871		1970	Dic	22.393871
2004	13.858710		1971	Ene	13.858710
2005	19.503214		1971	Feb	19.503214

Fuente: (Elaboración propia).

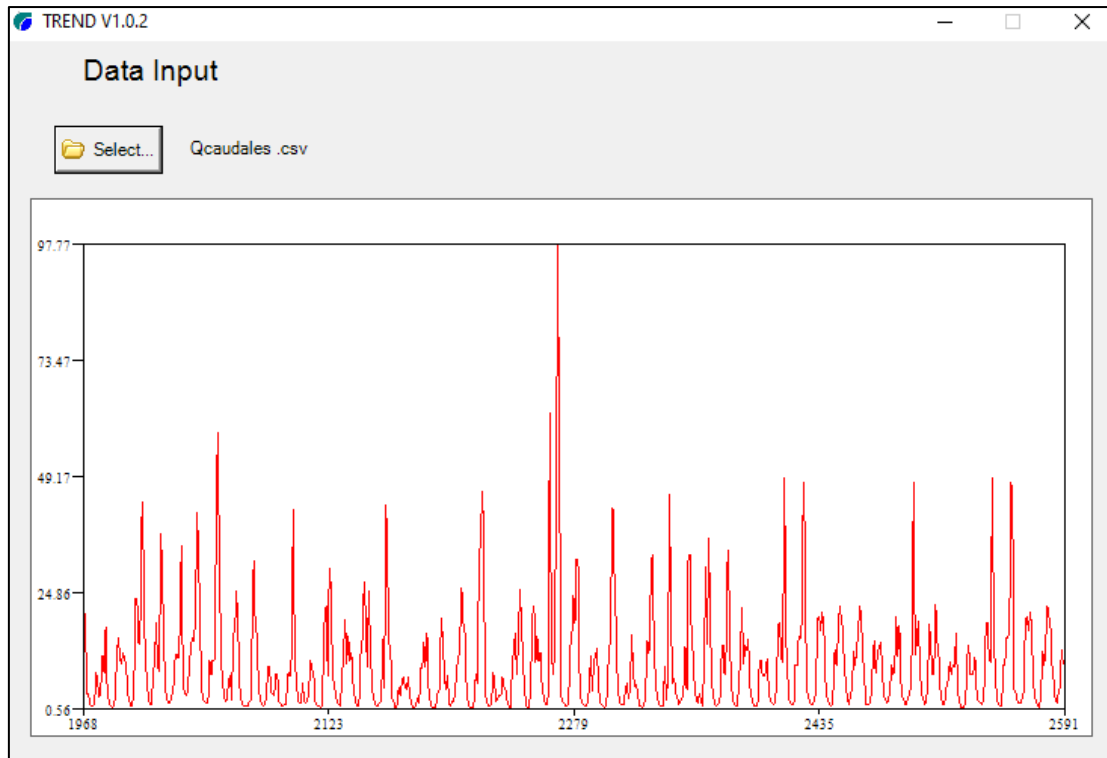


Figura 50.- Histograma de caudal de la estación Llaucano-Corellama

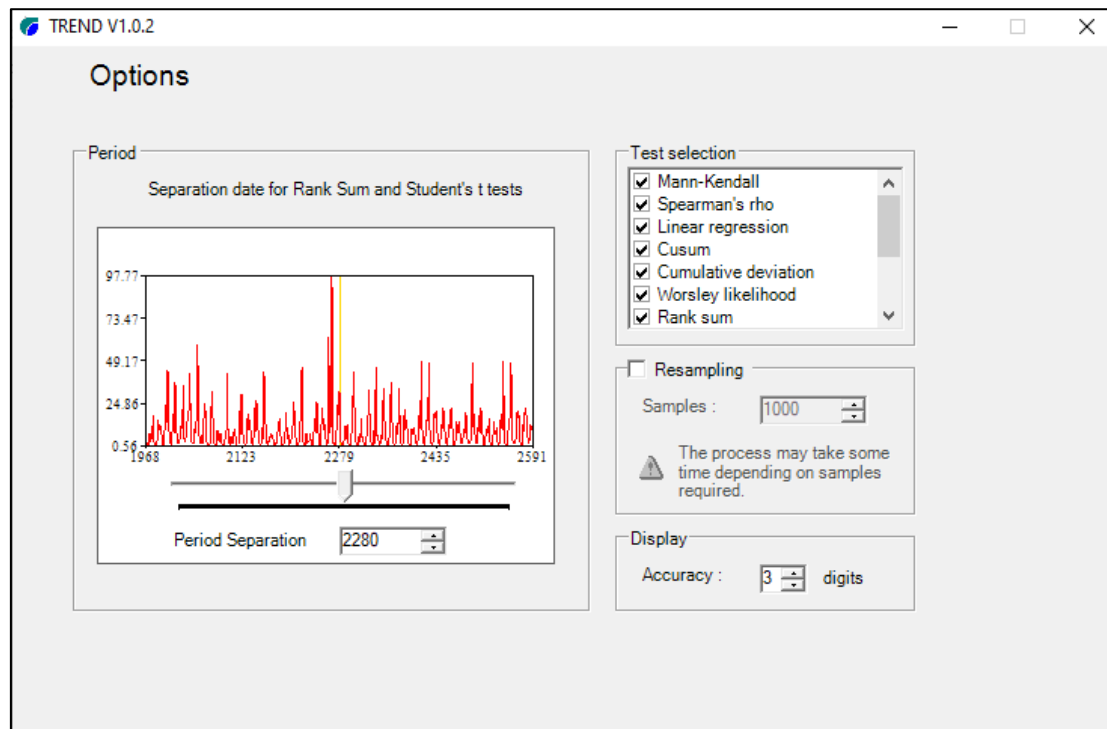


Figura 51.- Separación en periodos del caudal de la estación Llaucano-Corellama

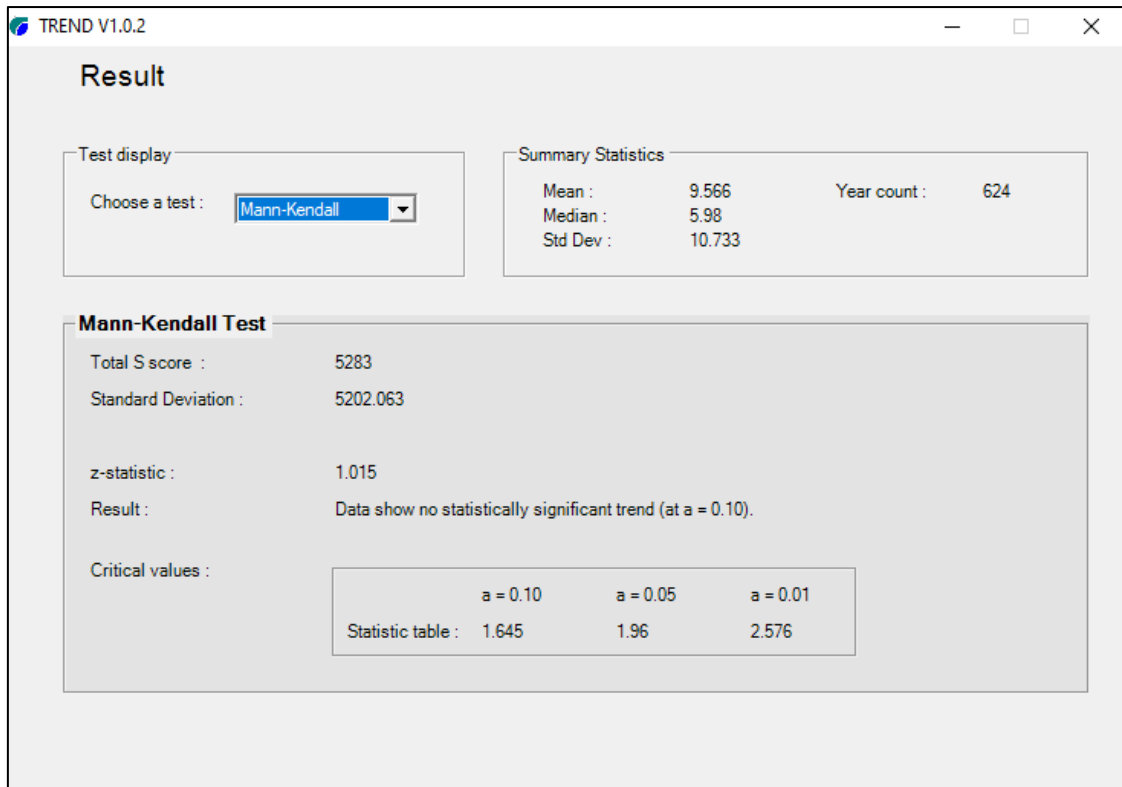


Figura 52.- Test Estadístico de Mann- Kendall

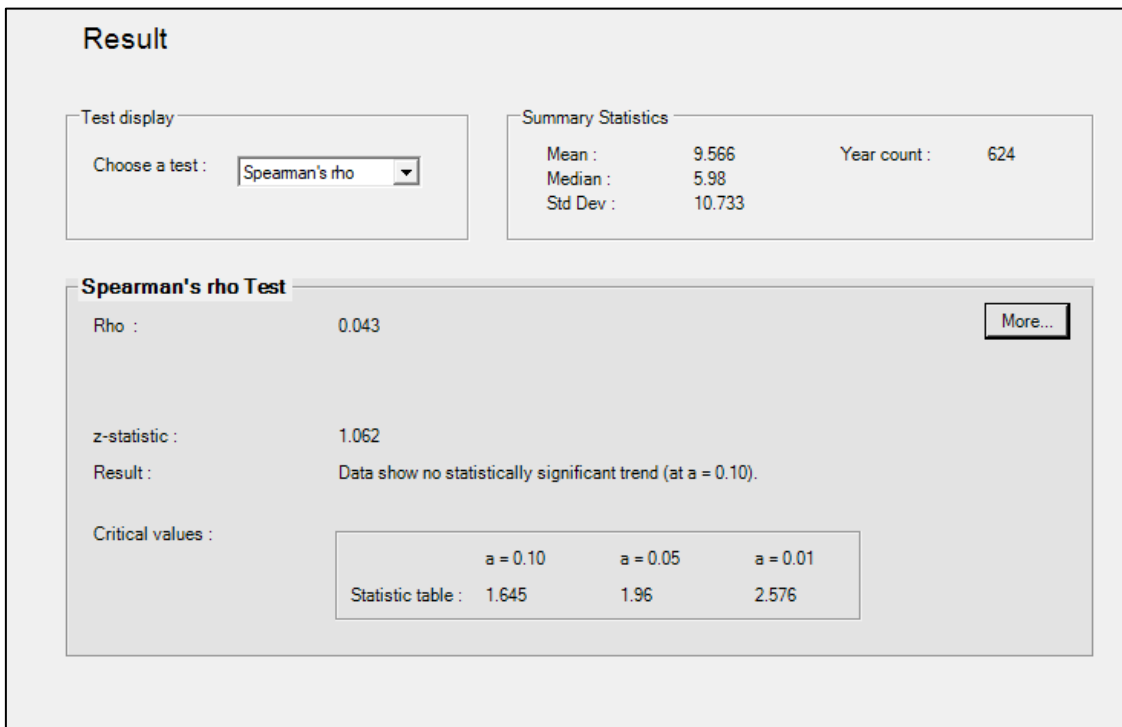


Figura 53.- Test Estadístico de Spearman Rho

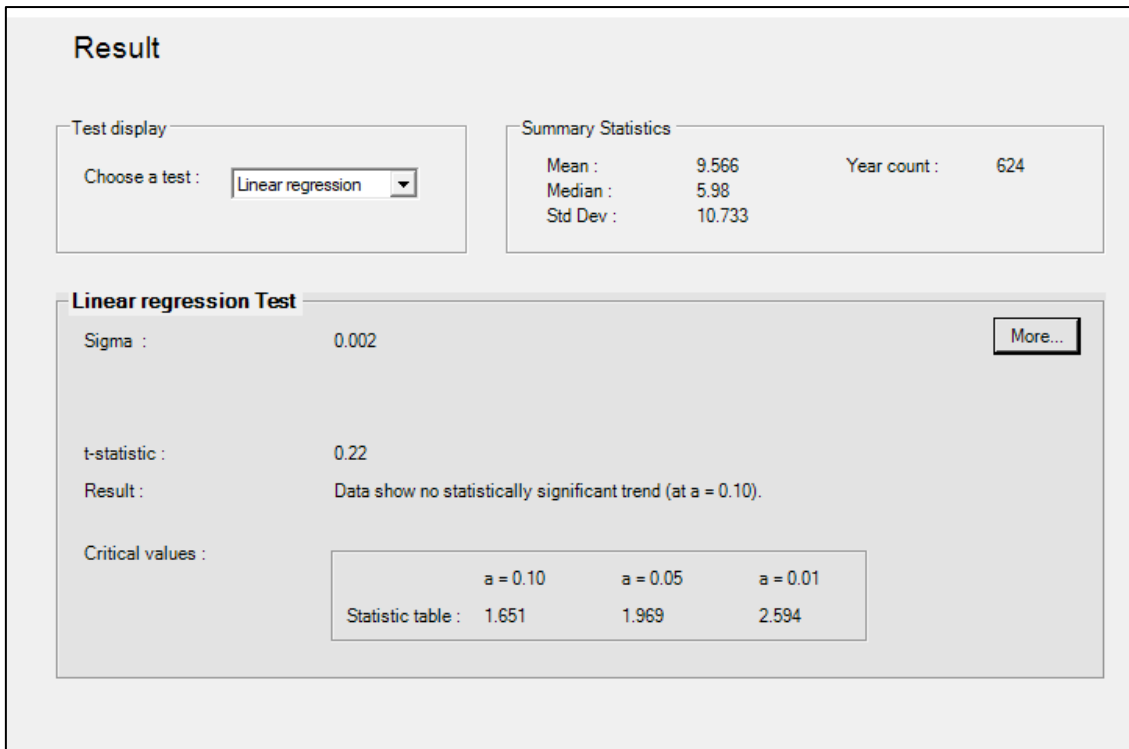


Figura 54.- Test Estadístico de Regresión Lineal

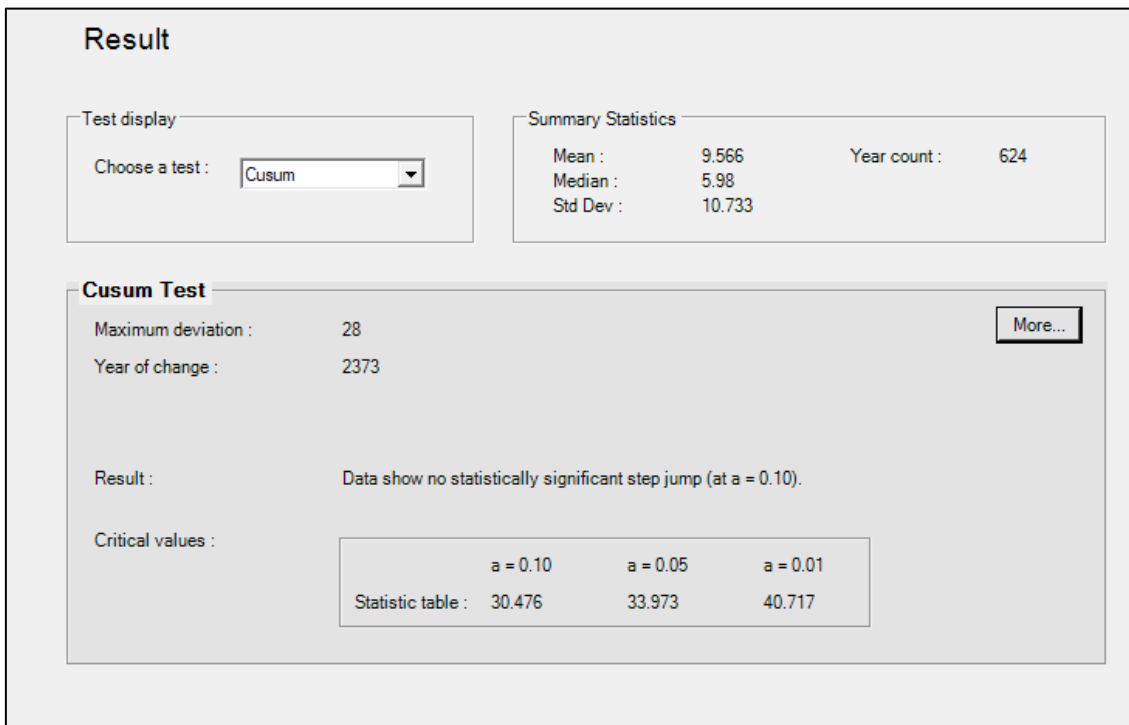


Figura 55.- Test Estadístico de Cusum

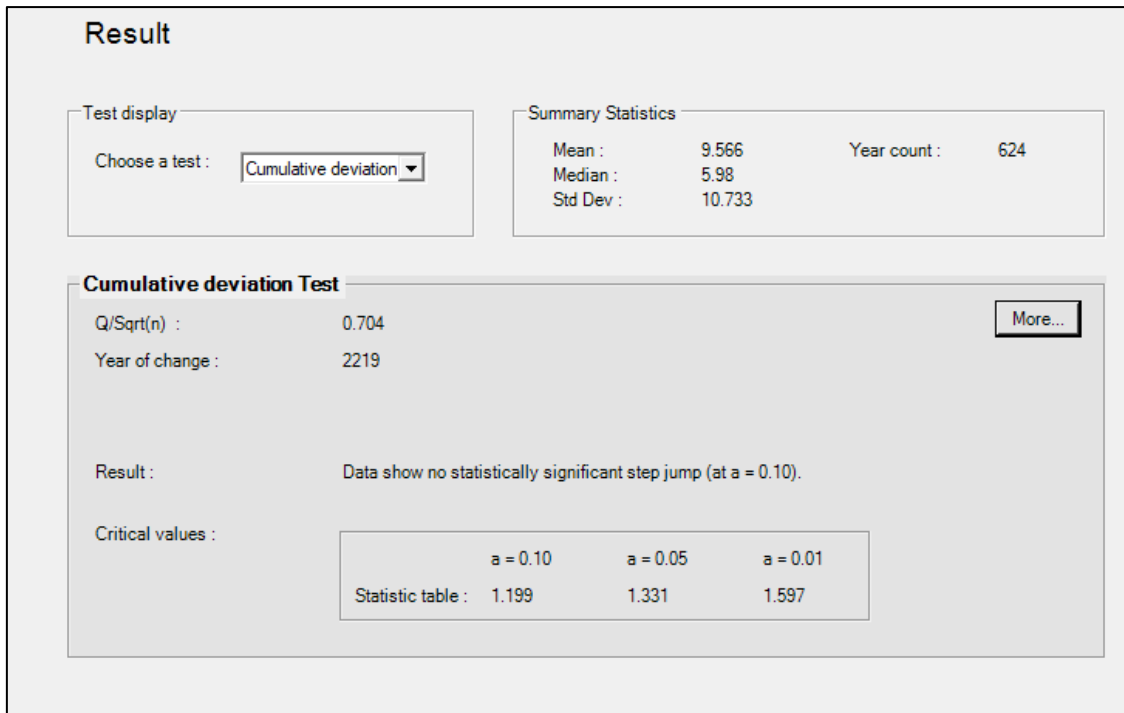


Figura 56.- Test Estadístico de Desviación Acumulada

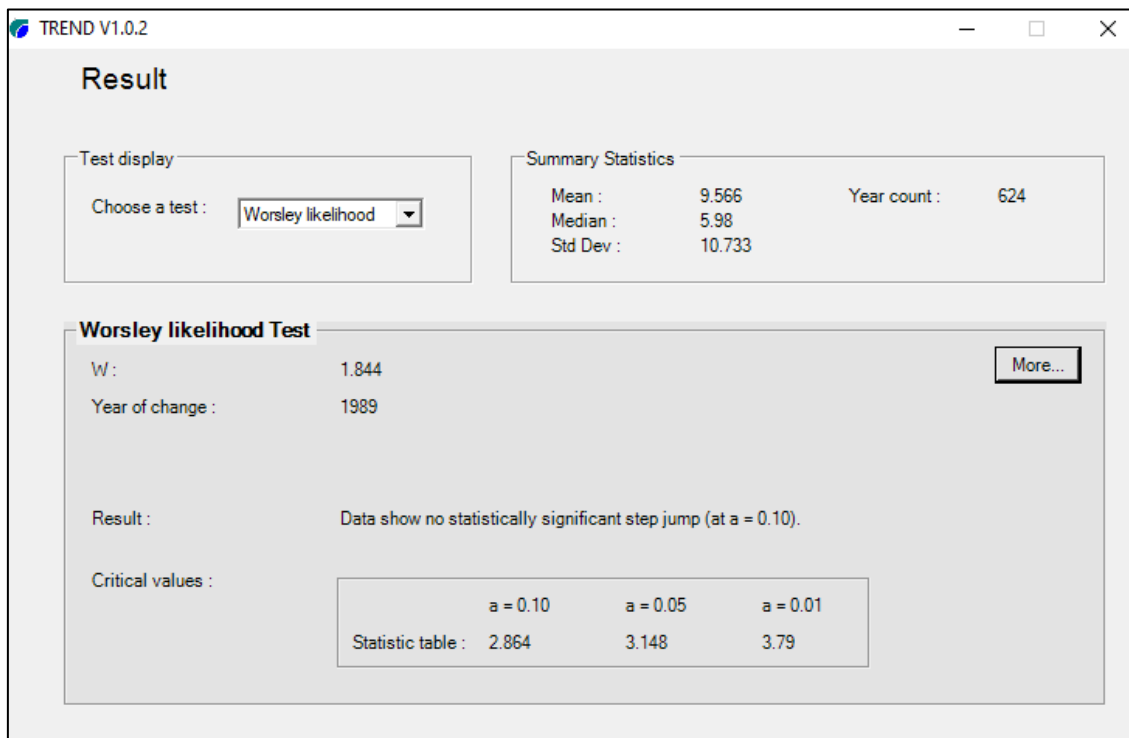


Figura 57.- Test Estadístico de Worsley Likelihood

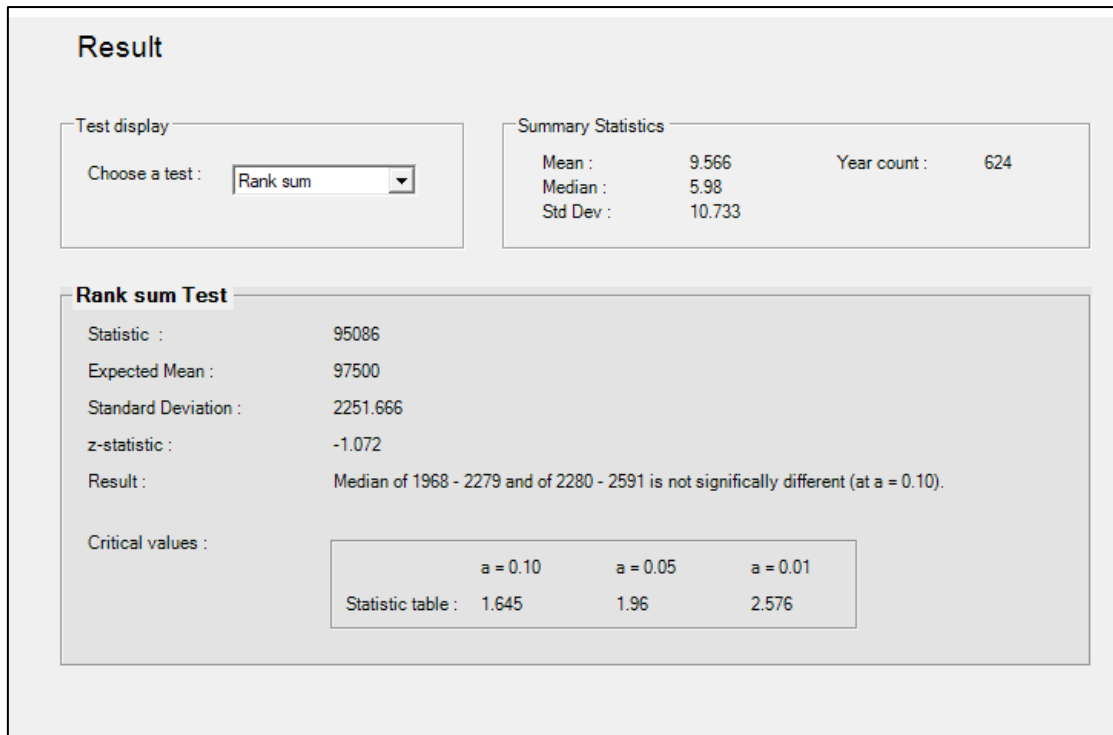


Figura 58.- Test Estadístico de Rank Sum

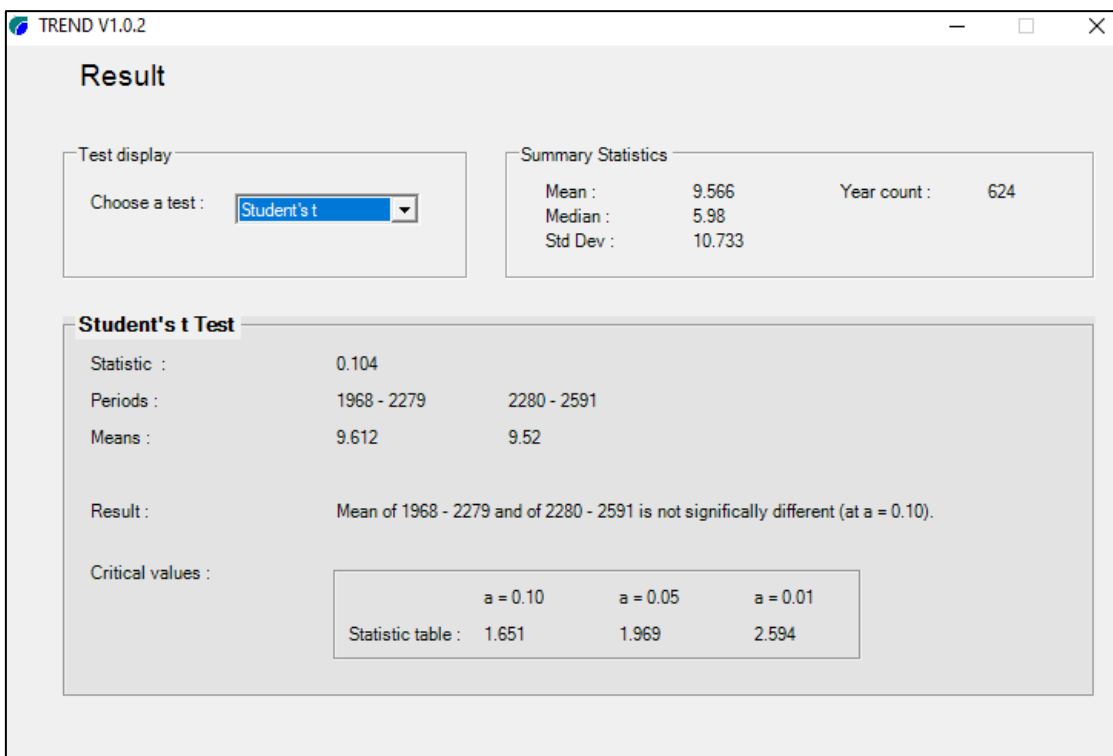


Figura 59.- Test Estadístico T de Student's

Tabla 49.- Resultados del Análisis de Consistencia de caudales

Test statistic		Critical values (Statistical table)			Result	
Test	val	a=0.1	a=0.05	a=0.01	S/NS	ANÁLISIS
Mann-Kendall	1.015	1.645	1.96	2.576	NS	TENDENCIAS
Spearman's Rho	1.062	1.645	1.96	2.576	NS	
Linear regression	0.22	1.651	1.969	2.594	NS	
Cusum	28	30.476	33.973	40.717	NS	SALTOS
Cumulative deviation	0.704	1.199	1.331	1.597	NS	
Worsley likelihood	1.844	2.864	3.148	3.79	NS	
Rank Sum	-1.072	1.645	1.96	2.576	NS	
Student's t	0.104	1.651	1.969	2.594	NS	

Estación Bambamarca

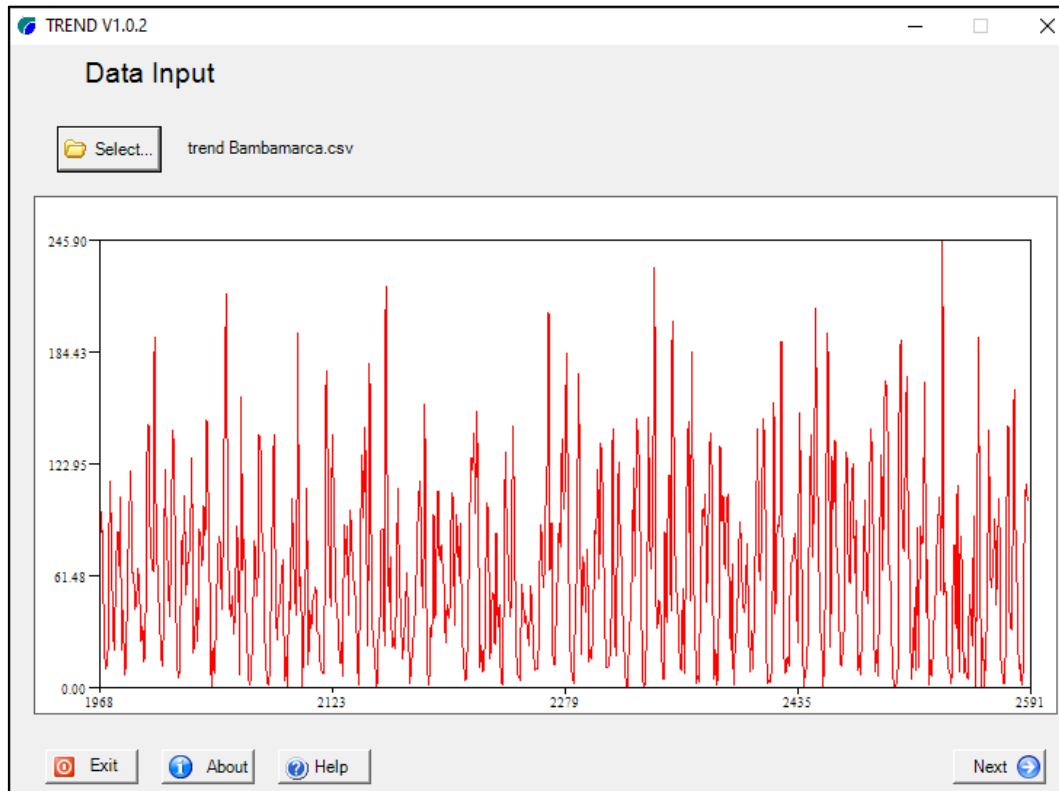


Figura 60.- Histograma de precipitación de la estación Bambamarca.

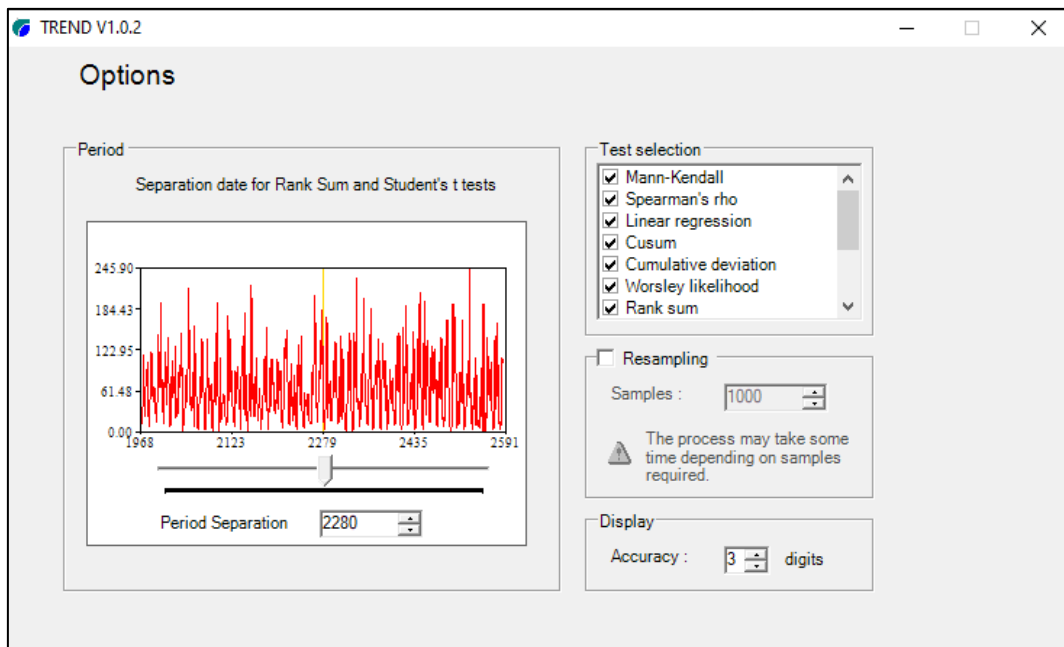


Figura 61.- Separación en periodos de la precipitación de la estación Bambamarca.

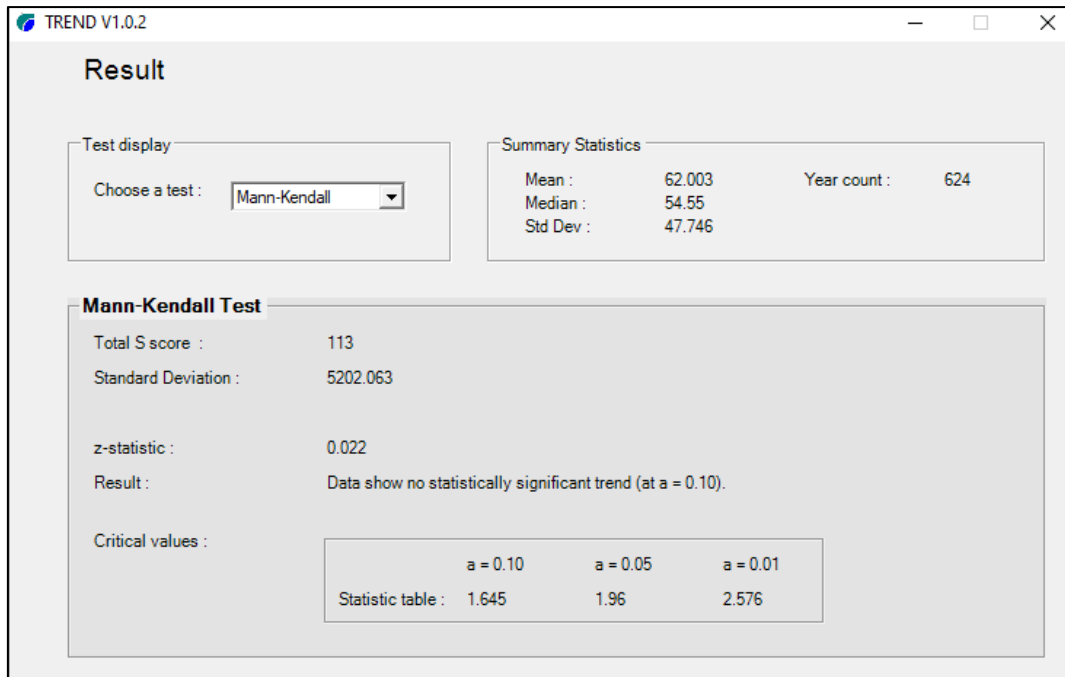


Figura 62.- Test Estadístico de Mann Kendall (1)

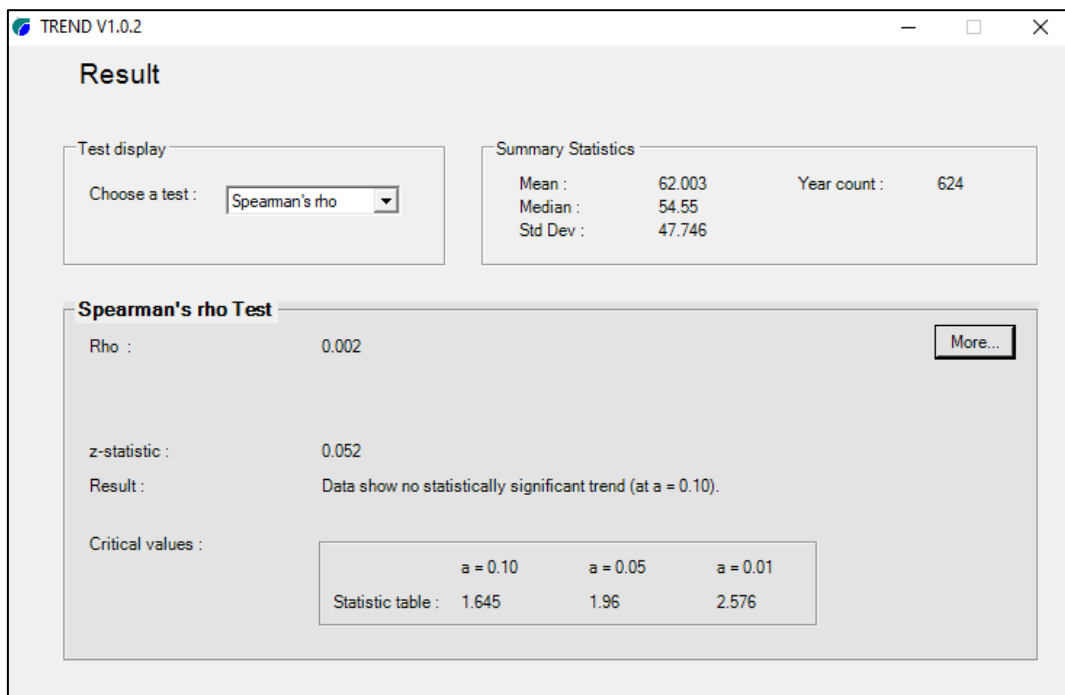


Figura 63.- Test Estadístico de Speaman's rho (1)

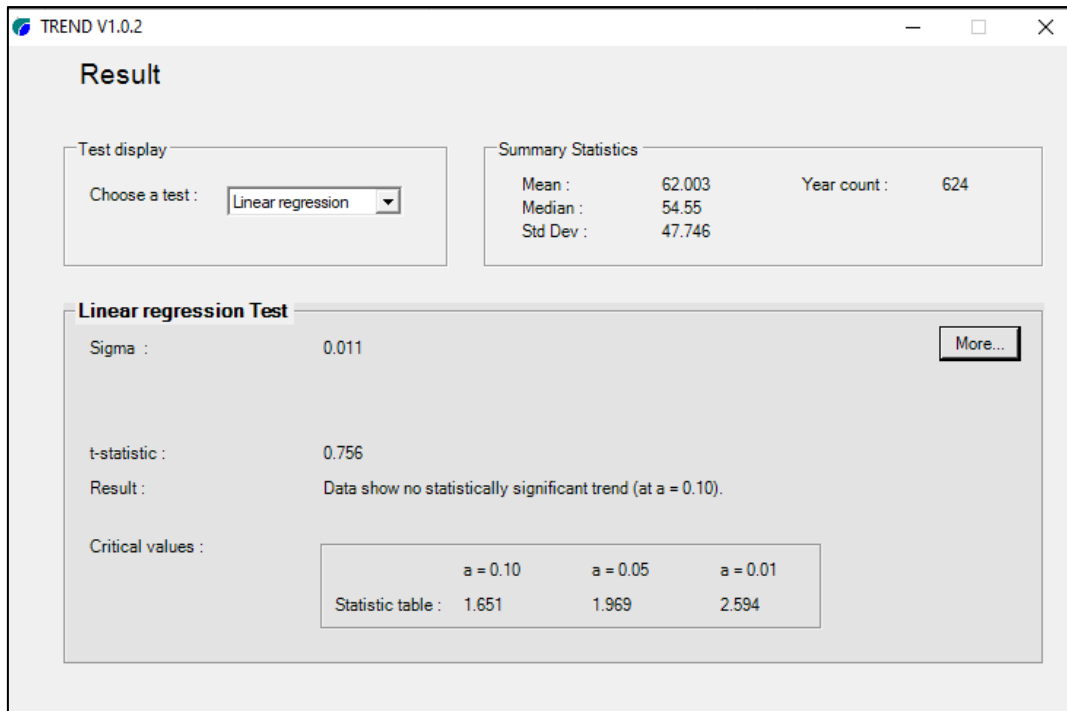


Figura 64.- Test Estadístico de Regresión Lineal (1)

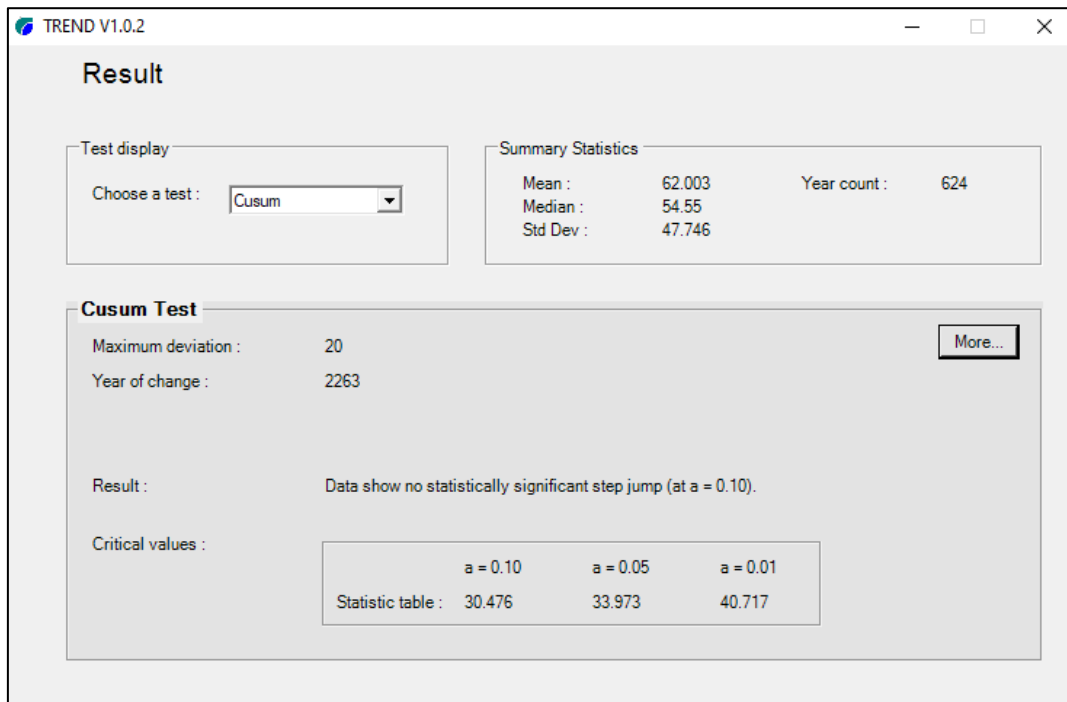


Figura 65.- Test Estadístico de Cusum (1)

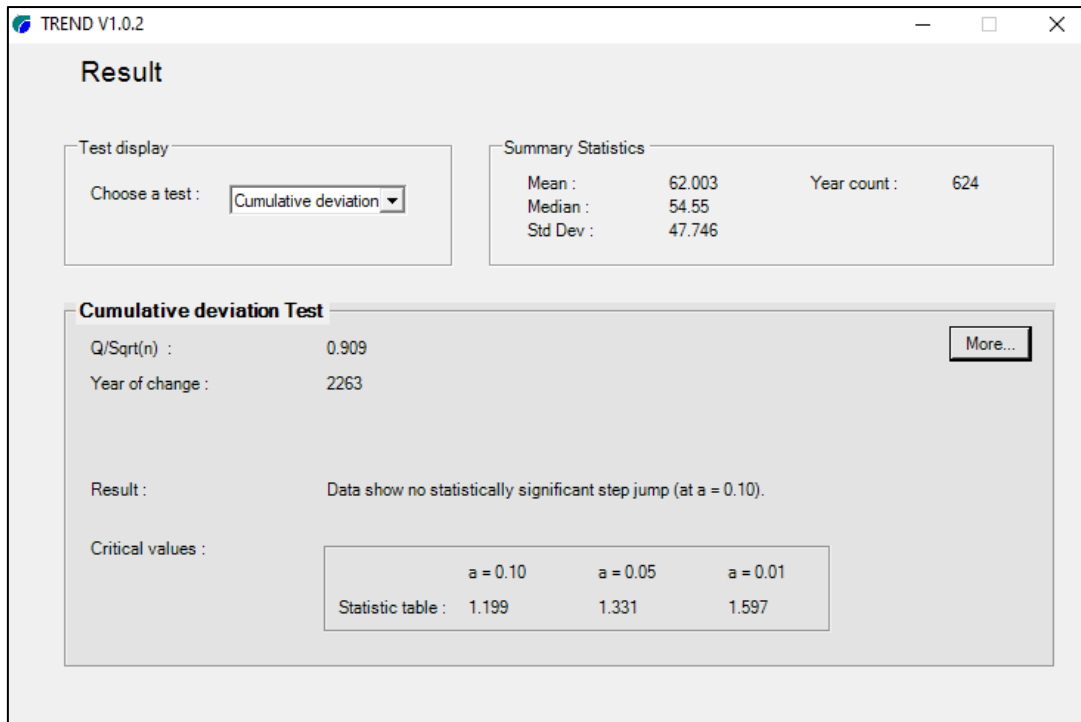


Figura 66.- Test Estadístico de Desviación Acumulada (1)

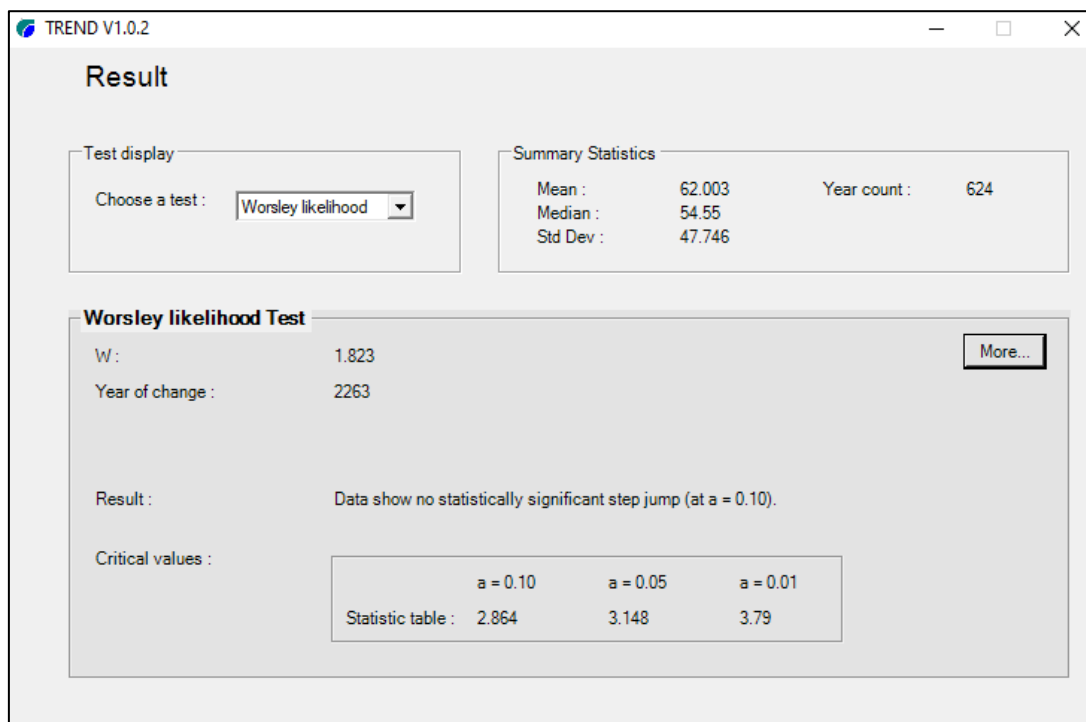


Figura 67.- Test Estadístico de Wonley (1)

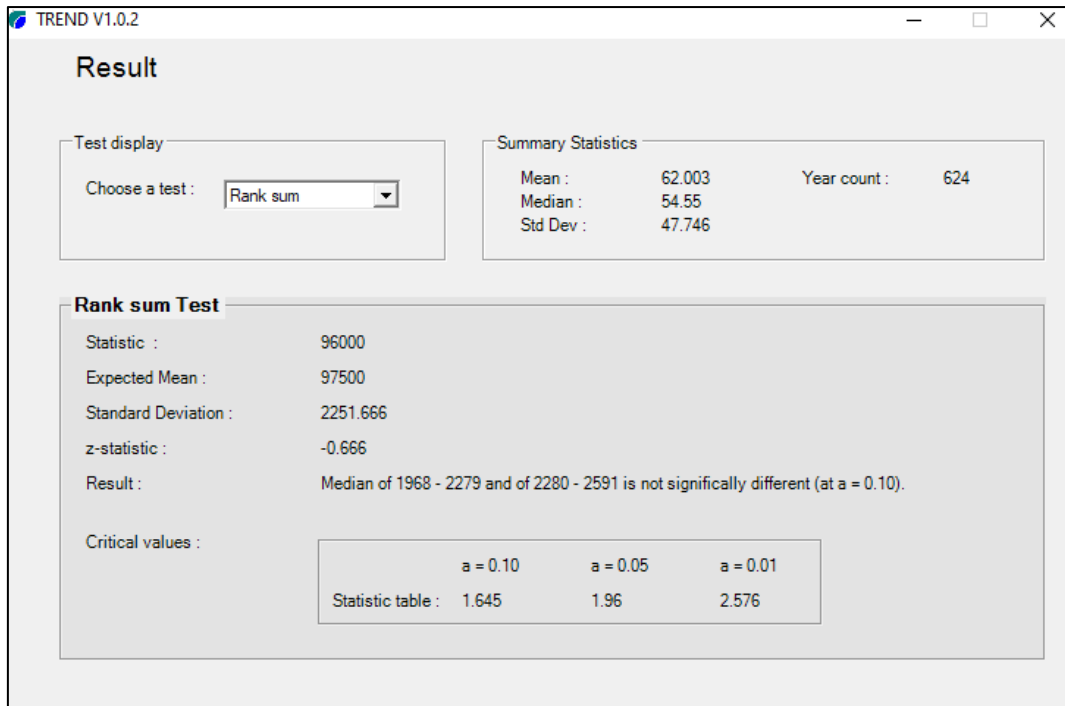


Figura 68.- Test Estadístico de Rank sum (1)



Figura 69.- Test Estadístico T de Student's (1)

Tabla 50.- Resultados del Análisis de Consistencia de precipitación (1)

Test statistic		Critical values (Statistical table)			Result	
Test	val	a=0.1	a=0.05	a=0.01	S/NS	ANÁLISIS
Mann-Kendall	0.022	1.645	1.96	2.576	NS	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.052	1.645	1.96	2.576	NS	
Linear regression	0.756	1.651	1.969	2.594	NS	
Cusum	20	30.476	33.973	40.717	NS	SALTOS
Cumulative deviation	0.909	1.199	1.331	1.597	NS	
Worsley likelihood	1.823	2.864	3.148	3.79	NS	
Rank Sum	-0.666	1.645	1.96	2.576	NS	
Student's t	-1.357	1.651	1.969	2.594	NS	

Estación Augusto Weberbauer

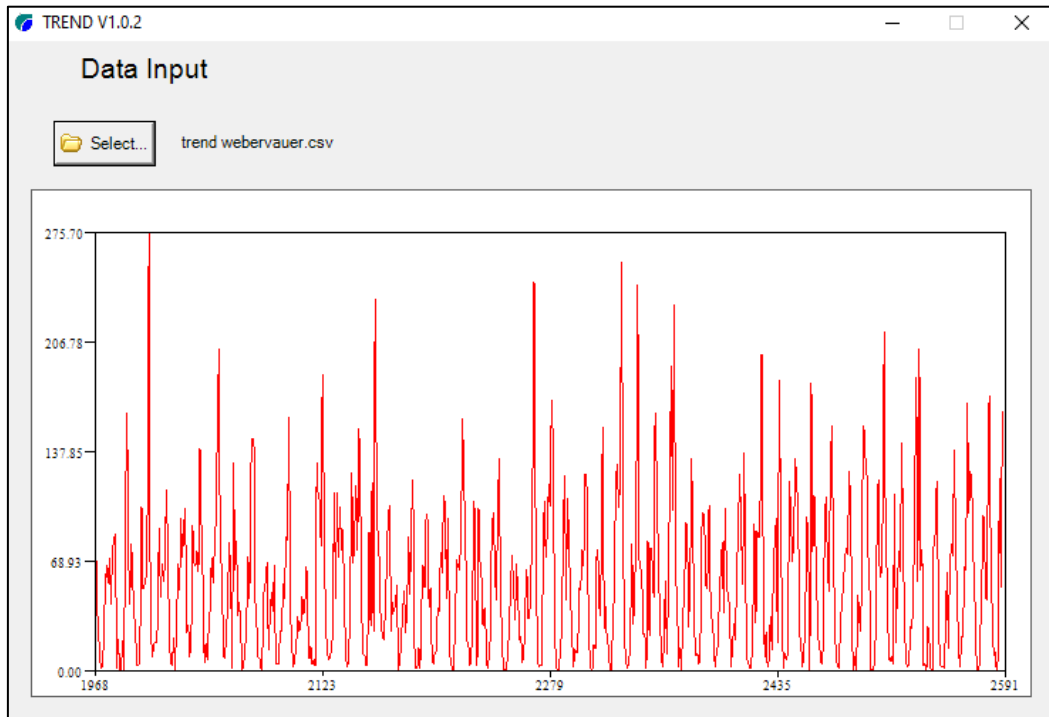


Figura 70.- Histograma de precipitación de la estación Augusto Weberbauer.

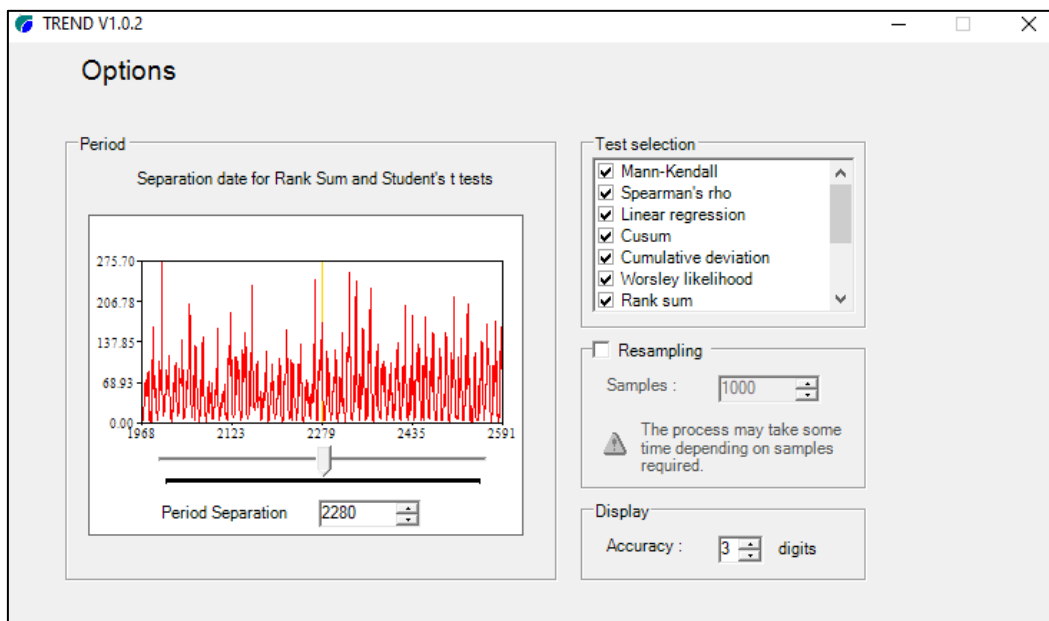


Figura 71.- Separación en periodos de la precipitación de la estación Augusto Weberbauer.

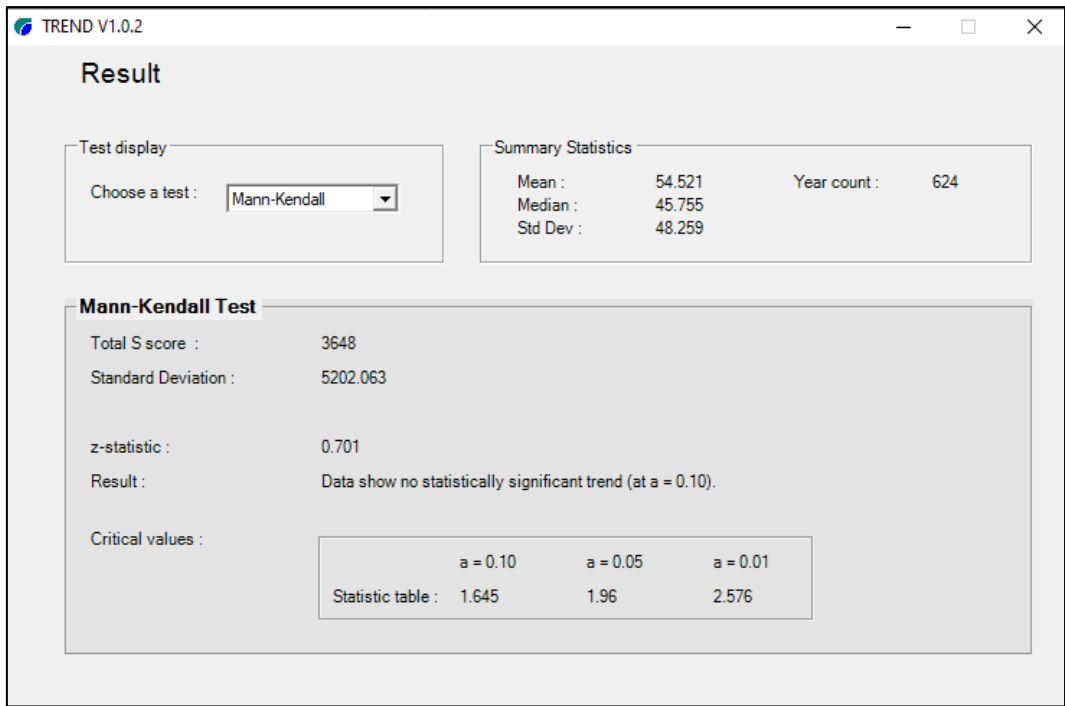


Figura 72.- Test Estadístico de Mann Kendall (2)

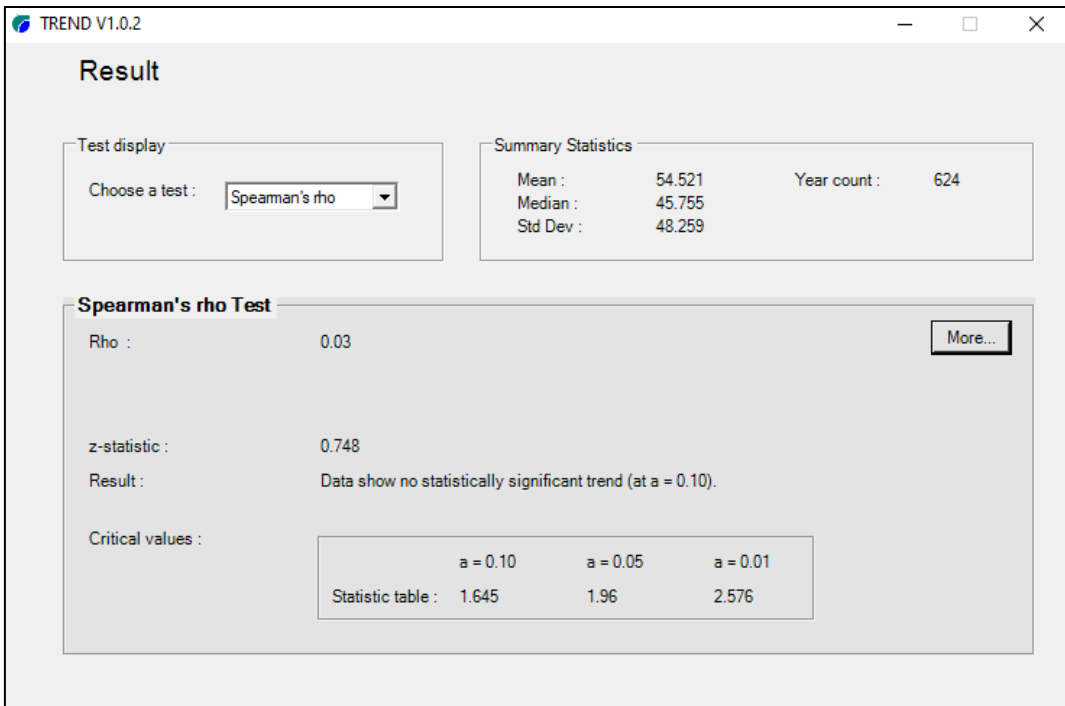


Figura 73.- Test Estadístico de Speaman's rho (2)

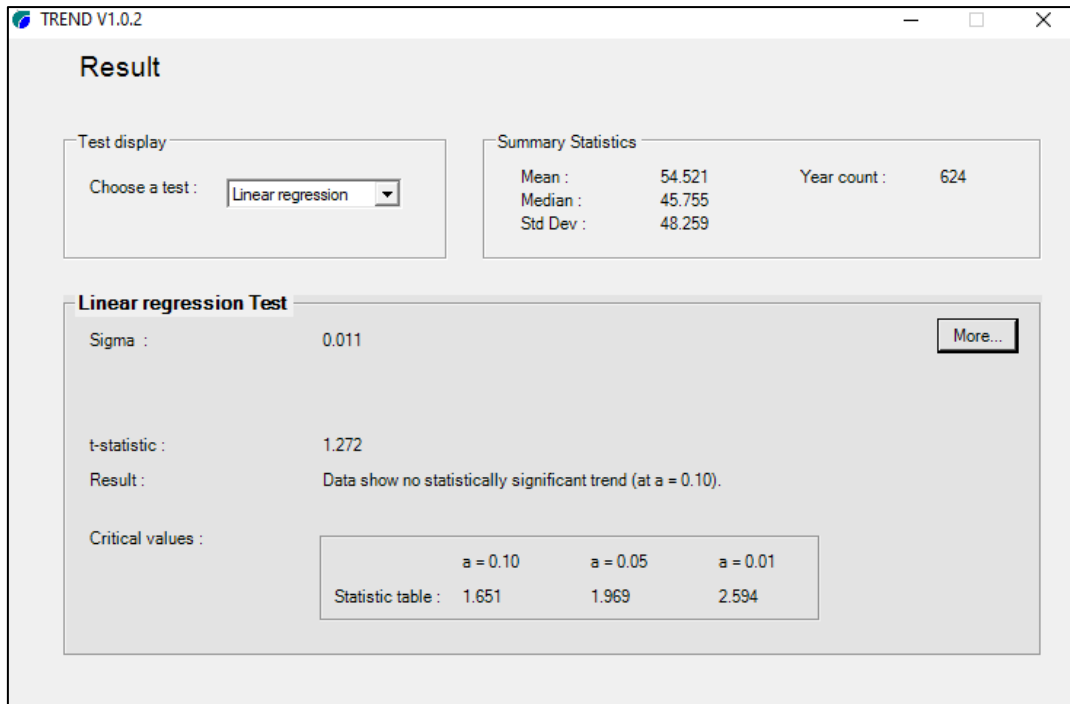


Figura 74.- Test Estadístico de Regresión Lineal (2)

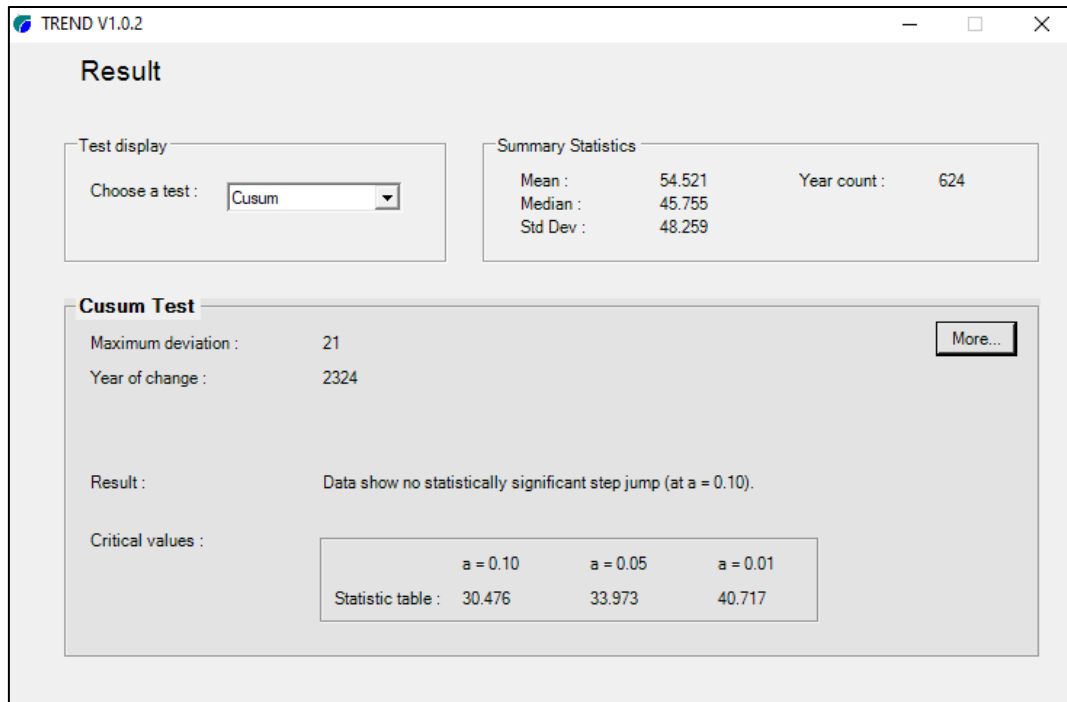


Figura 75.- Test Estadístico de Cusum (2)

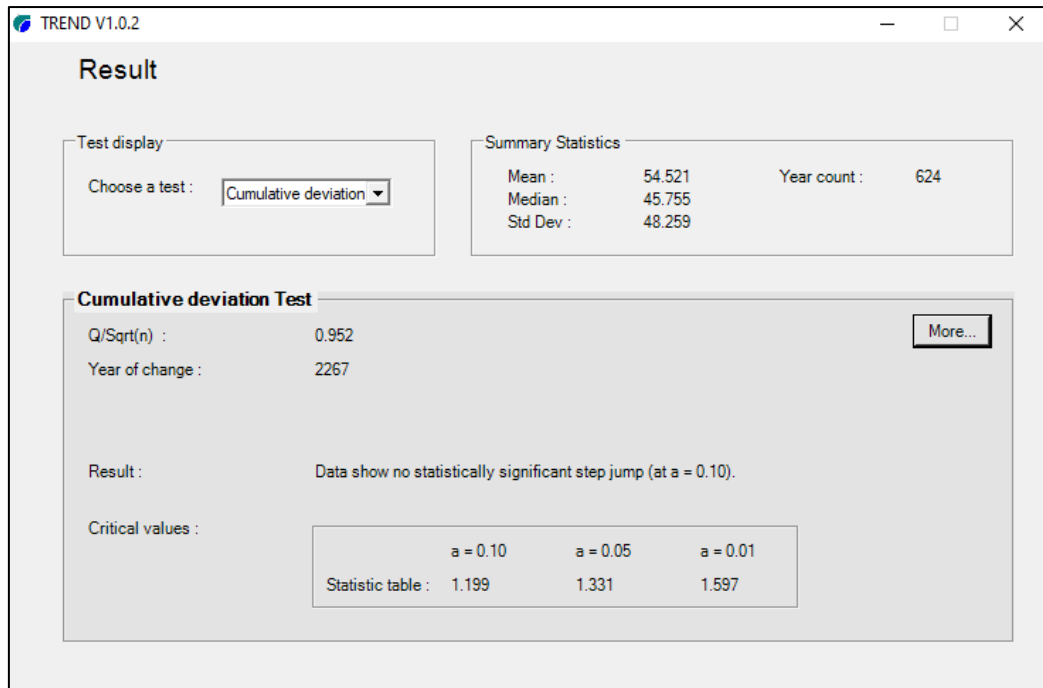


Figura 76.- Test Estadístico de Desviación Acumulada (2)

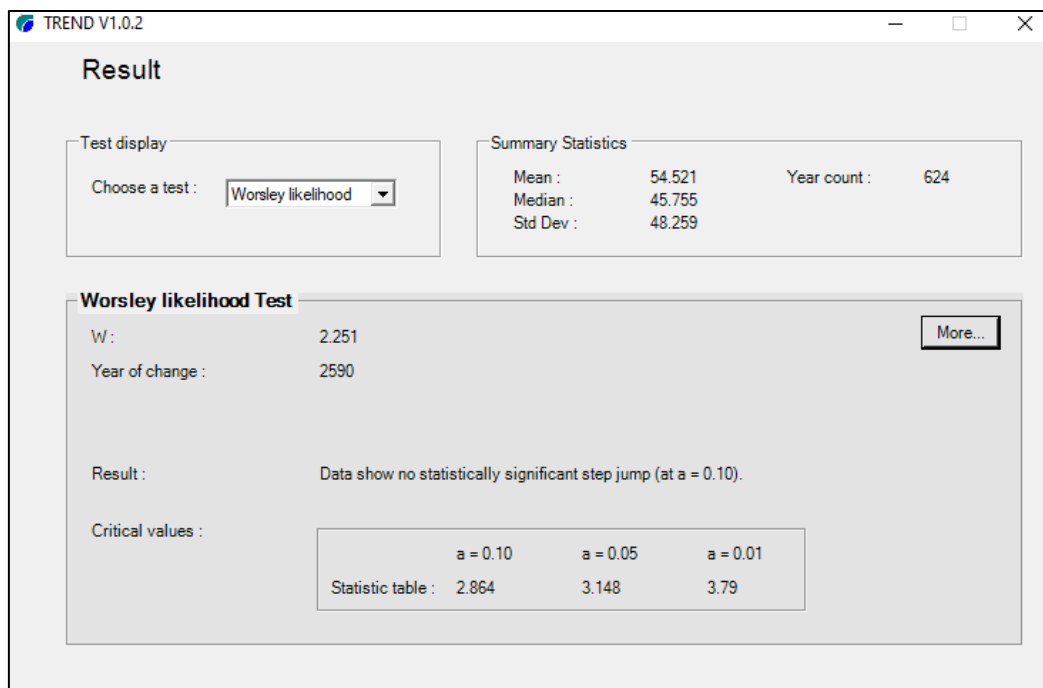


Figura 77.- Test Estadístico de Wonley (2)

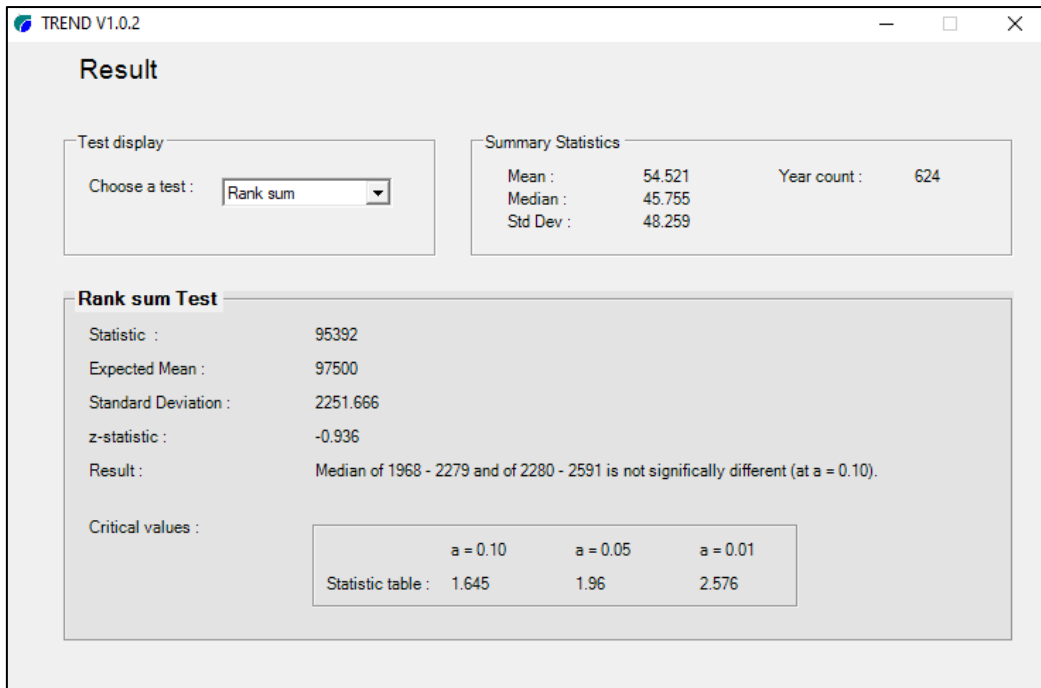


Figura 78.- Test Estadístico de Rank sum (2)

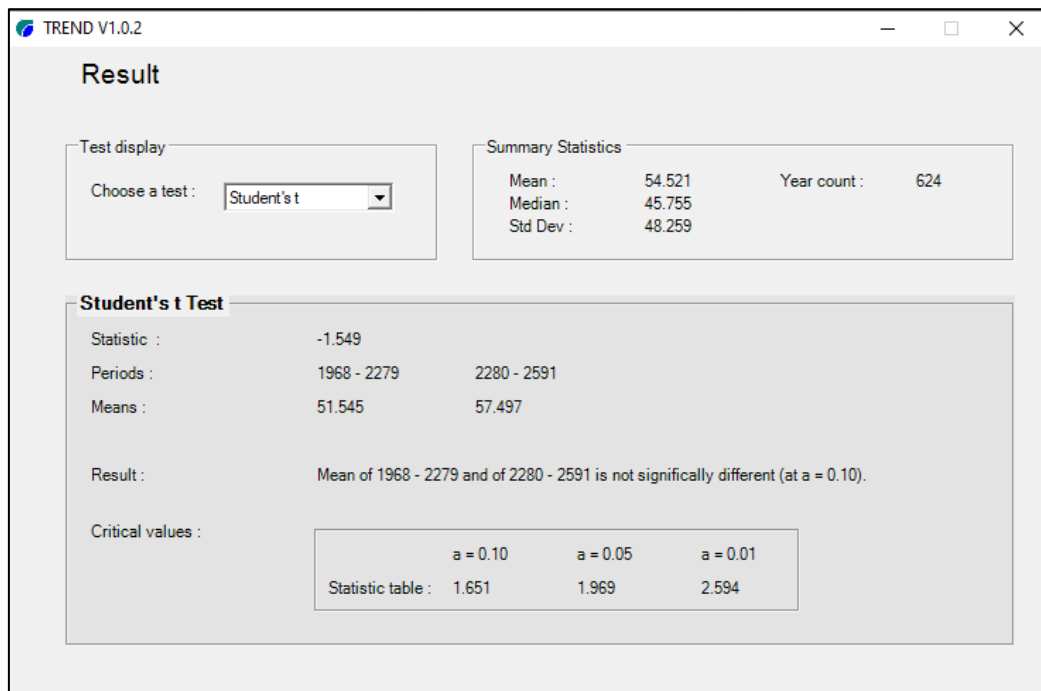


Figura 79.- Test Estadístico T de Student's (2)

Tabla 51.- Resultados del Análisis de Consistencia de precipitación (2)

Test statistic		Critical values (Statistical table)			Result	
Test	val	a=0.1	a=0.05	a=0.01	S/NS	ANÁLISIS
Mann-Kendall	0.701	1.645	1.96	2.576	NS	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0.748	1.645	1.96	2.576	NS	
Linear regression	1.272	1.651	1.969	2.594	NS	
Cusum	21	30.476	33.973	40.717	NS	SALTOS
Cumulative deviation	0.952	1.199	1.331	1.597	NS	
Worsley likelihood	2.251	2.864	3.148	3.79	NS	
Rank Sum	-0.936	1.645	1.96	2.576	NS	
Student's t	-1.549	1.651	1.969	2.594	NS	

A.3. Completación y extensión de información pluviométrica

Tabla 52.- Precipitación mensual de la estación Bambamarca

ESTACION BAMBAMARCA													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	41.2	45.8	96.8	85	34.5	9.5	11.3	23.3	113.6	86.9	32.8	20.5	601.2
1969	59.2	85.6	66.7	104	20.6	41.7	6.5	13.2	66.2	93	119.1	62.6	738.4
1970	62.3	42.2	48.9	65.8	48.8	24.6	33.6	13.6	29.6	129.6	145.1	84.9	729
1971	70.3	63.6	192.9	88.6	62.5	43.7	25.4	11	29.5	120	82	63.1	852.6
1972	38.4	66.7	141.5	134.2	59.1	12.6	4.9	10.1	80.8	67.7	105.6	50.3	771.9
1973	68.2	68.2	86.1	126.3	18.7	28.6	48.7	25.2	87	78.4	66.3	99.9	801.6
1974	83.1	147.3	105.2	54.8	0	21.4	7.3	28.7	63.6	83	79.7	42.8	716.9
1975	81.6	156.1	216.4	89.2	46.8	38.9	50.1	29.4	40.2	88.7	74.8	6.7	918.9
1976	159.5	64.1	81.5	48.1	24.2	4.9	0.7	10.3	40.6	80.9	60.5	49.4	624.7
1977	139.4	133.6	85.8	75.5	21.4	8.4	1	6.2	43.7	94.4	139.4	57.1	805.9
1978	25.9	42.8	46.8	60.9	70.2	3.1	16.2	0	46.9	42.5	103.9	75.7	534.9
1979	50.8	39.2	194.5	55.3	60.4	0.1	33.9	50.2	109	12.2	42.6	32.1	680.3
1980	47.3	50.1	55.3	30.6	29.4	14.3	9	7.3	44.6	174.6	125.7	67.8	656
1981	44.3	138.7	110.2	65.9	40.1	36.6	13.1	24.4	5.8	89.6	73.4	88.1	730.2
1982	39.8	97.4	86	59.8	56.6	40.7	11.5	1.2	83.1	127.7	92.7	143.3	839.8
1983	78.4	22.3	178.3	94.7	32	22	10.1	0.1	25.5	38.1	86.6	86.8	674.9
1984	22.1	220.8	95.3	46.9	71.5	21.7	27	21.2	44.8	109.5	60.2	42.1	783.1
1985	15.5	23.6	40.9	63	35.5	2.1	9.9	23.1	33.2	48.8	83.9	105.7	485.2
1986	113.5	59	43.2	156.2	48.8	6.9	0.8	33	27.2	95.4	37.3	76	697.3
1987	107.7	69.5	78.5	67.4	55.4	24.5	45.5	37.8	45	107.3	103.9	33.7	776.2
1988	94.7	86.3	60.9	90	27	15.9	3.3	4.1	38.5	83.1	126.3	119.3	749.4
1989	139.5	95.4	151.9	83.3	10.3	23	8.2	11	65.6	101.7	67.2	15.2	772.3
1990	48	52	23	84.5	33.2	45.9	5.9	1.3	43.7	129.6	88.9	68.4	624.4
1991	38.7	45.4	143.9	100	30.7	7.1	5.9	3.4	56.6	48	35.9	39	554.6
1992	28.9	22.5	55.9	41.6	17.4	9.1	10.3	9.8	63.6	89.5	61.7	54.2	464.5
1993	99.1	110.3	206.3	64.1	90.7	12.6	12.1	35.1	59.3	90	77.2	136.4	993.2
1994	98	109.7	183.8	104.5	30.6	14.3	4.9	2.3	45.4	65.5	172.4	116.9	948.3
1995	17.9	71.9	65.8	41.3	75.9	13.5	20.9	15.3	43.5	86	84	120.1	656.1
1996	59.6	134.5	116.2	68.4	27.1	10.3	11.1	16.5	37.5	142.4	51	17.2	691.8
1997	75.6	123.6	79.6	69.7	27.3	16.7	0	0	27.6	40.9	67.7	120.1	648.8
1998	60.8	147.9	134.9	118.6	48	3.7	0	2	51	148.2	77.7	65	857.8
1999	107.4	230.9	46	32.2	48.1	42.6	14.1	4.3	85.2	35.6	92.5	116.8	855.7
2000	41.9	201.4	124.6	59.7	49.9	37.2	12.4	8.9	54.2	7.2	66.9	136.3	800.6
2001	145.9	47.8	184.5	67.4	35	1.9	5.9	2.9	64.7	97.3	93.8	106.4	853.5
2002	46.9	80.1	133.5	140.1	44.4	3.8	20.7	0.9	25	132.7	91.1	105.7	824.9
2003	65.2	90.7	106.1	54.8	20.3	67.5	1	22.6	31.6	54.5	91.1	82.7	688.1
2004	46.7	41.1	47.8	79.2	36.9	8.6	30.8	9.8	54.5	92	142	65.5	654.9
2005	58.9	105.9	147.6	122.8	16.3	1.5	4	2.4	31	156.9	39.8	84.5	771.6
2006	89.8	88.4	190.1	75.7	7.5	8	16.5	11.7	56.6	72	73.3	84.8	774.4
2007	64.7	24	150.5	120.5	26	0.3	8.3	11.3	31.1	118.2	138.5	71.6	765
2008	111.2	208.8	116.4	80.3	30.9	26.9	0.5	21.1	108.8	195.3	114.4	21.9	1036.5
2009	127.1	97.3	136.2	77.2	61.3	28.4	10.9	18.3	32	129.1	126.3	60.7	904.8
2010	57.1	113.7	123.2	62.9	91.8	9	17.1	6.5	27.8	74.4	102.5	52.1	738.1
2011	46.3	108.1	142	124.5	26.6	8.1	20.8	5.5	79.9	127.7	64.2	157	910.7
2012	168.4	151.3	68	60.6	23.1	4.2	0	2	9.8	160.4	191.4	85.3	924.5
2013	74.5	121.5	170.9	87.5	66.7	3.9	12.6	43.5	8.7	87.5	10.4	88.5	776.2
2014	79	79.7	167.7	41.4	69.7	0.8	15.1	5.8	34.8	40.1	72.6	91.9	698.6
2015	104.7	52.7	245.9	50.7	57.8	17.3	10.2	7.3	2	55.8	78.3	32.1	714.8
2016	110.8	7.7	83.3	68.4	7.4	16	5.5	4.3	51.2	39.2	22.4	94.4	510.6
2017	89.3	57.4	192.2	85.7	33.9	26.9	0	19.1	45.7	141.7	60.4	54.6	806.9
2018	70.9	92.4	44.7	84.2	104	15.5	8.4	1.4	4.5	103	144.3	41.2	714.5
2019	31.6	80.4	163.9	75.9	55.2	9.6	12.8	0.6	8.6	101.4	111.5	102.2	753.7
Año Promedio	73.9923077	90.7192308	116.501923	78.6519231	41.6826923	17.6230769	13.0134615	13.0826923	46.9211538	92.6	87.5615385	74.9346154	747.2846154

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 53.- Precipitación mensual de la estación Celendín

ESTACION CELENDIN													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
1968	134.4	125.9	153.5	31.7	24.4	6.5	4.2	3.3	157.2	78	78.4	84	881.5
1969	15.3	126.3	134.9	185.3	4.7	86.8	1.6	7.5	56.6	213.3	305.7	200.8	1338.8
1970	133.7	58	120.6	96.7	42.4	20.4	11	2.8	18.3	93.1	79.7	145.6	822.3
1971	107.5	136.9	144.9	106.5	54.5	16.4	5.1	16.8	17.9	131	153.9	149.3	1040.7
1972	41.8	63.7	196.3	184.1	58.4	0	0	21.4	66.2	31.8	156.4	114.3	934.4
1973	75.5	49.1	92.1	175.7	28.5	8.7	29	3.9	49.5	41.4	76.6	84.3	714.3
1974	46.4	204.5	190.8	61.3	0.2	42.8	0	42.2	24.2	156.3	109.1	77.3	955.1
1975	56.4	209.8	176.2	131.6	104.3	19.2	49.3	48.7	11.7	108	54.9	33.8	1003.9
1976	111.8	87.2	212.7	82.4	46.8	21	0	19.2	5.1	42.4	65	52.1	745.7
1977	144.1	123.5	161	78	8.2	0	1.7	0.8	44.6	111.1	136.3	54.1	863.4
1978	56.6	50.9	88.4	119.9	93.9	2.5	49.6	2.4	17.8	98.5	72.1	112.5	765.1
1979	53	76.4	287.9	197.8	2.8	0.5	8.1	37.6	107.3	18.6	27	37.2	854.2
1980	23.1	58.7	168.7	50.6	174.7	29.7	0	22.4	16.9	147	390.6	98.9	1181.3
1981	56.2	125.5	193.2	83.1	66.3	32.7	9.4	22.6	32.5	97.1	140.2	198.7	1057.5
1982	81.7	60	124.9	87.2	102.4	64.2	10.5	0	97	160.8	84.4	138.4	1011.5
1983	110	53.6	233.7	167.6	74.9	14.1	9.5	12.7	29.2	85.7	79.3	134	1004.3
1984	28	233	201	72.3	67.2	11.2	25.9	9.4	33	94.8	116.5	62.9	955.2
1985	49.1	98.1	69	84.8	1	0	12.4	10.9	54.5	94	65.9	137.6	677.3
1986	139.6	159.9	124.2	118	32.6	0.6	1.2	11.8	15	100.7	66.2	93.9	863.7
1987	148.4	146	189.7	92	50.1	7.7	39.6	19.6	23.1	66	123.7	40.4	946.3
1988	99.2	126.1	120.9	131.1	41.2	0	9.3	1.2	51.4	81.5	121.2	166.8	949.9
1989	185.7	154.8	216.8	78.2	5	18	0	13.9	71.7	88.4	147.6	0	980.1
1990	59.1	75.6	79.6	119.7	32.7	16.3	0	2.2	13.2	129.4	132.6	161.1	821.5
1991	58.8	73.2	161.8	128.9	27.9	27.6	16	4.6	50.2	54.7	4.5	160.1	768.3
1992	46.3	9.5	140.6	97.4	73.4	1.2	8	2.8	73	137.3	0	35.4	624.9
1993	123	123.4	158.4	123.1	56.5	17.6	1.6	19.9	30.1	122.4	132.7	152.7	1061.4
1994	112.9	133.1	210	149.1	36.6	6.4	0	0	39.1	104.9	130.1	131.2	1053.4
1995	88	96.8	123.7	19.8	78.7	22.6	11.1	10.4	68.9	122.6	63.4	167.8	873.8
1996	34.4	136.1	141.2	74.5	28	0	0.5	0	24.4	166.3	72.6	17.2	695.2
1997	51.9	109.2	74.2	168.1	15.9	11.2	0	0	33.5	75.7	132.9	154.1	826.7
1998	74.4	156.1	242.4	169.5	49.3	0	0.7	0	18.3	135	131.1	44.8	1021.6
1999	177.5	319.1	100.4	13	54.1	48.2	6.8	6.6	107.8	53.6	121.6	250.5	1259.2
2000	98.5	224	220.6	112.4	45	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	49.2	154.7	1037.3
2001	259.4	134.9	445	41.6	39.5	10.4	5.4	0	32.2	100.5	166	97	1331.9
2002	57.9	76.8	300.8	174.6	21.7	8.1	29.3	0	2	208.6	122	151.8	1153.6
2003	48.7	71.1	152.7	98.6	25.6	22.9	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4	754.8
2004	51.3	63.5	92.1	116.2	32.9	0	20.5	2.5	36.8	106.6	226.7	143.2	892.3
2005	79.3	88.5	251.4	67.9	17.9	0	0	0	39	247.9	29	166.7	987.6
2006	83.5	151.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6	1127.3
2007	91.6	17.1	276.3	122.2	27.6	3	6	9.9	20	213.1	155.1	123.2	1065.1
2008	104.3	180.2	97.9	97.7	49.9	28.5	8.2	23.8	21	132	140.6	40.7	924.8
2009	209.4	87.5	220.6	154.1	71.4	5.8	6.7	0	38.2	98.7	139.5	116	1147.9
2010	84.7	200.4	170.9	58.8	78.3	2.8	18.7	3.9	39	60.4	122.4	135.7	976
2011	62.8	88.8	192.7	108.5	36.2	1.3	17.7	4.8	40.5	95.9	113.5	173.6	936.3
2012	217.9	115.3	127.2	100	42.7	3.4	0	1.7	0.3	142	208.1	79.7	1038.3
2013	76.6	58.9	167.1	66.7	63	21.1	16.5	33.2	4.7	166.5	35.3	116.8	826.4
2014	78.1	136.7	166.6	84	126.8	1.3	0.3	4.4	33.2	70	62.2	79.2	842.8
2015	179.2	25.2	235.6	114.8	77.3	5.5	3.1	0	0.6	35.7	96.9	44.3	818.2
2016	100.3	178.3	131.5	42.9	6.7	2.1	1.8	2	30.6	140.5	19.4	213.6	869.7
2017	241.5	92.9	300.2	170.7	81.1	16.1	1.2	16.9	20.7	100	75.2	172	1288.5
2018	150.6	110	141	66.8	62	25.4	0	2.1	37.8	120.9	235.4	90	1042
2019	119	131.2	229.9	108.9	34.2	2.4	9.6	2.5	4.7	142.2	131.3	112.2	1028.1
Año Promedio	98.4307692	115.238462	178.915385	104.784615	47.7076923	15.0153846	9.22692308	9.61346154	38.9807692	108.226923	113.825	114.676923	954.6423077

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 54.- Precipitación mensual de la estación Chota

ESTACION CHOTA													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	78.5	72.7	55.5	63.4	27.5	0	11.9	21.2	126.5	128.7	21.3	120.3	727.5
1969	77.4	202.9	79	95.3	73.8	80.7	10.1	19	74.9	83.2	138.7	124.9	1059.9
1970	48.9	65.6	91.2	84.5	106.4	27.9	10	25.3	36.4	168.6	82.8	137.6	885.2
1971	142.6	97.1	289.3	93.2	114.2	32.1	37.2	26.4	46.9	199.7	101.5	92	1272.2
1972	56.8	63.1	139.4	142.3	80.2	16.1	5.1	9.1	56.6	32.5	103.6	28.5	733.3
1973	66.7	41.5	80.6	225.8	62.8	97.8	96.1	56.4	170.6	123.2	125	56.1	1202.6
1974	61.6	89.5	95.2	70.3	21	70.1	9.7	35.4	88.4	102.4	104.4	59.2	807.2
1975	63.6	47.7	158.4	83.1	77.3	36.8	25.9	18.2	137	59	99.4	6.7	813.1
1976	151.1	94.5	123.6	67.3	38.8	38.3	3.5	22.8	7.5	63.7	78.8	88.4	778.3
1977	156	108.6	72.7	151.2	54.3	16.3	4.7	26.6	8.1	85.4	76.5	59.6	820
1978	48.5	63	37.1	88.3	71.8	0.8	25.5	3.6	92	40.1	176.8	91.7	739.2
1979	86.2	78.9	165.1	98.8	134.8	2.6	21.5	60.9	137.7	47.9	44.2	30.8	909.4
1980	50.8	43	43.3	49.9	45.5	12	13.4	10.6	44.6	563.1	101.9	104.2	1082.3
1981	41.8	183.1	167.5	80.7	49.8	63.8	9.2	27.8	0.4	141.3	109.7	124.2	999.3
1982	42.4	83.8	86.1	88.1	121.6	16.2	0	0	82.4	55.3	70.7	142.3	788.9
1983	121.5	32.6	156.1	137.6	146.7	65.5	35.6	17.9	53.4	116	50	102	1034.9
1984	11.2	152	127.9	98.6	124.2	19.1	22.4	16.3	72.8	78.5	107.7	73.9	904.6
1985	38.8	0	79.5	107.4	53.2	2.7	24.5	12.5	43	0	139.6	112	613.2
1986	137.8	42.1	109.9	147.1	121.6	28.1	36.5	13.5	18.9	25.2	117.3	128.1	926.1
1987	75.9	141.7	79.7	92.3	94.7	34.7	61.5	42.6	84.2	209.6	114.4	99.9	1131.2
1988	106.6	152.6	54.4	126.4	51.2	53.8	0	12.1	103.8	60.2	181.1	159.6	1061.8
1989	153.4	252.2	198.8	172.7	44.8	61.5	4.7	16.1	76.1	229.3	79.5	25.5	1314.6
1990	36.8	71	58.3	127.3	104.3	55.3	18.2	1.1	35.3	250.2	103	73.4	934.2
1991	48.7	97.8	167.5	111.9	65.8	0	8.2	18.1	0	0	33.2	25.8	577
1992	30.5	30.8	60.3	88	23.4	6.4	15.6	10.2	88.9	110.8	64.7	50.8	580.4
1993	88.7	142.1	238.6	106.4	167.2	0	12	20.8	80	126.2	149	110	1241
1994	97	92.5	263.1	160.2	35	25.7	5	0	9.5	40.1	115.8	100.4	944.3
1995	13	63.7	101.8	65.2	68.3	11.7	14.2	27.8	36	503.3	96.7	200	1201.7
1996	16.8	104.1	113.2	100.2	57.6	57.8	0	43.4	38	174.6	54.1	33.7	793.5
1997	65.6	143.8	73.5	90.4	32	17.8	0	0	43.4	49.6	67.7	122.1	705.9
1998	58.5	199.6	178	164.5	125.4	3.1	0.7	16.7	64.6	165.7	58.4	89.7	1124.9
1999	130.9	249.5	105.8	111.4	79.7	144.9	10.8	4.5	114.2	90	99.6	144.5	1285.8
2000	46.4	158.3	84.2	114.1	160.4	97.3	9	5.9	139.5	18	74.1	162.9	1070.1
2001	94.2	63	193.6	138.5	79	11.8	7.9	0	85	127.7	114.5	148.5	1063.7
2002	43.7	86.9	178.9	178.3	51.8	8.6	18.3	1.7	24.3	109.4	168	86.4	956.3
2003	77.9	160.7	133.9	101.5	24.4	77	1.1	9.8	114.7	73.6	120.8	95.6	991
2004	77.3	41.5	69.1	94.2	79.2	1.1	42.1	1.7	59	213.6	219.7	74	972.5
2005	34.9	0	238	76.4	24.2	15.3	1	0.2	36.9	231	60.4	132.7	851
2006	122.3	188.3	229.3	84.9	10.8	49.3	32.3	14.9	57.1	72.1	152.5	117.1	1130.9
2007	97.7	23	227.8	153.9	109.2	0.8	29.8	22.2	19.6	118.9	155.9	52.4	1011.2
2008	97	266	213.1	164.8	97.6	25.3	7.7	18.5	175.2	141.7	110.9	82.8	1400.6
2009	0	146.8	226.6	118.8	118.5	28.6	14.9	1.6	46.3	93.5	116	99.3	1010.9
2010	46.3	143.3	218.4	111.9	123.1	46.3	38.3	10.9	29.2	124.3	90.4	63.8	1046.2
2011	80.4	119.4	153.1	172.9	34.5	1.8	20.8	11	99.7	95	73.9	126.9	989.4
2012	247.1	181.3	118.7	141.3	37.6	11.4	0	2.9	6.9	157.6	155.2	73.7	1133.7
2013	141.3	99.3	265.2	114.5	230	13.9	1.5	50.8	7.2	152.7	19.9	117.4	1213.7
2014	34.1	75.4	222.8	52.8	169.7	13.1	9.6	18.5	83.9	61.4	125.8	134.1	1001.2
2015	140.1	91	281	139	76.9	4.3	15.8	3.5	9.1	91.6	121.1	29	1002.4
2016	155.8	67.8	153.4	134.1	20.3	2.4	13.2	17.6	65.1	81.7	34.3	130.3	876
2017	103.4	67.2	358.9	109.2	0	44.6	1.9	66	58	132.9	58.6	71.5	1072.2
2018	125.5	64.5	60.9	149.1	167.2	9.7	7.1	0.3	53.5	224.9	241.4	42.4	1146.5
2019	39.8	136.4	181.4	220.2	68.6	16.9	17.7	0.3	8.5	169.9	182.5	116.1	1158.3
Año Promedio	80.9576923	105.446154	147.282692	116.542308	79.9596154	30.3673077	16.225	17.2153846	62.5153846	127.209615	105.057692	93.7461538	982.525

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 55.- Precipitación mensual de la estación Chugur

ESTACION CHUGUR													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	185	131	133.3	116.1	29.9	10	24.9	58.1	156.9	94.4	42	7.8	989.4
1969	167.2	23.8	31.6	38.2	55.2	44.8	27.9	62.9	68.7	126.5	190.9	248.8	1086.5
1970	138.2	43.4	95	53.7	181.8	22.4	77.6	7.5	100.3	191.6	142.3	114.3	1168.1
1971	104.6	97.3	556.9	104.2	85.1	99.9	68.9	13.5	53.8	147.5	39.9	172.5	1544.1
1972	79.8	133.8	129.4	85.7	184.6	6.2	3	73.6	72.3	107.9	143.3	111.5	1131.1
1973	157.6	124.2	216.3	329.6	43.1	94.8	53.1	92.5	105.5	159.1	102	81.4	1559.2
1974	167.3	232.7	153	134.5	44.1	28.8	7.9	5.1	108.7	78	137.5	122.2	1219.8
1975	193.5	279.6	416	150.8	179.8	76.6	90.9	18.1	121.6	244.9	86.1	10.2	1868.1
1976	372.4	186.4	291.1	152.6	79.4	18.2	0	19.3	56.3	48	42	73.3	1339
1977	294.8	169.5	99.4	190.6	82.5	15.9	13	5	39.7	144.4	256.9	126.2	1437.9
1978	20.9	73.3	68	87.2	60.2	12.1	35	0	118	21.3	85.3	83.3	664.6
1979	15.7	42.6	105.6	62.1	82.7	14.3	23	12.4	91.1	13.2	13.5	24.1	500.3
1980	122	68.6	44.6	54.3	97.4	0	2.2	0	12	273	185.33	88.7	948.13
1981	75.2	186.82	119	94.6	78.2	120.1	23.4	49.8	3.4	383.1	88.1	93.6	1315.32
1982	126.7	202.5	105.5	103.3	164.5	2.4	5.4	0	87.1	251.8	184.3	256.3	1489.8
1983	299.7	156.9	155.5	271.2	314.5	189.8	53.2	82.6	190	118.1	53.5	78.3	1963.3
1984	50.4	206.3	161.1	257.7	135.6	64.5	12.1	1.5	95.2	101.7	78.7	62.5	1227.3
1985	113.7	76.4	129.2	89.6	105.2	71.6	136.6	13.8	12	179.5	130.8	42.1	1100.5
1986	87.5	119.8	121.5	54.9	139.2	86.3	153.2	0	2	80.9	189.2	268.4	1302.9
1987	124.2	160.9	141.9	234.5	30.6	25.7	134.3	79.3	147.2	170.5	246.9	184	1680
1988	315.7	423	123.5	116.5	142	53.3	8.2	9	153.1	217.8	145.4	340.1	2047.6
1989	497.5	546.7	692.9	730.9	187.1	77	10.4	22.5	63.8	105.9	6.5	13.3	2954.5
1990	0.8	2.3	25.4	139.1	8.1	11.1	4.5	3.4	39	181.5	121.9	34.2	571.3
1991	10.6	63.7	107.2	0	119	0	0	0	19.1	42.4	18.1	36.6	416.7
1992	53.9	39.4	30.7	26.6	5.2	10.5	0	11.2	122.4	60.1	7.5	45.5	413
1993	78.1	148.9	366.3	389	304.9	26.2	52	46.3	229.7	380.3	151.3	201.9	2374.9
1994	335.5	243.7	352.5	256.5	55.6	0	0	0	71.6	86.7	114.1	147.6	1663.8
1995	80.6	297.5	247.4	120.7	164	26.3	53.8	9.2	58.2	202.4	210.9	300	1771
1996	119.5	247	403.4	220.8	68.6	26.4	25.3	28.8	65.5	320.4	100.3	41.6	1667.6
1997	86.5	219.9	117	144.7	71	65.1	0	13.1	60.4	99.2	207.6	276.2	1360.7
1998	168.9	258	303.5	275.6	107.7	15.7	0	14.3	66.8	178	90.7	109.2	1588.4
1999	160.3	423.6	309	135.8	160.1	146.1	30.3	13.8	222.7	134.2	147.9	268.9	2152.7
2000	86.7	309.7	395.3	129.9	180.9	71	7.8	8	129	51.8	86.1	239	1695.2
2001	203.6	177.7	422.9	122.5	216	10.4	11.2	4.7	137	140.5	166.1	264.1	1876.7
2002	132.8	298.2	295.3	238.5	72	5.5	16.8	17.6	79.6	225.6	171.3	206.9	1760.1
2003	177.8	253.2	188.3	128.4	47.7	69.8	25.2	48.9	137.5	93.8	159	115.9	1445.5
2004	118.4	149.6	121.4	115.4	95.2	5.8	74.3	7.1	95	186.8	215.5	118.2	1302.7
2005	110.5	246.1	465.6	61.2	37.1	11.1	34.5	2.4	58.7	302.1	116.2	177.8	1623.3
2006	177	329.8	500	124.1	53.6	78.7	39.4	32.3	136	86.8	199.8	292.9	2050.4
2007	161.1	92.2	304.8	236.1	93.4	0.6	59.1	39.6	33	242.3	240.6	75.6	1578.4
2008	258.6	481.1	321.8	239.2	105	28.8	41.4	19.4	292.5	250.3	124.4	45.2	2207.7
2009	354.4	199	436.9	164.3	157.3	76.4	33.2	15.1	66.5	167.2	216.2	172.9	2059.4
2010	69	237	370.4	245.8	129.4	44.9	24.3	16.7	47.1	118.6	80.1	148.6	1531.9
2011	134	243.6	207	323.2	21	17.2	61.4	13.1	111.8	161.9	89.8	287.1	1671.1
2012	483.9	386.7	164	213.2	83.3	13.2	0	21.6	20.6	183.9	234.5	86.1	1891
2013	185	160.1	347.1	139.7	222.9	5.5	20.6	64	18.5	276.2	44	203.8	1687.4
2014	126.9	351.3	336	169.5	156.9	6.2	55.7	46.3	108.7	145.3	178	203	1883.8
2015	245.6	101.1	600.3	128.7	162.4	0.4	6.3	10	5.5	103.3	158.9	41.6	1564.1
2016	232.7	252.1	280.2	231.6	43	46.7	3.5	61.5	110.6	164.7	49.2	177.9	1653.7
2017	232.2	318.6	568.2	208	178.9	39.2	0	77	77.9	258.3	114.9	191.8	2265
2018	271.5	156.2	181.9	169.7	206.5	0	22.1	1	68	164.5	271.4	78.5	1591.3
2019	151.4	389.1	329.2	187.3	102.3	17.1	48.1	0.1	31.6	240.6	244	283.6	2024.4
Año Promedio	167.642308	206.96	253.640385	169.190385	114.071154	38.6653846	32.9807692	24.4807692	88.0615385	163.630769	133.090962	143.751923	1536.166346

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 56.- Precipitación mensual de la estación Encañada

ESTACION ENCAÑADA													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
1968	119.8	92.1	167.9	65.5	54.7	0	5.5	19.4	68.1	111.9	79.5	31.2	815.6
1969	60.4	96.7	113.5	106.9	29.8	37.7	2.7	12.6	30.4	70	151.3	194.9	906.9
1970	76.1	57.3	157.8	84.7	65.5	33.2	6.6	1.5	32.1	157.4	86.1	63.4	821.7
1971	105.5	106.3	337.1	107.6	0	16.3	13.6	5.6	30	124.2	60.4	146.8	1053.4
1972	73.1	63.5	157.2	115.1	76.9	6.2	3.4	21.6	49.3	83.6	156.3	56	862.2
1973	106.2	87.3	171.6	162.5	31.1	38.5	8.9	23.2	78.2	124.5	66.6	112.2	1010.8
1974	45.5	137	214.6	108	11.3	20.9	7.2	16.2	53.4	116.8	100.7	95	926.6
1975	112.3	172.7	262	113.2	106.7	30.7	6.6	11.5	57.1	115.2	96.3	48.9	1133.2
1976	162.5	105.6	177.1	92.7	85.4	9.6	0.7	5.6	10.7	66.3	93.4	78.9	888.5
1977	175	162.6	211.8	93.7	60.7	7.3	3.2	0	1.9	99	132.4	83.9	1031.5
1978	29.6	49.4	123.3	75.3	63.3	8.9	5.3	2.1	27.6	58.2	78.7	67.5	589.2
1979	62.1	91.3	176.5	64.9	32.9	1.3	6.8	7.1	49.1	36.1	79.8	67.5	675.4
1980	83.9	56.7	74.5	84.2	33.8	10.9	2.9	5.8	13.2	222.1	156.4	122.7	867.1
1981	89.3	180.9	174.5	72.7	55.4	19.5	8.6	9.3	12.1	187.4	70.6	116.4	996.7
1982	73	113.3	142.1	117.2	79.1	4.8	7.1	4.2	53.1	140.1	123.1	135.5	992.6
1983	124.4	75.1	182.2	137.6	94.6	33	12.2	13.1	34.6	85.4	52.2	124.9	969.3
1984	35.7	198.6	202.3	109.2	125.1	28.8	11.1	13	62.3	95.3	99	131.8	1112.2
1985	59.7	74.9	113	97.4	75.4	8.3	16.1	9.5	39.8	122.2	13.2	76.9	706.4
1986	74.9	83.1	146.2	136.9	68.8	24.8	10.7	7.7	0	57.2	127.8	127.8	865.9
1987	103.5	137.9	122.4	95.8	46.4	7.3	12.7	20.5	47.1	117.6	108.1	75.1	894.4
1988	180.1	147.5	178.6	96.4	22.3	11.4	0	0	53.9	119.3	139	158.4	1106.9
1989	137.7	200.8	249.6	208.8	75.1	28.6	2.6	6.2	62.9	170.8	35.1	42.7	1220.9
1990	65.7	70.2	141.6	74.6	39	25.4	3.6	3.3	20.6	108.3	129.5	101.1	782.9
1991	35.2	115.3	193	72.6	95.4	9.7	0.1	2.4	22.9	61.9	50.2	59.4	718.1
1992	50.6	75.6	129	75.8	59.7	10.4	1.7	5.1	36.4	93.9	50.6	60.7	649.5
1993	76.6	128.1	268.5	175.1	86.2	0	5.7	3.5	92.7	199.6	125.7	108.9	1270.6
1994	214.1	142.1	256.7	159.4	50.3	0.7	0	0	28.4	45.4	106.9	140.9	1144.9
1995	41.4	140.4	140.8	75.3	64.2	7.7	13.2	7.2	30.1	112.3	85.1	168.7	886.4
1996	82.6	138.9	207	86.2	27.7	8.3	0	15	13.3	191.3	118	50.8	939.1
1997	96	106.4	140.7	78.6	43.5	19.9	2	3.1	44.6	81.1	177.6	153	946.5
1998	102.15	188.4	230.5	181.2	71.9	6.7	0.5	8.4	36.3	132.4	40.7	82.1	1081.25
1999	119.8	293.2	110.1	96	106.7	61.9	12	9.3	121.6	41.5	122.4	146.3	1240.8
2000	43.7	159.1	182.2	109.2	89.7	18.2	0.9	20	88.1	4.7	47.2	120.6	883.6
2001	232.1	78.3	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	1032.4
2002	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	22.3	159.2	127.8	139.2	971.8
2003	33.1	80.6	144.9	93.6	37.8	38.3	0	9.9	41.9	93.8	124.4	85	783.3
2004	95.4	72.5	54	91.7	39.8	5.8	21.7	0.5	43.6	173.7	108.5	170.2	877.4
2005	120.7	104.6	261.5	53	42	12.4	1.2	7	13.4	203.8	39.9	145.4	1004.9
2006	70.1	139.2	292.1	124.5	14.8	41.8	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	1024
2007	93.1	56.9	260.4	140.5	70.9	0	9.4	5.3	26.4	138	127.5	92.9	1021.3
2008	109.3	149	173.7	153.7	43.5	15.7	9.2	22.6	53.7	140.9	119.1	38.3	1028.7
2009	220.5	73.1	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90	114.8	67.1	1017.8
2010	70	94.8	173.3	111.4	62.4	11.8	7.7	0	35.7	100	98.9	94	860
2011	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0	51.2	47.9	93.8	149.5	845.2
2012	166.1	101.5	108	108.3	59.7	10.6	0	7.7	1.5	169.6	153	56	942
2013	44.1	96.9	181.5	39.4	115.4	11.2	3.6	19.1	0	157	39.5	94.5	802.2
2014	90.3	119.1	195.2	95.3	79.8	0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	133.9	950.6
2015	185.1	75.7	254.7	77.3	104.1	3.3	5.3	0	3	27.8	166.2	27	929.5
2016	139.2	95.2	123.7	73.8	3.2	23.1	0.8	1.9	61.7	85.1	8.2	201.9	817.8
2017	109.1	100.9	275.8	93.8	69.6	18.4	3.2	27.7	13.8	103.3	41.6	130.8	988
2018	98.3	180.6	82.5	146.8	144.9	6.3	0	0	56.3	107.2	198.2	52.6	1073.7
2019	46.2	128.7	199.4	152.1	56.2	15.4	7.2	0	19	134.9	69.5	171.5	1000.1
Año Promedio	97.1182692	115.040385	181.736538	107.128846	60.6557692	15.2942308	5.92115385	7.93461538	38.3192308	110.915385	98.0692308	103.438462	941.5721154

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 57.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Honda

ESTACION QUEBRADA HONDA													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	50.3	35	121	43.1	5.1	0	0	5.1	26.5	65	47.5	78.6	477.2
1969	15.1	74.5	42.3	164.5	21.8	32.2	13.1	34.8	18	67.6	119.6	48.9	652.4
1970	151.9	52.5	110.3	85.1	139.7	31.6	0	10.3	7.5	122.6	115.7	81.2	908.4
1971	173.1	115	334.1	173.7	34.2	30.8	45.6	22.7	62.3	63.4	105.3	85.8	1246
1972	119	47.2	239.8	170.3	55.3	19.4	12.3	13.8	13.3	4.7	32.9	95.3	823.3
1973	70.7	107.1	116.4	93.5	27	13.4	19.4	25.5	47.7	70.1	93.3	56	740.1
1974	86.9	79.5	80.7	65.2	39.1	41	9.7	0	40.6	46.4	54.5	66.5	610.1
1975	70.6	58.6	95.1	70.7	33.6	8.5	22.4	5.3	24.1	48.7	41.7	46.9	526.2
1976	60.7	39.3	54.6	59.2	45.4	17.2	0	0	18.3	0.6	38.8	29.1	363.2
1977	14.8	49.5	43.6	45.3	24.8	4	0	0	0	28.7	27.8	32.8	271.3
1978	49.5	15.8	21.5	33.1	0.4	0	0	0	10	25.1	42.3	31.4	229.1
1979	32.6	41.4	61.2	52.6	54.4	0	0	0	2	0.6	12.3	34	291.1
1980	38.1	17.4	46.5	39.9	57.7	0.2	0.9	1.2	40.8	22.3	38.7	27.6	331.3
1981	41.1	54.9	68.6	45.5	36.3	16.6	0.9	1.4	11.7	14.5	47.2	30.1	368.8
1982	40.3	67	65.5	36.2	27.4	1.3	0.8	0.9	16	25.1	11.9	43.3	335.7
1983	56.7	40.5	45.8	38	20.8	4.4	0.6	0.6	6.7	26.8	82.4	166.1	489.4
1984	96.3	166.3	95.8	150.4	59.5	50.5	9.6	58.4	64.4	183.1	122.3	124.6	1181.2
1985	139.8	96.4	40.5	83.2	0	106.4	0	38.6	66.5	92.5	68.1	177.2	909.2
1986	109.3	133.6	75.9	197.9	184.6	0	120.1	34.2	22.1	165.6	116.3	192.6	1352.2
1987	194.3	86.8	91.8	23.9	0	0	0	56.6	57.2	101.6	197	88.5	897.7
1988	45.1	33.6	2.6	96.6	145.9	48.9	14.7	21.1	44	186.9	110	188.7	938.1
1989	147.7	164.9	232.9	117.6	51.2	17.3	0	7.1	80.9	250.9	51.5	11.1	1133.1
1990	40.8	120.9	96.2	151.1	11.1	23.6	85.9	0	0	244.7	151.9	64.7	990.9
1991	63	104.5	257.1	137.9	48.9	8.5	6.7	0	13.1	21.3	91.7	130.7	883.4
1992	89.3	37.4	15.4	95.4	66.7	33.5	0	18.8	107.2	75.3	146	61.5	746.5
1993	122.8	79.7	378.3	174.7	0	71.8	10.8	48.1	74.8	101.9	187.4	211.4	1461.7
1994	233.7	120.6	183.7	312.5	7.5	0	0	11.3	93.5	26	117.4	76.8	1183
1995	85.5	151.6	183.7	79.9	86.9	21.6	7.5	0	58.6	119.5	84.3	198	1077.1
1996	92.3	146.2	131.7	86.7	70.8	29.5	21.8	77.4	46.4	194.5	69.6	40.7	1007.6
1997	128.4	146.92	89	108.2	57.9	28	0	1.2	32.6	99.3	155.1	164.4	1011.02
1998	91.4	98.1	97.4	253.8	60.7	0	0	20.5	32.6	55.2	71.8	84.7	866.2
1999	57.3	97.1	68.7	171.9	86.7	68.8	14.6	0	74.6	0	40.7	88.7	769.1
2000	0	157.2	72.7	32.6	107.2	45.4	35.5	0	81.1	22.4	77.3	173.9	805.3
2001	162	60.5	130.2	195	38	7.6	0	19.9	71.8	106.2	117.3	87.5	996
2002	94	129.8	317.4	99.1	40.2	0	50.7	0	50.6	58.9	123.3	95.7	1059.7
2003	36.6	139.5	93.9	25.5	94.4	30	12.4	53.2	0	50.5	149.5	74.5	760
2004	0	0	75.6	0	29.5	31.5	83.6	0	69.2	165.6	74.1	218.4	747.5
2005	162.2	113	183.2	64.3	48.7	23.2	0	11.1	47.5	0	46	88.8	788
2006	64.7	52	173.6	154.8	31.7	59.3	26	6	74.6	0	106	164.7	913.4
2007	61.6	63	251	95.7	75.4	0	40.7	32.5	0	67.4	167.6	128.7	983.6
2008	86.7	197	0	65.6	30.2	47.3	27	27.6	60	72.4	136.4	82.3	832.5
2009	184	36.6	59.9	95.8	15	40	0	0.8	7	108.1	129.5	93.2	769.9
2010	28.9	62.4	101.7	44.5	20.1	47.9	30.7	0	31.9	217.3	106.7	152.3	844.4
2011	31.8	80.3	157.8	193.3	36.5	0	65.9	34.3	80.7	8.6	76.9	77.9	844
2012	62.9	72.1	152	34.6	90.4	44.9	40	27.2	15	82.4	105.9	62.6	790
2013	45.8	91.9	91.7	133.2	100.3	7.5	3.5	18.7	25.5	168.9	0	170.2	857.2
2014	84.3	94	147.6	112	48.7	0	26.2	0	27	138.1	127.2	110.5	915.6
2015	123.5	0	371.1	109.6	50.9	0	18.7	16.2	17.5	0	120.6	74.9	903
2016	65.2	66.9	177.5	127.1	112.5	21.1	0	41.4	0	27.2	36.9	44.6	720.4
2017	148.6	106.4	39.4	190.5	57.2	53.5	0	13.4	37.1	81.1	145.1	0	872.3
2018	165.9	43.2	221.5	111.8	24.1	23.8	0.4	0	52.8	101.8	87	84.7	917
2019	95.2	154.3	210.4	87.3	0	59.2	0	0	25.9	165.4	89	160	1046.7
Año Promedio	86.775	84.6138462	127.228846	104.421154	50.2384615	24.4461538	16.8980769	15.7153846	38.2538462	80.6307692	90.6788462	96.2173077	816.1176923

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 58.- Precipitación mensual de la estación Quilcate

ESTACION QUILCATE													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	82.9	80.3	138.4	84.5	48.3	4.2	18.1	35	136.7	76.8	47	58.9	811.1
1969	62.3	109.4	189.9	217.8	49.4	101.3	15.3	38.8	29.5	204.5	142.4	137	1297.6
1970	154	92.3	86.3	194.8	40.9	2.9	33	46.9	14.6	45	82.1	153.9	946.7
1971	56.8	38	285.3	201.2	7.8	31.8	8.5	39.7	32.5	256.9	86.6	74.5	1119.6
1972	123.3	44.7	52.7	40.3	26.4	58	5.9	22.6	38.2	52	111.8	97.9	673.8
1973	144.6	41.4	155.3	207.2	78.1	72.9	65.3	50.8	33.1	23.6	60.9	129.1	1062.3
1974	73.9	63.7	52.8	64.5	75.2	83	101.5	38	70	66.5	38.7	53	780.8
1975	28.5	173.5	166.5	119.5	61.5	48.5	25.5	44	73.5	52.5	31.7	13.2	838.4
1976	36	28	11	3	1	0	2.5	3	1.5	5	6.5	9	106.5
1977	11	16.5	31	16.9	27.5	0	1.3	1	22.3	65.9	99.9	107.8	401.1
1978	110.7	9.3	75.8	36.5	32	12.5	8	0	12.5	18.7	35.7	56	407.7
1979	52.7	70.3	115.1	52.4	52.8	3.3	16.2	33	22.4	46.6	23.8	10.2	498.8
1980	29.9	21.1	62.5	7.5	14.5	9.5	0	10.3	16.7	76.8	143.1	55.4	447.3
1981	39.8	130.6	31.8	49.7	31.5	40.7	12.1	36.7	14.5	96.9	38.9	44.6	567.8
1982	28.3	27.9	48.6	82.4	49.2	13.6	13.8	0	70.8	60	37.8	109.1	541.5
1983	54.5	31	38.2	20.8	6.8	8.2	17.5	11.5	7	40.7	48.3	71	355.5
1984	28.1	183.9	86.2	127.2	41.3	21.6	5	37.4	56.7	32.9	36.3	43.5	700.1
1985	70.2	34.8	43.1	9.5	7	0	15.3	9	43.2	41.7	10.7	25.2	309.7
1986	56.3	66.1	21.5	11.2	15.5	18.2	25.7	42.2	37	19.2	44	56.3	413.2
1987	28.5	56.3	148	51.5	56	20	34	28.8	11	29	46.5	31	540.6
1988	43	26.5	60.5	35	33	30.5	29.2	43.4	53.3	56.4	70.2	27	508
1989	36.3	28.5	32	29.2	14.2	12.5	25	7	17	23.5	17.5	9	251.7
1990	93.6	35.5	8.5	19	21	9	8.5	15.5	27	53	50.5	31	372.1
1991	28	40.4	80	16.2	19	2	5	0	4.5	3	18	43.5	259.6
1992	34	34	28	20.5	16	15	17.5	17.5	30.5	7	15.7	27	262.7
1993	61	34.5	72.3	41	30.5	29	11.5	18.5	58.5	116	25.5	119.5	617.8
1994	115	107.5	172.7	49.7	58.5	18	20.5	12.5	23.5	18.5	80	59	735.4
1995	108.4	97.5	179.8	138.7	54.3	9.7	24.2	22	20.1	81.8	135.3	199.7	1071.5
1996	87.9	223	217.8	109.5	51.5	15.3	4.7	46.8	56	142.8	77.5	0	1032.8
1997	65.7	136.7	50.2	31.9	15.9	15.8	21.9	0.2	14.1	77.1	77.9	58.8	566.2
1998	75.7	138.1	162.6	100.2	38.6	0	15.9	25.4	21.9	74.7	36.3	0	689.4
1999	55.5	132.7	64.1	97.1	57.6	0	39.8	17.4	95.3	14.9	34.5	119.8	728.7
2000	80.3	146.2	123.9	14.6	43.3	46.1	4.9	37.9	76.3	0	106.5	0	680
2001	93.6	73.8	141.4	75.7	29.6	0	1.6	17.1	30	73.7	104	158.3	798.8
2002	36.8	68	114.5	108.2	35.8	67.4	48.7	22.9	50.1	75.3	39.2	170.3	837.2
2003	53.8	0	75.7	117.1	82	0	20.2	11.3	57.8	109.2	0	0	527.1
2004	54	88.6	0	97.7	10.7	44.1	27.8	23.8	25.4	115.3	95.7	86.2	669.3
2005	61	101.9	124.2	154.5	34.7	13.2	0	12.8	37.9	128.1	2.2	58.6	729.1
2006	109	91.4	132	0	33.1	55.5	13	26.6	101.7	81.6	24.1	86.5	754.5
2007	31.2	29.1	72.7	144.1	39.1	19.3	11.4	36.1	33.1	95.1	63.2	120.2	694.6
2008	79.5	129.9	13.2	92.1	42.7	13.4	22.3	41	58.6	112.6	94.8	0	700.1
2009	78.5	67.8	27	133.7	44.5	17.4	22.1	13.4	68.8	74.6	92	67.8	707.6
2010	56.9	74.3	122.2	50	82.2	34.2	16.9	30.6	35.4	22	0	82.1	606.8
2011	75.1	15.6	175.7	223.3	28.6	24.5	36.2	15.7	34.9	0	19.2	82.4	731.2
2012	99.2	143.9	53.3	67.7	33.1	15.7	13.7	37.1	0	112.7	60.8	41.1	678.3
2013	105.1	27.7	154.9	0	55.7	17.2	4.9	31.8	37.6	58.5	60	59.8	613.2
2014	145.5	82	40	0	48	16	0	6.1	39.9	45.7	39.2	52.4	514.8
2015	138.8	84.8	191.1	57.5	32	41.5	10.6	26.2	13.5	6.4	26.7	36.8	665.9
2016	22.6	82.7	121.8	107.6	0	42.6	16.8	25.1	61.9	0.2	84.4	54.4	620.1
2017	143.7	44.7	104.3	35.4	54.9	43.3	0	40.9	27.4	121.9	19.1	47.6	683.2
2018	73.2	80.9	18.9	157.9	10.2	0	11.6	39.9	26	95.9	102.2	144.8	761.5
2019	17.4	132.6	129.8	48.6	74.6	42.9	39.9	10.1	23	46	103.1	84.7	752.7
Año Promedio	69.8384615	75.3826923	94.3288462	76.3865385	37.4538462	24.2557692	18.6692308	24.2557692	38.5519231	64.5134615	56.6923077	66.6326923	646.9615385

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 59.- Precipitación mensual de la estación Granja Porcón

ESTACION GRANJA PORCÓN													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	102	149.5	173.5	82.5	22	3	11.5	37.5	117.5	158.5	123	167.5	1148
1969	85.5	176.5	183	167.5	18.5	64	5.5	15	42	105	208	182.5	1253
1970	107	123.5	140.5	127	91	33.5	22.5	25	74	122.5	207	117.5	1191
1971	140	130.5	476.5	153.5	117.5	65	72	37.5	76	220.5	163	166	1818
1972	104	150	257	149.5	55.2	14.5	0	47	88.4	29.5	174.2	119.7	1189
1973	186.3	99.5	201	203.3	62.5	70.6	33.9	124.4	139.4	22	173.9	121.3	1438.1
1974	146.8	108.7	160.2	207.1	51.8	60	15.5	60	46.5	80.1	62.5	105.5	1104.7
1975	108.1	20	178.5	224.2	62.4	32.5	3	53.5	3	128	93	20	926.2
1976	189	135	185	61	58	30	0	12	27	62	26	79	864
1977	194.5	238.5	175	100.5	29.5	13.5	6.5	2	62.5	96.5	149.5	85	1153.5
1978	40	105.5	51.5	88.5	88.2	0	25.8	0	66.9	70.4	191	182	909.8
1979	113.7	147.3	370.2	61.5	54	10.8	34	40.4	117.3	48.2	27.3	108.1	1132.8
1980	70	37.3	164.9	71.6	73.6	11.8	0	5.7	2.2	247.2	218.7	163.4	1066.4
1981	94.1	257.3	190	153.1	65.6	0	0	0	6.5	160.6	60.3	90.8	1078.3
1982	56.8	19.2	72.2	32.6	34.2	20.9	19.5	6.9	90.3	214.6	78.4	268.7	914.3
1983	199.2	61.5	455.6	171	7.5	24.3	34.5	0	66	145.3	160.9	247.5	1573.3
1984	94	380.1	15.5	134	0	0	60	67.8	75.3	151.7	206.3	117.5	1302.2
1985	50.1	144.8	306.8	71	137.3	0	0	0	0.9	0.6	0.8	0	712.3
1986	155	41	6	74.2	106.6	0	6.2	50	10.9	33	51.8	133.2	667.9
1987	315.7	118.5	126.5	85.3	68.6	0	19.5	0	60.5	122.7	161.6	82	1160.9
1988	305.5	178.9	63.6	167.3	18.6	15.6	6.4	5.3	30.6	133.7	112.6	127.6	1165.7
1989	188.7	216.8	85	89.9	18.5	0	0	0	46.5	77	51.5	0	773.9
1990	29.5	85.4	88.8	127.2	33.1	35.6	0.9	0.6	139.7	262	250.2	103.6	1156.6
1991	91	359.2	509.6	248.6	287	6.3	0	0	78.7	157.6	211.1	260.5	2209.6
1992	170.1	74.1	137.1	119.1	107.7	62.4	0	24	135.5	119.2	75.7	174.1	1199
1993	147.6	190.6	358.9	453.2	100.2	22.3	0	18.4	82.6	137.5	206.2	452.6	2170.1
1994	475.4	373.5	522.4	278	329.1	18.6	0	22.2	104.8	252.8	210.7	139.1	2726.6
1995	143.1	228.8	217.4	128.1	112.7	12.6	51.8	48.9	54.9	93.1	129.3	243.9	1464.6
1996	198.8	402.7	311.3	147.5	59.7	49.7	0	20.3	48.5	231.4	82.1	58	1610
1997	187.5	190.3	123.2	260	81	18.5	39	9.9	76.8	172.9	301.1	305.6	1765.8
1998	168.5	370.3	308.9	243.2	85.4	0	0	14.8	67.6	224.9	168.6	99	1751.2
1999	210.3	490.5	257.2	123.5	169.2	53.9	20.3	6.4	228.3	65.3	137.4	167.3	1929.6
2000	64.9	247.2	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.3	123.2	19.3	61.7	237.6	1362.9
2001	335.8	227.8	424.4	92.6	88.7	17.6	15.2	0.4	145.2	166.7	158.9	171.8	1845.1
2002	76	188.9	390.2	159	36.9	29	15.2	2.6	50.7	204.7	225.9	243.6	1622.7
2003	103.8	134.4	124.54	79.6	77.9	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100	980.74
2004	70.3	230.4	165.6	85	75.4	11.7	41	19.1	84.8	145.6	167.8	236.2	1332.9
2005	164.1	227.1	344.9	95.6	91.6	53.7	0	7.1	54.4	148.1	33.3	164.8	1384.7
2006	142.9	189	347.4	184.7	62.8	62	5.1	15.7	116.2	40.2	158.5	183.6	1508.1
2007	245.4	65.7	352.3	226.3	57.5	1.3	42.6	20.1	32.8	171.5	211.4	146.4	1573.3
2008	214.6	291.2	246	156.5	76.2	73.3	16	11	110.9	182.6	127.3	72.3	1577.9
2009	341.6	200.7	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8	27	184	187.6	235.1	1817.7
2010	108	169.7	264.5	173.2	84.6	39.4	44.3	33.6	29.6	82.7	96.5	182.6	1308.7
2011	257	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93	265.4	1506.4
2012	325.1	320.8	154.8	211.6	109.6	32.4	0	45.8	33.7	137.3	202.9	67.6	1641.6
2013	141	279.9	352.4	196.2	193.4	32.8	17.7	33.8	30.4	174.5	28	243.7	1723.8
2014	137.4	174.9	242.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	90.3	209.2	1225.3
2015	367.4	164	283.2	111.8	158.7	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	124.5	108.9	1443.3
2016	166.3	134.3	162.2	138.4	36.8	44.9	1.1	0	43.4	149.2	39.9	173.8	1090.3
2017	156.6	235.6	365.6	134.9	170.7	43.9	1.2	49.9	51.7	146.8	37.7	228.9	1623.5
2018	262.5	194.4	205.6	141.7	111.4	8.2	0	2.5	59	145.2	152.9	162.3	1445.7
2019	92.8	148.4	378.2	137.3	62.8	5.8	14.1	0	21.6	190.2	172.6	311.7	1535.5
Año Promedio	166.178846	188.05	240.193077	150.382692	86.3423077	25.9153846	15.0653846	20.2442308	66.8307692	130.903846	133.788462	162.192308	1386.087308

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 60.- Precipitación mensual de la estación Quebrada Shugar

ESTACION QUEBRADA SHUGAR													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	70.1	96.8	138.2	65.7	46.7	38.1	41.1	11.8	120.4	153	61.6	95	938.5
1969	67.1	94.7	151.9	110.3	31.4	53.5	3.8	11	57.14	107.93	192.21	102.2	983.18
1970	120.7	46.9	114.22	125.95	76.22	45.4	46.4	11.54	75.34	208.05	212.92	140.98	1224.62
1971	117.7	101.02	288	114.53	106.74	66.55	17.13	8.06	43.54	188.33	129.3	118.34	1299.24
1972	60.47	119.54	202.47	212.23	93.49	1.24	17.71	41.84	77.27	85.53	130.61	107.15	1149.55
1973	99.49	80.14	197.93	146.32	46.2	57.34	53.23	44.3	123.61	86.51	99.91	94.6	1129.58
1974	123.91	197.6	158.1	69.05	4.82	78.67	18.38	53.58	86.63	172.04	95.56	103.1	1161.44
1975	122.34	189.45	322.61	164.96	147.03	106.21	19.95	47.45	65.72	94.15	101.44	15.43	1396.74
1976	214.22	122.92	153.22	89.66	71.26	9.23	2.21	25.62	36.66	76	66.03	69.38	936.41
1977	181.93	192.4	177.26	107.15	51.82	7.72	2.92	9.41	32.81	112.62	149.13	136.92	1162.09
1978	74.7	85.93	55.92	88.33	61.51	5.81	56.74	1.23	56.54	54.41	105.81	125.34	772.27
1979	76.82	99.41	268.52	98.71	44.66	2.6	34.41	48.91	78.1	20.32	58.72	54.82	886
1980	87.92	82.21	137.52	40.02	31.31	17.6	21.01	11.2	9.52	204.53	214.6	72.33	929.77
1981	80.73	195	162.6	106.54	77.7	51.8	21.4	96.9	44.5	164.71	85.9	102.01	1189.79
1982	85.11	95.8	93.32	105.24	129.01	106.22	32.43	0.02	123.7	186.44	119.98	171.52	1248.79
1983	214.53	37.81	207.02	125.75	49.92	29.21	23.11	26.21	62.72	82.81	100.77	161.94	1121.8
1984	50.74	249.91	152.63	87.03	95.64	26.95	41.82	33.72	68.83	154.64	72.11	59.26	1093.28
1985	43.6	64.64	76.85	47.05	32.72	10.71	20.71	18.7	66.11	15.51	47.24	95.91	539.75
1986	115.03	99.91	115.64	84.93	46.75	0.02	3.52	40.7	60.13	31.11	69.9	94.31	761.95
1987	123.1	115.71	90.02	66.4	26.9	14.42	82.41	0.9	50.4	16.81	126.21	41.1	754.38
1988	108.81	172.33	77.2	69.73	30.02	0	0.02	0.01	47.92	62.15	118.91	66.13	753.23
1989	126.92	98.52	131.16	82.55	7.93	16.02	8.7	0.04	59.53	99.6	56.56	30.82	718.35
1990	33.92	24	9.33	70.94	49.13	34.61	4.9	6.41	26.62	94.61	98.41	61.31	514.19
1991	76.41	67.32	54.12	109.3	17.62	7.4	21.6	0.03	36.43	31.53	55.04	120.21	597.01
1992	57.02	61.31	108.16	81.12	22.62	62.24	15.32	33.24	91.82	88.51	53.7	70.61	745.67
1993	92.33	55.7	97.52	102.02	76.42	6.51	0.03	22.62	27.2	75.83	81.62	85.1	722.9
1994	76.72	88.92	78.21	71.22	27.22	21.95	1.23	2.9	46.72	48.15	63.9	104.4	631.54
1995	60.53	43.23	77.62	25.82	61.73	28.12	26.74	0.04	22.81	93.11	88.31	150.91	678.97
1996	92.41	135.91	115.61	66.31	28.33	10.34	3.01	17.92	23.51	87.95	26.22	14.94	622.46
1997	59.55	44.81	67.73	134.92	24.04	24.62	0.03	14.92	35.23	48.52	96.81	114.5	665.68
1998	69	100.96	146.05	98.75	48.72	2.66	0.04	4.3	56.8	209.1	73.4	73.4	883.18
1999	136.71	284	60.5	40.2	82.6	104.5	8.2	5.5	90.9	27.9	145.7	124	1110.71
2000	56.7	181.6	196.3	85.3	94.4	75.9	27.8	6.7	63	24.7	122.9	141.5	1076.8
2001	196	65.3	260.5	43	52.9	4.5	4.6	0.3	51.2	106.3	260.5	126.7	1171.8
2002	61.5	136.7	197.6	165	68.1	2.8	36.6	0.3	39.3	133.5	154.1	174.6	1170.1
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	1052
2004	47.8	80.1	103.5	74.6	67.1	34.8	45.7	20.3	21.2	148.3	148.9	129	921.3
2005	63.5	144.9	174.5	141.2	11	2.9	6.1	3.5	37.1	161.6	56.8	138.9	942
2006	156	130.5	289.2	56.1	10.4	33.7	28.9	3.1	46.4	116.8	112.7	165.4	1149.2
2007	189.1	55.1	187.8	149.3	29	2.3	23.1	38.2	37	121.4	151	71.9	1055.2
2008	185.1	249.8	182.7	105.5	69.7	17	3.2	27	87.5	151.1	98.6	40.4	1217.6
2009	290.6	141.7	144.1	131.7	91.1	35.1	18.7	6	52.2	134.4	156.2	152.6	1354.4
2010	98.2	116.4	134.5	68.8	71.1	41	28.1	3.4	41.5	50	104.2	83.6	840.8
2011	73.9	63.2	225.2	137.7	51.9	17.9	19.7	8	80.1	70.2	91.7	189.7	1029.2
2012	200.5	209	128	112.8	38.9	11.1	0.5	8.7	18.2	95.5	145.6	142.9	1111.7
2013	129.2	110.1	302.8	108.7	102	6.9	16.9	67.3	7.6	135	27.3	161.6	1175.4
2014	162	114.6	268.9	71.1	98.8	3.4	13.1	10.1	48.8	43.2	77.7	117.3	1029
2015	163.8	95.9	194.9	84.7	104.4	12.2	10.6	29.4	8.9	49.8	88.4	135.9	978.9
2016	93.2	6.7	154.1	35.6	18.5	19.8	6.9	0	46.1	55.9	108.3	106.2	651.3
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	1141.9
2018	137.2	144.9	120.9	95	85.4	41.6	19.6	8	36.9	127.7	156	115.5	1088.7
2019	66.9	142.6	248.8	77.9	106	27.5	20.8	4.2	25.3	154.2	82.1	126.6	1082.9
Año Promedio	111.949423	115.0175	156.716538	95.9871154	58.6534615	29.1494231	18.9540385	18.9484615	53.5126923	101.298269	106.512115	105.670577	972.3696154

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

Tabla 61.- Precipitación mensual de la estación Augusto Weberbauer

ESTACION AUGUSTO WEBERBAUER													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1968	58.02	81.03	67.72	26.2	14.9	1.6	1.61	16.2	50	66.4	54.6	70.81	509.09
1969	42	73.71	83.53	85.7	1.51	19.62	0.3	3.5	18.41	44.5	106.4	162	641.18
1970	71	41.81	79.9	54.53	33.83	19.91	3.2	2.51	18.23	103.01	51.41	54.12	533.46
1971	58.42	97.8	275.7	54.71	8	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.81	66.54	771.88
1972	55.5	67.6	113.81	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6	45.5	31.41	66.52	50.22	553.26
1973	95.39	70.82	92.5	101.61	23.8	28.73	8.46	19.35	91.04	67.02	65.51	75	739.23
1974	61.62	140	89.11	59.02	4.64	17.33	6.53	27.3	38.72	70.71	55.1	76.81	646.89
1975	95.61	156.5	202.02	68.82	66.81	10.02	7.2	19.31	45.11	80.2	65.1	0.9	817.6
1976	130.4	62.93	81.32	34.51	43.01	23.01	0.12	4.41	12.32	32.2	71.6	44.42	540.25
1977	129.91	146.4	141.93	42.6	25.52	8	7.52	0.12	16.1	53.41	54.8	68.22	694.53
1978	12.71	34.41	48.8	37.02	65.6	3.9	4.4	3.8	25.01	24.4	54.01	44.81	358.87
1979	84.11	81.61	159.7	37.1	16.3	1.81	7.5	15.71	33.6	24.4	26.3	46.61	534.75
1980	34.9	42.4	65	29.31	6.91	15.1	3.2	6.71	2.3	130.4	111	106.7	553.93
1981	78.2	186.51	105.7	33.72	14.7	6.6	7.2	12.7	22.01	111.9	45.6	111.3	736.14
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	717.1
1983	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4	756.9
1984	24.7	233.6	123.8	80	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1	905.8
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53	0.4	4.8	18.3	37.3	50	23.9	40.3	374.1
1986	84.41	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8	544.61
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4	10.8	12.3	39.51	37.2	74.3	61.5	533.51
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.61	5.4	0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4	602.91
1989	87	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7	699.2
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	607.1
1991	43.8	90	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9	507.4
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10	40.8	64	32	34.1	423.1
1993	61	112.2	245	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1	872.6
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6	825.4
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	514.9
1996	65.2	124	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1	583.5
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17	15.4	0.2	0	27.4	50.8	119.9	129.4	643.7
1998	103	116.5	257	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9	765.2
1999	94.8	242.7	69.5	65	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77	68.8	820.7
2000	46	162.3	126.3	77.3	40.51	15.61	2.11	13.4	56.61	9.92	44.5	122.3	716.86
2001	191.21	100.8	230.2	57.2	48.14	2.35	13.91	0.02	34.43	46.23	93.41	90.91	908.81
2002	27.02	60	133.12	77.21	23.04	8.81	10.72	3.4	14.62	90.3	99.91	86.1	634.25
2003	51.13	61.43	103.62	42.1	30.71	22.32	1.81	10.6	14.84	46.03	63.81	80.72	529.12
2004	36.1	102	56.9	44.52	42.4	2.11	13.8	29.4	19.01	63.41	92.6	123.71	625.96
2005	84.92	53.7	136.6	54.01	7.21	4.5	0.6	3.5	31.21	92.3	30	87.8	586.35
2006	83.2	101.6	199.3	77.61	7.7	23.92	1.82	6.11	33.61	12.71	60.4	81.7	689.68
2007	95.4	17.51	182.4	111.51	29	1.42	10.74	6.41	11.62	118.9	97.61	68.8	751.32
2008	80.24	133.3	118.4	99.12	22.72	15.45	2.31	11.71	34.72	96.51	72.02	32.4	718.9
2009	180.71	74.61	110.52	78.81	42.2	17.91	12.32	3.92	11.8	78.53	109.41	74.22	794.96
2010	49.52	112.91	154.02	88.41	31.64	8.62	2.6	1.33	28.95	43.41	52.51	70.86	644.78
2011	76.61	73.31	125.22	102.03	16.7	0.41	8.32	0.03	47.12	31.5	24.41	109.71	615.37
2012	154.22	134.7	126.4	72.82	51.51	0.21	0	2.54	19.12	83.22	120.31	58.3	823.35
2013	61.52	98.01	213.6	73.81	62.63	7.5	5.7	8.93	3.7	110.7	17	51.91	715.01
2014	74.7	62.41	143.2	78.82	26.92	5	2	3.91	27.71	26.32	45.7	114.9	611.59
2015	184.71	55.4	202.2	63	75.82	3	4.4	0.1	27.8	16.81	59.4	43.5	736.14
2016	83.3	85.3	119	58.5	7	1.6	2.1	1.1	23.4	61.7	13.5	63.8	520.3
2017	79.4	71.9	138.7	78.8	47.2	12	2.3	20.9	21.2	65.3	63.2	168.1	769
2018	99	125.7	117.3	72.9	50.1	10.8	0.5	0	24.4	61.6	97.4	68.7	728.4
2019	43.7	104.1	172.7	78.1	37.4	9.1	11.7	0	7.6	121	52.6	162.7	800.7
Año Promedio	79.9021154	97.8138462	123.516154	68.5313462	29.9440385	9.84942308	5.56730769	8.25442308	28.6659615	65.1280769	64.3434615	77.1307692	658.6469231

Fuente: (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

A.4. Generación de escorrentia con el modelo Lutz Scholz y con la Estación Llaucano.

Tabla 62.- Caudales medios mensuales generados (mm/mes)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1968	28.74	30.44	46.00	27.57	15.48	12.38	13.42	10.06	25.74	35.40	24.92	26.53
1969	19.26	28.33	28.12	40.44	21.91	20.20	9.27	12.06	19.80	34.40	49.27	35.52
1970	39.04	26.63	33.39	31.44	35.41	21.40	19.12	10.12	15.99	44.97	50.50	36.76
1971	38.82	41.71	81.71	49.17	30.63	23.41	17.59	11.52	15.99	38.29	38.68	38.85
1972	29.12	28.77	55.97	54.94	36.78	16.70	15.00	12.94	21.94	22.80	31.05	33.48
1973	32.55	33.13	46.52	41.54	24.75	19.21	12.45	15.03	28.95	28.34	35.21	35.39
1974	34.28	41.95	44.70	32.43	21.39	19.27	13.90	15.52	21.97	32.62	30.83	33.40
1975	33.81	43.60	64.60	46.04	30.35	24.87	17.10	17.31	20.84	29.71	32.33	16.19
1976	46.99	32.32	40.46	29.05	20.76	10.51	6.07	10.26	12.44	18.39	22.94	18.71
1977	41.05	44.22	40.73	31.57	21.90	12.90	12.44	11.83	13.31	27.93	37.04	26.35
1978	20.61	21.00	21.09	23.99	24.76	10.11	13.30	9.06	14.98	16.55	28.56	32.10
1979	24.61	24.71	50.70	34.41	23.21	14.45	14.08	17.83	25.46	13.33	15.01	17.15
1980	23.37	23.42	28.49	21.49	24.92	14.50	11.54	13.78	18.85	39.88	44.43	26.36
1981	27.24	42.55	40.73	32.53	27.50	21.62	14.37	16.72	14.88	33.81	26.31	28.27
1982	28.67	29.97	28.39	27.73	27.09	22.12	13.38	10.07	23.48	37.85	28.48	40.87
1983	45.29	26.76	47.44	41.50	27.94	18.26	14.73	11.06	16.93	25.44	26.47	40.94
1984	31.10	57.97	47.78	39.63	28.34	21.11	16.04	16.18	21.80	47.00	33.39	30.37
1985	29.09	30.50	30.80	28.48	17.55	15.96	14.40	15.43	17.62	19.93	24.52	35.28
1986	39.82	39.22	30.47	42.39	35.45	16.24	20.41	13.58	17.02	26.46	29.85	44.35
1987	42.51	40.58	37.81	27.18	19.37	12.30	20.38	15.25	23.28	27.18	47.56	28.64
1988	37.90	37.14	31.05	33.35	31.28	15.90	7.18	9.79	21.07	36.56	37.10	44.14
1989	46.76	49.53	66.40	49.64	26.66	16.67	9.87	10.22	20.16	44.03	29.17	19.16
1990	17.81	24.38	23.30	32.80	18.35	18.51	16.64	12.60	18.02	39.08	42.39	28.82
1991	27.57	34.29	49.31	37.52	25.73	17.09	11.27	13.53	14.75	22.62	25.00	35.13
1992	30.52	19.18	27.56	26.20	23.71	18.53	11.83	10.33	26.04	30.56	31.63	25.63
1993	33.85	35.43	65.52	52.49	30.05	19.70	6.60	14.65	20.53	39.08	44.47	48.85
1994	55.40	46.84	57.68	59.08	27.24	14.29	8.32	7.15	21.54	23.42	35.33	39.51
1995	27.59	38.44	43.34	26.17	25.76	13.68	14.23	9.45	19.97	31.89	31.10	46.76
1996	39.20	45.62	46.85	34.77	23.75	13.97	6.44	16.86	14.64	44.30	28.48	23.15
1997	32.74	40.46	32.23	36.03	24.72	18.57	12.78	13.71	15.52	27.47	41.34	50.84
1998	35.58	39.88	51.67	57.70	29.82	13.75	5.26	2.92	16.69	44.71	32.30	31.06
1999	33.26	65.30	38.22	32.48	32.31	29.90	14.36	12.72	29.00	19.86	31.85	40.54
2000	25.45	51.98	47.34	32.00	29.03	23.27	19.08	12.50	27.59	13.24	22.78	40.87
2001	61.53	38.63	66.62	41.27	28.05	13.91	13.98	9.37	22.30	36.60	47.43	38.89
2002	33.00	39.80	67.19	49.86	26.47	13.47	21.41	6.98	18.09	37.96	43.93	48.40
2003	35.99	39.19	36.14	31.90	26.09	22.88	15.08	16.84	18.95	22.56	39.05	36.54
2004	22.05	24.33	28.37	24.73	24.54	11.55	20.10	9.00	15.26	40.76	40.83	44.59
2005	38.31	43.24	57.34	40.81	20.41	12.66	12.35	13.88	15.72	36.32	28.28	39.60
2006	38.31	34.88	69.04	45.79	22.89	17.51	16.83	11.91	22.43	23.14	34.94	44.13
2007	43.42	28.04	60.46	51.85	25.31	13.21	15.77	14.90	9.86	35.93	51.20	39.39

2008	45.54	64.10	45.82	40.25	25.88	15.06	11.23	11.51	24.68	42.37	43.64	25.22
2009	63.32	45.08	45.43	37.00	24.28	18.40	14.44	7.93	13.67	36.20	43.65	38.79
2010	29.36	37.25	43.34	34.64	28.74	19.35	12.68	9.87	17.62	34.41	35.68	39.41
2011	26.93	33.83	49.84	55.17	26.34	12.09	17.32	11.29	22.56	23.01	28.59	49.03
2012	54.03	51.70	42.90	34.89	27.55	12.80	9.77	11.28	13.16	32.95	46.74	34.97
2013	34.84	39.03	58.70	47.05	37.90	16.30	9.70	16.64	11.97	42.35	20.70	41.69
2014	38.24	41.96	60.01	38.30	31.20	12.89	12.56	13.68	17.38	25.05	32.26	34.80
2015	51.98	27.00	73.55	41.49	32.29	19.41	13.21	12.16	7.78	15.31	29.85	27.17
2016	36.65	25.90	44.19	34.16	24.41	15.92	6.09	12.68	15.24	21.96	20.44	34.98
2017	43.71	42.13	52.71	47.34	31.43	23.01	12.41	14.24	18.31	34.25	30.28	30.61
2018	39.41	40.06	43.46	35.45	33.11	17.05	10.28	7.62	12.39	35.28	40.56	33.59
2019	27.13	38.01	62.94	38.24	24.50	17.93	9.80	8.90	12.43	40.02	37.21	50.63
Max	63.32	65.30	81.71	59.08	37.90	29.90	21.41	17.83	29.00	47.00	51.20	50.84
Med	35.83	37.51	46.82	38.15	26.64	17.05	13.23	12.17	18.59	31.41	34.34	35.24
Min	17.81	19.18	21.09	21.49	15.48	10.11	5.26	2.92	7.78	13.24	15.01	16.19
D.Est	10.00	10.01	13.88	9.19	4.76	4.08	3.92	3.08	4.80	8.87	8.47	8.60

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 63.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-1.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1968	Enero	5.37	6.75
1968	Febrero	11.53	7.66
1968	Marzo	20.29	10.45
1968	Abril	3.47	6.47
1968	Mayo	3.49	3.52
1968	Junio	1.39	2.91
1968	Julio	1.02	3.05
1968	Agosto	0.91	2.29
1968	Setiembre	2.36	6.05
1968	Octubre	8.11	8.04
1968	Noviembre	5.11	5.85
1968	Diciembre	2.91	6.03
1969	Enero	5.80	4.52
1969	Febrero	11.56	7.13
1969	Marzo	7.78	6.39
1969	Abril	17.60	9.50
1969	Mayo	3.12	4.98
1969	Junio	2.08	4.74
1969	Julio	1.08	2.11
1969	Agosto	0.78	2.74
1969	Setiembre	0.85	4.65
1969	Octubre	2.82	7.82
1969	Noviembre	12.06	11.57
1969	Diciembre	15.13	8.07
1970	Enero	11.12	9.17
1970	Febrero	9.76	6.70
1970	Marzo	12.30	7.59
1970	Abril	10.93	7.38
1970	Mayo	9.44	8.05

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 64.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-2.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1970	Junio	3.74	5.03
1970	Julio	1.91	4.35
1970	Agosto	1.04	2.30
1970	Setiembre	1.19	3.75
1970	Octubre	6.44	10.22
1970	Noviembre	23.58	11.86
1970	Diciembre	22.39	8.35
1971	Enero	13.86	9.12
1971	Febrero	19.50	10.49
1971	Marzo	43.71	18.57
1971	Abril	31.48	11.55
1971	Mayo	10.39	6.96
1971	Junio	7.50	5.50
1971	Julio	2.67	4.00
1971	Agosto	1.47	2.62
1971	Setiembre	1.38	3.76
1971	Octubre	6.82	8.70
1971	Noviembre	10.82	9.08
1971	Diciembre	18.37	8.83
1972	Enero	9.29	6.84
1972	Febrero	8.14	7.24
1972	Marzo	37.15	12.72
1972	Abril	26.87	12.90
1972	Mayo	12.62	8.36
1972	Junio	4.17	3.92
1972	Julio	2.29	3.41
1972	Agosto	1.48	2.94
1972	Setiembre	2.05	5.15
1972	Octubre	3.04	5.18

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 65.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-3.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1972	Noviembre	5.30	7.29
1972	Diciembre	10.78	7.61
1973	Enero	11.98	7.65
1973	Febrero	11.10	8.34
1973	Marzo	16.38	10.57
1973	Abril	34.69	9.76
1973	Mayo	7.20	5.62
1973	Junio	3.60	4.51
1973	Julio	3.35	2.83
1973	Agosto	3.94	3.42
1973	Setiembre	9.26	6.80
1973	Octubre	13.61	6.44
1973	Noviembre	15.40	8.27
1973	Diciembre	14.53	8.04
1974	Enero	20.54	8.05
1974	Febrero	41.64	10.55
1974	Marzo	31.39	10.16
1974	Abril	15.73	7.62
1974	Mayo	4.12	4.86
1974	Junio	2.38	4.52
1974	Julio	1.78	3.16
1974	Agosto	1.59	3.53
1974	Setiembre	1.63	5.16
1974	Octubre	10.54	7.41
1974	Noviembre	7.51	7.24
1974	Diciembre	10.63	7.59
1975	Enero	10.68	7.94
1975	Febrero	33.32	10.97
1975	Marzo	58.26	14.68

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 66.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-4.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1975	Abril	35.87	10.81
1975	Mayo	14.13	6.90
1975	Junio	6.07	5.84
1975	Julio	3.85	3.89
1975	Agosto	1.88	3.93
1975	Setiembre	2.40	4.89
1975	Octubre	6.70	6.75
1975	Noviembre	7.34	7.59
1975	Diciembre	2.20	3.68
1976	Enero	16.24	11.04
1976	Febrero	16.96	8.13
1976	Marzo	25.00	9.19
1976	Abril	17.61	6.82
1976	Mayo	4.98	4.72
1976	Junio	2.37	2.47
1976	Julio	1.24	1.38
1976	Agosto	1.02	2.33
1976	Setiembre	0.97	2.92
1976	Octubre	0.95	4.18
1976	Noviembre	1.74	5.39
1976	Diciembre	2.22	4.25
1977	Enero	16.98	9.64
1977	Febrero	31.61	11.13
1977	Marzo	16.48	9.26
1977	Abril	16.12	7.41
1977	Mayo	5.94	4.98
1977	Junio	2.46	3.03
1977	Julio	1.32	2.83
1977	Agosto	1.14	2.69

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 67.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-5.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1977	Setiembre	1.26	3.13
1977	Octubre	2.95	6.35
1977	Noviembre	9.30	8.70
1977	Diciembre	9.20	5.99
1978	Enero	3.98	4.84
1978	Febrero	3.56	5.28
1978	Marzo	3.14	4.79
1978	Abril	7.64	5.63
1978	Mayo	7.55	5.63
1978	Junio	1.89	2.37
1978	Julio	1.46	3.02
1978	Agosto	0.90	2.06
1978	Setiembre	1.14	3.52
1978	Octubre	1.23	3.76
1978	Noviembre	3.89	6.71
1978	Diciembre	8.12	7.29
1979	Enero	7.20	5.78
1979	Febrero	11.62	6.22
1979	Marzo	42.13	11.52
1979	Abril	11.16	8.08
1979	Mayo	6.41	5.27
1979	Junio	2.23	3.39
1979	Julio	1.51	3.20
1979	Agosto	1.58	4.05
1979	Setiembre	5.95	5.98
1979	Octubre	1.88	3.03
1979	Noviembre	1.66	3.53
1979	Diciembre	2.02	3.90
1980	Enero	4.04	5.49

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 68.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-6.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1980	Febrero	10.61	5.89
1980	Marzo	8.40	6.47
1980	Abril	8.04	5.05
1980	Mayo	2.10	5.66
1980	Junio	1.32	3.40
1980	Julio	0.98	2.62
1980	Agosto	0.75	3.13
1980	Setiembre	0.75	4.43
1980	Octubre	8.27	9.06
1980	Noviembre	19.98	10.43
1980	Diciembre	22.10	5.99
1981	Enero	7.11	6.40
1981	Febrero	29.93	10.71
1981	Marzo	26.03	9.26
1981	Abril	7.27	7.64
1981	Mayo	5.73	6.25
1981	Junio	3.55	5.08
1981	Julio	1.66	3.27
1981	Agosto	1.33	3.80
1981	Setiembre	1.14	3.50
1981	Octubre	6.91	7.68
1981	Noviembre	12.89	6.18
1981	Diciembre	19.15	6.42
1982	Enero	9.94	6.73
1982	Febrero	15.68	7.54
1982	Marzo	10.33	6.45
1982	Abril	12.32	6.51
1982	Mayo	5.80	6.16
1982	Junio	3.29	5.19

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 69.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-7.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1982	Julio	1.69	3.04
1982	Agosto	0.97	2.29
1982	Setiembre	2.32	5.52
1982	Octubre	12.62	8.60
1982	Noviembre	14.99	6.69
1982	Diciembre	26.93	9.29
1983	Enero	21.16	10.64
1983	Febrero	9.06	6.73
1983	Marzo	25.07	10.78
1983	Abril	13.75	9.74
1983	Mayo	5.28	6.35
1983	Junio	2.84	4.29
1983	Julio	1.35	3.35
1983	Agosto	0.86	2.51
1983	Setiembre	1.26	3.98
1983	Octubre	1.71	5.78
1983	Noviembre	2.12	6.22
1983	Diciembre	15.02	9.30
1984	Enero	4.58	7.30
1984	Febrero	43.31	14.59
1984	Marzo	27.73	10.86
1984	Abril	14.20	9.31
1984	Mayo	11.35	6.44
1984	Junio	2.51	4.96
1984	Julio	1.75	3.65
1984	Agosto	0.56	3.68
1984	Setiembre	1.39	5.12
1984	Octubre	5.02	10.68
1984	Noviembre	3.28	7.84

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 70.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-8.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1984	Diciembre	5.93	6.90
1985	Enero	7.25	6.83
1985	Febrero	5.01	7.68
1985	Marzo	4.45	7.00
1985	Abril	6.95	6.69
1985	Mayo	3.75	3.99
1985	Junio	1.60	3.75
1985	Julio	0.70	3.27
1985	Agosto	0.69	3.51
1985	Setiembre	1.09	4.14
1985	Octubre	2.77	4.53
1985	Noviembre	1.67	5.76
1985	Diciembre	8.88	8.02
1986	Enero	8.79	9.35
1986	Febrero	14.40	9.87
1986	Marzo	9.12	6.92
1986	Abril	16.39	9.95
1986	Mayo	4.74	8.06
1986	Junio	2.05	3.81
1986	Julio	0.78	4.64
1986	Agosto	0.88	3.09
1986	Setiembre	0.69	4.00
1986	Octubre	1.57	6.01
1986	Noviembre	4.14	7.01
1986	Diciembre	4.30	10.08
1987	Enero	19.50	9.98
1987	Febrero	15.32	10.21
1987	Marzo	7.28	8.59
1987	Abril	4.47	6.38

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 71.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-9.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1987	Mayo	7.38	4.40
1987	Junio	1.42	2.89
1987	Julio	1.01	4.63
1987	Agosto	2.02	3.47
1987	Setiembre	1.97	5.47
1987	Octubre	4.13	6.18
1987	Noviembre	9.46	11.17
1987	Diciembre	10.60	6.51
1988	Enero	15.16	8.90
1988	Febrero	25.85	9.34
1988	Marzo	18.63	7.06
1988	Abril	16.56	7.83
1988	Mayo	6.09	7.11
1988	Junio	1.88	3.73
1988	Julio	0.81	1.63
1988	Agosto	0.73	2.23
1988	Setiembre	0.63	4.95
1988	Octubre	2.28	8.31
1988	Noviembre	7.72	8.71
1988	Diciembre	5.82	10.03
1989	Enero	32.34	10.98
1989	Febrero	35.13	12.46
1989	Marzo	45.93	15.09
1989	Abril	38.31	11.66
1989	Mayo	3.47	6.06
1989	Junio	1.76	3.91
1989	Julio	1.12	2.24
1989	Agosto	1.09	2.32
1989	Setiembre	1.69	4.73

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 72.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-10.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1989	Octubre	8.16	10.01
1989	Noviembre	5.67	6.85
1989	Diciembre	1.82	4.35
1990	Enero	2.79	4.18
1990	Febrero	3.45	6.13
1990	Marzo	3.09	5.30
1990	Abril	7.08	7.70
1990	Mayo	4.93	4.17
1990	Junio	4.27	4.35
1990	Julio	2.01	3.78
1990	Agosto	0.93	2.86
1990	Setiembre	0.64	4.23
1990	Octubre	8.12	8.88
1990	Noviembre	13.01	9.95
1990	Diciembre	16.20	6.55
1991	Enero	7.60	6.47
1991	Febrero	14.14	8.63
1991	Marzo	25.52	11.21
1991	Abril	18.54	8.81
1991	Mayo	9.91	5.85
1991	Junio	4.49	4.01
1991	Julio	0.98	2.56
1991	Agosto	0.75	3.07
1991	Setiembre	0.75	3.46
1991	Octubre	8.27	5.14
1991	Noviembre	19.98	5.87
1991	Diciembre	22.10	7.98
1992	Enero	9.94	7.17
1992	Febrero	15.68	4.83

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 73.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-11.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1992	Marzo	10.33	6.26
1992	Abril	12.32	6.15
1992	Mayo	5.80	5.39
1992	Junio	3.29	4.35
1992	Julio	1.65	2.69
1992	Agosto	1.13	2.35
1992	Setiembre	3.32	6.12
1992	Octubre	62.53	6.94
1992	Noviembre	14.05	7.43
1992	Diciembre	7.67	5.82
1993	Enero	11.57	7.95
1993	Febrero	42.18	8.91
1993	Marzo	97.77	14.89
1993	Abril	61.11	12.33
1993	Mayo	3.47	6.83
1993	Junio	1.85	4.63
1993	Julio	1.67	1.50
1993	Agosto	0.93	3.33
1993	Setiembre	0.90	4.82
1993	Octubre	2.49	8.88
1993	Noviembre	13.76	10.44
1993	Diciembre	15.33	11.10
1994	Enero	24.19	13.01
1994	Febrero	18.40	11.79
1994	Marzo	31.98	13.11
1994	Abril	30.39	13.87
1994	Mayo	5.10	6.19
1994	Junio	2.20	3.36
1994	Julio	1.43	1.89

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 74.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-12.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1994	Agosto	1.08	1.62
1994	Setiembre	1.02	5.06
1994	Octubre	1.50	5.32
1994	Noviembre	5.03	8.30
1994	Diciembre	11.62	8.98
1995	Enero	4.30	6.48
1995	Febrero	10.46	9.67
1995	Marzo	11.73	9.85
1995	Abril	12.92	6.15
1995	Mayo	5.26	5.86
1995	Junio	1.65	3.21
1995	Julio	1.19	3.24
1995	Agosto	0.82	2.15
1995	Setiembre	0.68	4.69
1995	Octubre	1.56	7.25
1995	Noviembre	9.43	7.30
1995	Diciembre	12.33	10.63
1996	Enero	27.17	9.20
1996	Febrero	42.59	11.48
1996	Marzo	28.11	10.65
1996	Abril	18.91	8.17
1996	Mayo	6.51	5.40
1996	Junio	2.59	3.28
1996	Julio	1.38	1.46
1996	Agosto	1.21	3.83
1996	Setiembre	1.13	3.44
1996	Octubre	4.41	10.07
1996	Noviembre	5.68	6.69
1996	Diciembre	2.64	5.26

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 75.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-13.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1997	Enero	4.36	7.69
1997	Febrero	15.96	10.18
1997	Marzo	7.65	7.32
1997	Abril	5.22	8.46
1997	Mayo	5.35	5.62
1997	Junio	3.18	4.36
1997	Julio	1.10	2.90
1997	Agosto	0.81	3.12
1997	Setiembre	0.84	3.65
1997	Octubre	1.01	6.24
1997	Noviembre	5.84	9.71
1997	Diciembre	14.78	11.55
1998	Enero	11.87	8.35
1998	Febrero	24.18	10.03
1998	Marzo	32.89	11.74
1998	Abril	17.14	13.55
1998	Mayo	7.51	6.78
1998	Junio	3.21	3.23
1998	Julio	1.68	1.20
1998	Agosto	1.02	0.66
1998	Setiembre	0.90	3.92
1998	Octubre	0.96	10.16
1998	Noviembre	9.41	7.59
1998	Diciembre	2.38	7.06
1999	Enero	6.72	7.81
1999	Febrero	45.30	16.43
1999	Marzo	18.55	8.69
1999	Abril	5.65	7.63
1999	Mayo	6.72	7.34

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 76.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-14.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
1999	Junio	3.57	7.02
1999	Julio	2.82	3.26
1999	Agosto	1.35	2.89
1999	Setiembre	2.06	6.81
1999	Octubre	2.45	4.51
1999	Noviembre	4.38	7.48
1999	Diciembre	13.44	9.21
2000	Enero	4.24	5.98
2000	Febrero	31.61	13.08
2000	Marzo	32.89	10.76
2000	Abril	15.09	7.51
2000	Mayo	12.25	6.60
2000	Junio	4.76	5.46
2000	Julio	2.53	4.34
2000	Agosto	1.52	2.84
2000	Setiembre	3.76	6.48
2000	Octubre	2.28	3.01
2000	Noviembre	1.09	5.35
2000	Diciembre	10.20	9.29
2001	Enero	30.03	14.45
2001	Febrero	13.81	9.72
2001	Marzo	36.24	15.14
2001	Abril	16.32	9.69
2001	Mayo	5.61	6.37
2001	Junio	2.97	3.27
2001	Julio	1.10	3.18
2001	Agosto	1.00	2.13
2001	Setiembre	1.47	5.24
2001	Octubre	1.89	8.32

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 77.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-15.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2001	Noviembre	10.77	11.14
2001	Diciembre	13.89	8.84
2002	Enero	7.52	7.75
2002	Febrero	12.73	10.01
2002	Marzo	33.68	15.27
2002	Abril	23.46	11.71
2002	Mayo	7.35	6.02
2002	Junio	2.67	3.16
2002	Julio	1.50	4.86
2002	Agosto	1.12	1.59
2002	Setiembre	1.15	4.25
2002	Octubre	5.10	8.63
2002	Noviembre	11.11	10.32
2002	Diciembre	21.77	11.00
2003	Enero	9.79	8.45
2003	Febrero	13.59	9.86
2003	Marzo	12.64	8.21
2003	Abril	15.14	7.49
2003	Mayo	5.07	5.93
2003	Junio	3.10	5.37
2003	Julio	1.67	3.43
2003	Agosto	0.85	3.83
2003	Setiembre	0.95	4.45
2003	Octubre	1.40	5.13
2003	Noviembre	8.65	9.17
2003	Diciembre	10.62	8.31
2004	Enero	7.54	5.18
2004	Febrero	7.37	6.12
2004	Marzo	7.93	6.45

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 78.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-16.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2004	Abril	11.08	5.81
2004	Mayo	4.69	5.58
2004	Junio	2.12	2.71
2004	Julio	1.82	4.57
2004	Agosto	1.23	2.04
2004	Setiembre	1.83	3.58
2004	Octubre	5.28	9.26
2004	Noviembre	18.06	9.59
2004	Diciembre	18.43	10.13
2005	Enero	11.04	9.00
2005	Febrero	10.17	10.88
2005	Marzo	48.93	13.03
2005	Abril	15.53	9.58
2005	Mayo	7.78	4.64
2005	Junio	2.33	2.97
2005	Julio	1.56	2.81
2005	Agosto	1.08	3.15
2005	Setiembre	1.33	3.69
2005	Octubre	9.70	8.25
2005	Noviembre	9.52	6.64
2005	Diciembre	15.56	9.00
2006	Enero	14.99	9.00
2006	Febrero	18.37	8.78
2006	Marzo	47.79	15.69
2006	Abril	38.06	10.75
2006	Mayo	4.18	5.20
2006	Junio	3.53	4.11
2006	Julio	1.81	3.83
2006	Agosto	1.39	2.71

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 79.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-17.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2006	Setiembre	1.38	5.27
2006	Octubre	2.38	5.26
2006	Noviembre	3.86	8.20
2006	Diciembre	19.18	10.03
2007	Enero	19.85	10.20
2007	Febrero	16.90	7.06
2007	Marzo	20.78	13.74
2007	Abril	17.81	12.18
2007	Mayo	6.64	5.75
2007	Junio	2.91	3.10
2007	Julio	1.94	3.58
2007	Agosto	1.13	3.39
2007	Setiembre	0.96	2.31
2007	Octubre	4.49	8.17
2007	Noviembre	12.77	12.02
2007	Diciembre	9.45	8.95
2008	Enero	14.71	10.70
2008	Febrero	21.92	16.13
2008	Marzo	19.61	10.41
2008	Abril	17.53	9.45
2008	Mayo	9.07	5.88
2008	Junio	6.30	3.54
2008	Julio	2.03	2.55
2008	Agosto	1.46	2.62
2008	Setiembre	3.27	5.80
2008	Octubre	5.03	9.63
2008	Noviembre	12.52	10.25
2008	Diciembre	9.47	5.73
2009	Enero	13.18	14.87

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 80.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-18.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2009	Febrero	17.74	11.34
2009	Marzo	22.09	10.32
2009	Abril	17.57	8.69
2009	Mayo	11.01	5.52
2009	Junio	5.55	4.32
2009	Julio	1.33	3.28
2009	Agosto	1.45	1.80
2009	Setiembre	1.40	3.21
2009	Octubre	3.24	8.23
2009	Noviembre	9.41	10.25
2009	Diciembre	14.58	8.82
2010	Enero	7.83	6.90
2010	Febrero	11.50	9.37
2010	Marzo	13.20	9.85
2010	Abril	14.23	8.13
2010	Mayo	10.38	6.53
2010	Junio	3.23	4.54
2010	Julio	2.49	2.88
2010	Agosto	1.52	2.24
2010	Setiembre	1.99	4.14
2010	Octubre	3.99	7.82
2010	Noviembre	9.77	8.38
2010	Diciembre	7.65	8.96
2011	Enero	7.94	6.32
2011	Febrero	19.76	8.51
2011	Marzo	11.30	11.33
2011	Abril	17.87	12.96
2011	Mayo	6.01	5.99
2011	Junio	2.75	2.84

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 81.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-19.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2011	Julio	2.22	3.94
2011	Agosto	1.33	2.57
2011	Setiembre	2.10	5.30
2011	Octubre	2.98	5.23
2011	Noviembre	4.61	6.71
2011	Diciembre	13.32	11.14
2012	Enero	47.80	12.69
2012	Febrero	11.62	13.01
2012	Marzo	14.24	9.75
2012	Abril	18.85	8.19
2012	Mayo	10.05	6.26
2012	Junio	3.65	3.01
2012	Julio	2.69	2.22
2012	Agosto	1.42	2.56
2012	Setiembre	1.74	3.09
2012	Octubre	5.68	7.49
2012	Noviembre	18.17	10.98
2012	Diciembre	13.24	7.95
2013	Enero	7.74	8.18
2013	Febrero	7.79	9.82
2013	Marzo	22.45	13.34
2013	Abril	14.59	11.05
2013	Mayo	11.95	8.61
2013	Junio	4.46	3.83
2013	Julio	2.23	2.20
2013	Agosto	1.22	3.78
2013	Setiembre	2.20	2.81
2013	Octubre	5.26	9.62
2013	Noviembre	6.30	4.86

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 82.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-20.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2013	Diciembre	10.32	9.47
2014	Enero	7.65	8.98
2014	Febrero	9.69	10.56
2014	Marzo	9.12	13.64
2014	Abril	16.39	8.99
2014	Mayo	4.74	7.09
2014	Junio	2.05	3.03
2014	Julio	0.78	2.85
2014	Agosto	0.88	3.11
2014	Setiembre	0.69	4.08
2014	Octubre	1.57	5.69
2014	Noviembre	10.77	7.58
2014	Diciembre	13.89	7.91
2015	Enero	7.66	12.21
2015	Febrero	7.49	6.79
2015	Marzo	8.05	16.71
2015	Abril	11.20	9.74
2015	Mayo	4.81	7.34
2015	Junio	2.24	4.56
2015	Julio	1.94	3.00
2015	Agosto	1.35	2.76
2015	Setiembre	1.95	1.83
2015	Octubre	5.40	3.48
2015	Noviembre	18.18	7.01
2015	Diciembre	18.55	6.18
2016	Enero	10.90	8.61
2016	Febrero	10.03	6.52
2016	Marzo	48.79	10.04
2016	Abril	15.39	8.02
2016	Mayo	7.64	5.55
2016	Junio	2.19	3.74
2016	Julio	1.42	1.38
2016	Agosto	0.94	2.88

Fuente: (Elaboración propia).

Tabla 83.- Caudales para determinar las medidas de bondad de ajuste-21.

Año	Mes	Valor observado	Valor simulado
2016	Setiembre	1.19	3.58
2016	Octubre	9.56	4.99
2016	Noviembre	9.38	4.80
2016	Diciembre	15.42	7.95
2017	Enero	15.13	10.26
2017	Febrero	18.51	10.60
2017	Marzo	47.93	11.98
2017	Abril	38.20	11.12
2017	Mayo	4.32	7.14
2017	Junio	3.67	5.40
2017	Julio	1.95	2.82
2017	Agosto	1.53	3.24
2017	Setiembre	1.52	4.30
2017	Octubre	2.52	7.78
2017	Noviembre	4.00	7.11
2017	Diciembre	19.32	6.96
2018	Enero	19.71	9.25
2018	Febrero	16.76	10.08
2018	Marzo	20.64	9.88
2018	Abril	17.67	8.32
2018	Mayo	6.50	7.53
2018	Junio	2.77	4.00
2018	Julio	1.80	2.34
2018	Agosto	0.99	1.73
2018	Setiembre	0.82	2.91
2018	Octubre	4.35	8.02
2018	Noviembre	12.63	9.53
2018	Diciembre	9.31	7.63
2019	Enero	14.92	6.37
2019	Febrero	22.13	9.56
2019	Marzo	19.82	14.30
2019	Abril	17.74	8.98
2019	Mayo	9.28	5.57
2019	Junio	6.51	4.21
2019	Julio	2.24	2.23
2019	Agosto	1.67	2.02
2019	Setiembre	3.48	2.92
2019	Octubre	5.24	9.10
2019	Noviembre	12.73	8.74
2019	Diciembre	9.68	11.51

Fuente: (Elaboración propia).

A.5. Confiabilidad de datos simulados

Tabla 84.- Coeficiente de confiabilidad.

Rangos	Magnitud
0.81-1.00	Muy alta
0.61-0.80	Alta
0.41-0.60	Moderada
0.21-0.40	Baja
0.01-0.20	Muy baja

Fuente: (Thorndike, L. 1989).

A.6. Lagunas en el área de influencia de la cuenca del río Llaucano

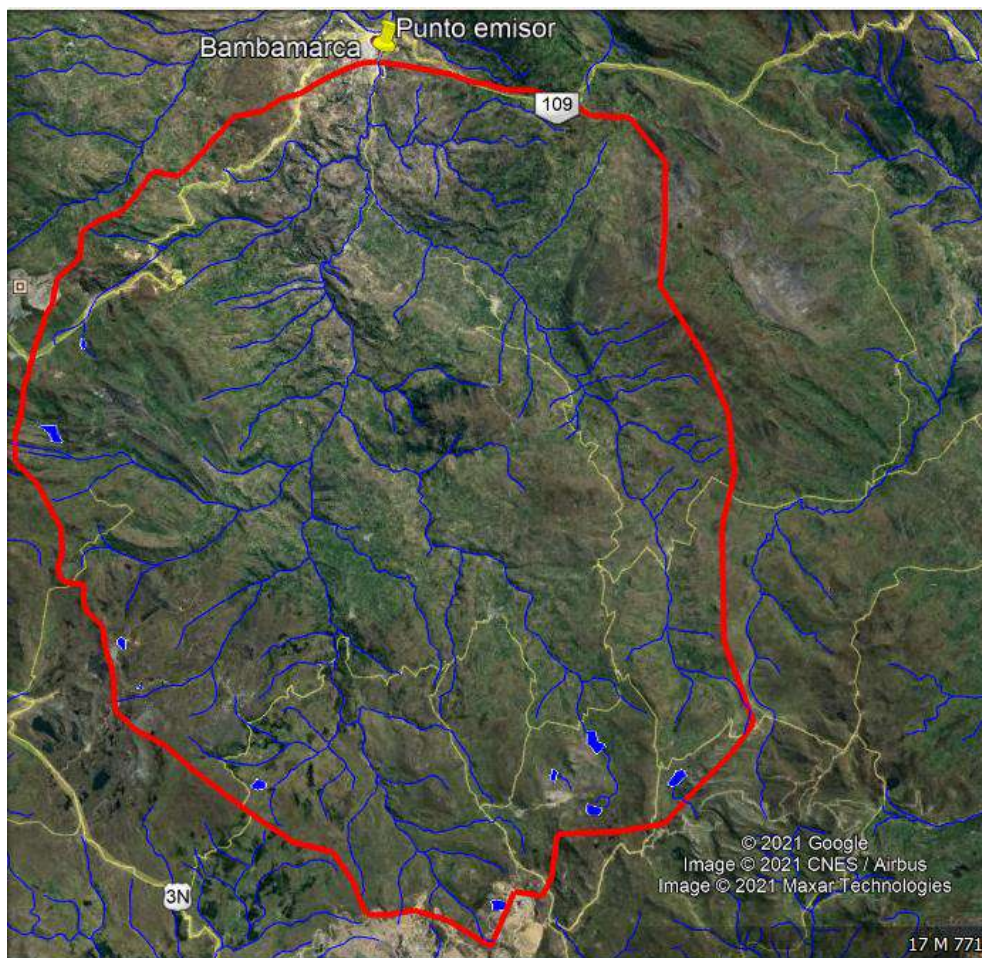


Figura 80.- Lagunas de la cuenca del Río Llaucano.

A.7. Panel fotográfico



Figura 81.- Vegetación de la cuenca parte alta



Figura 82.- Vegetación de la cuenca parte baja

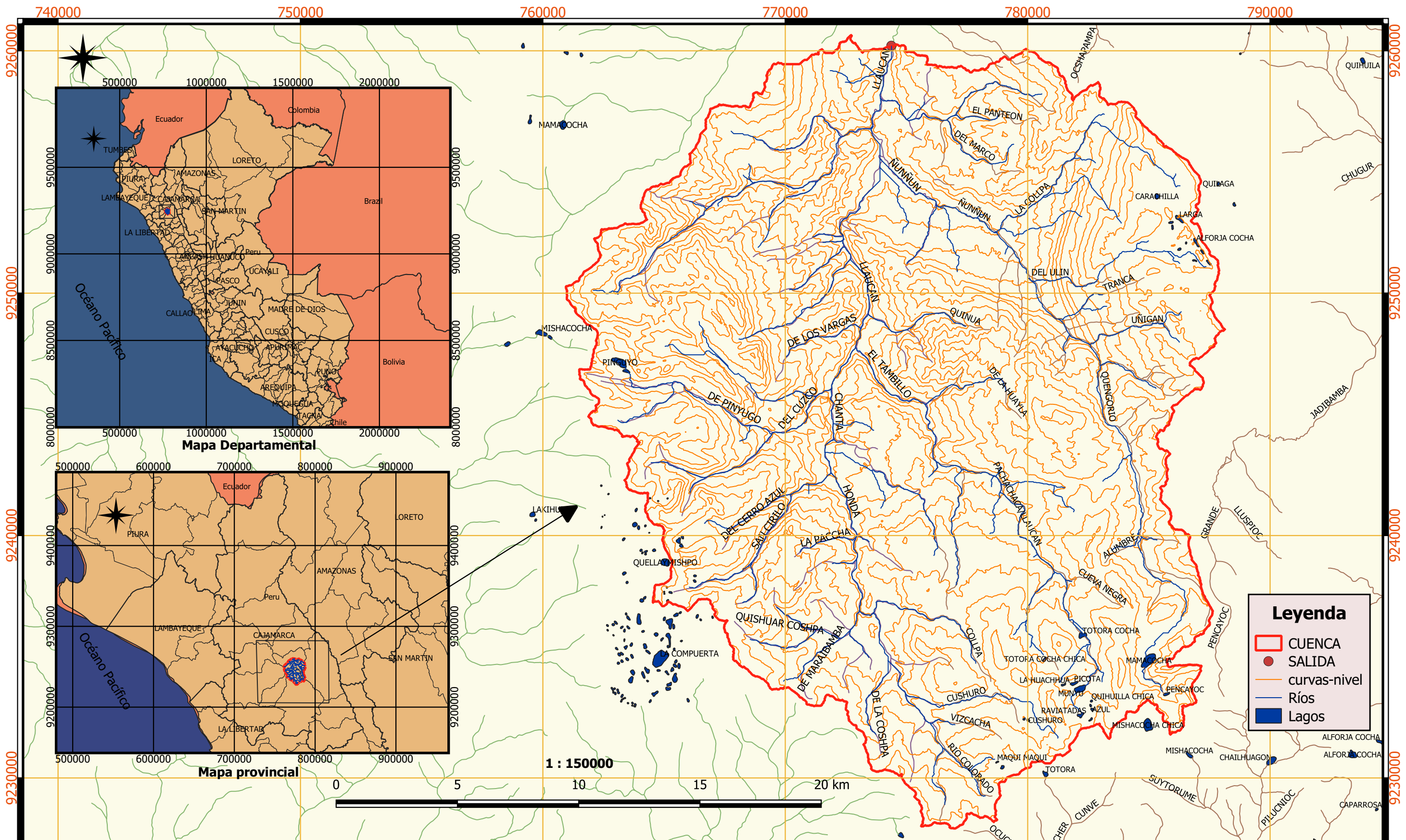


Figura 83.- Vegetación y suelo cerca del río Llaucano



Figura 84.- Vegetación y suelo de la cuenca del río Llaucano

A.8. Planos



Leyenda

- CUENCA
- SALIDA
- curvas-nivel
- Ríos
- Lagos

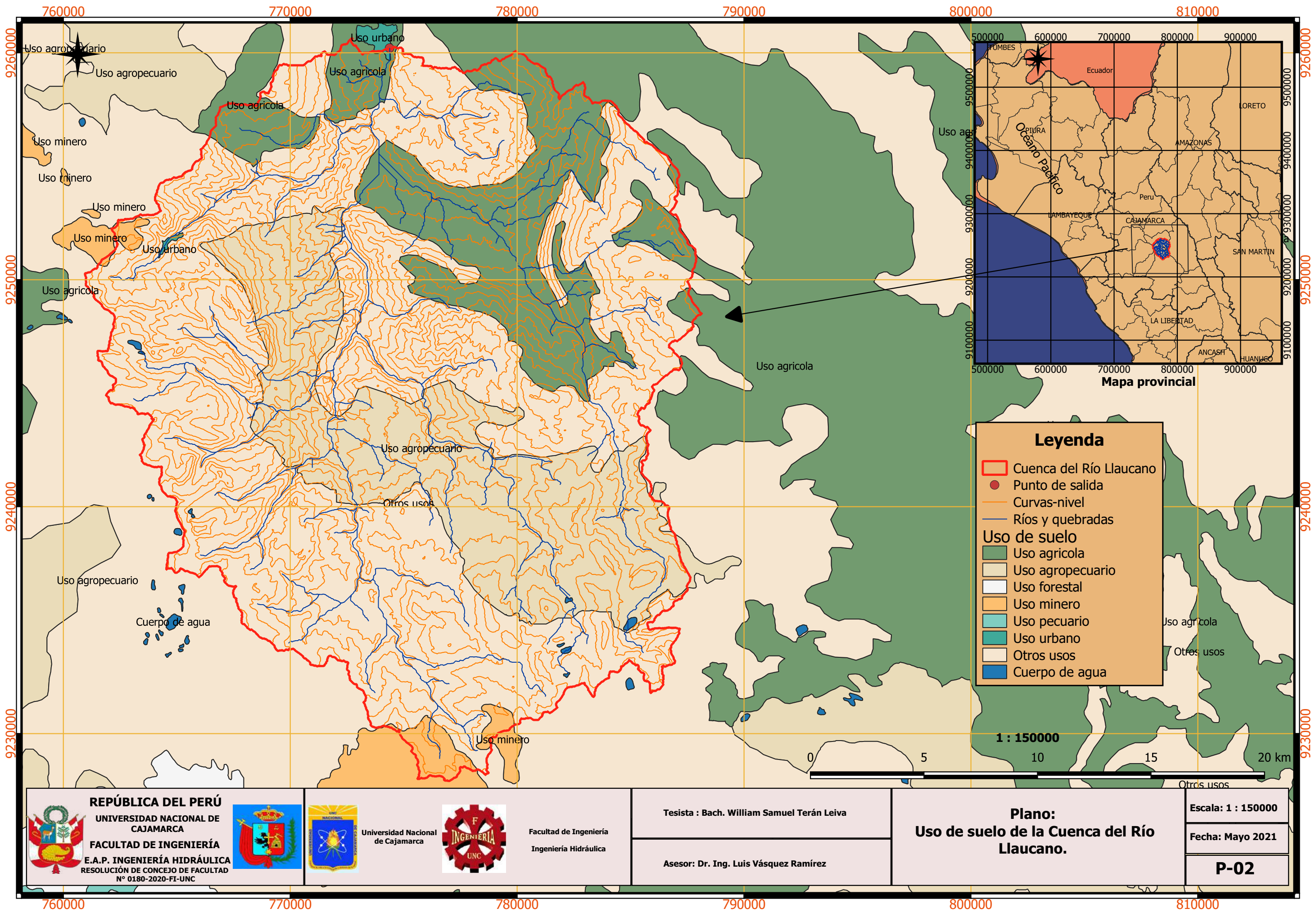
REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
 RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC


 Universidad Nacional de Cajamarca
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Hidráulica

Tesista : Bach. William Samuel Terán Leiva
 Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

Plano:
Características Geomorfológicas de la Cuenca del Río Llaucano.

Escala: 1 : 150000
 Fecha: Mayo 2021
P-01



Leyenda

- Cuenca del Río Llaucano
- Punto de salida
- Curvas-nivel
- Ríos y quebradas
- Uso de suelo**
- Uso agrícola
- Uso agropecuario
- Uso forestal
- Uso minero
- Uso pecuario
- Uso urbano
- Otros usos
- Cuerpo de agua

1 : 150000

0 5 10 15 20 km

Plano:
Uso de suelo de la Cuenca del Río Llaucano.

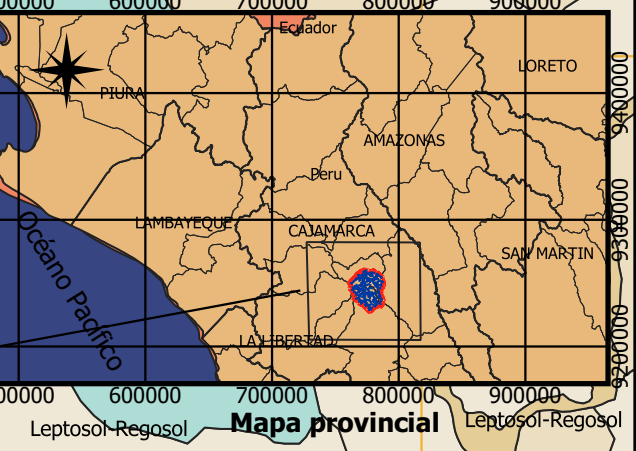
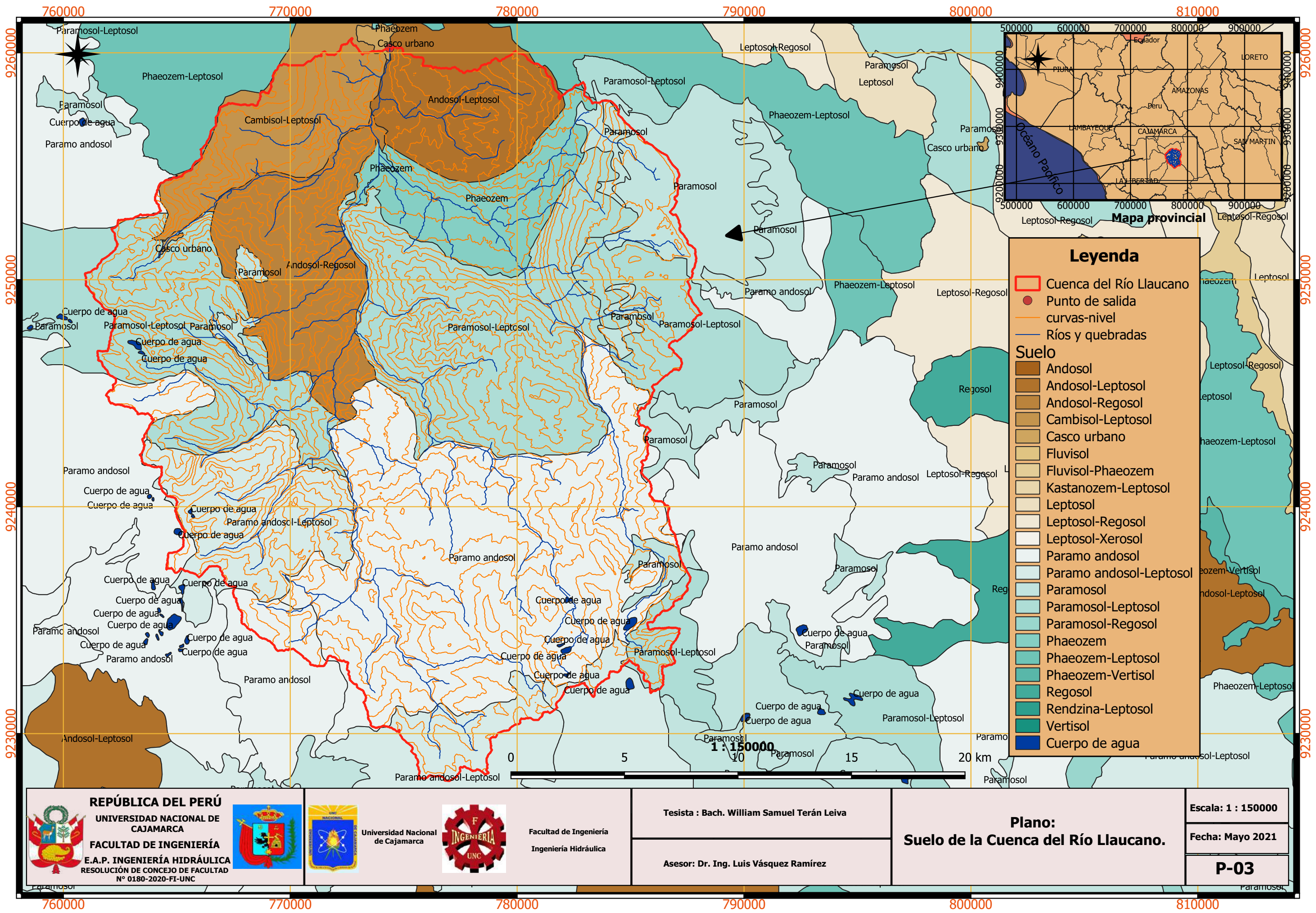
Escala: 1 : 150000
Fecha: Mayo 2021
P-02

REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC

Universidad Nacional de Cajamarca
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Hidráulica

Tesista : Bach. William Samuel Terán Leiva

Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez



Leyenda

- Cuenca del Río Llaucano
- Punto de salida
- curvas-nivel
- Ríos y quebradas

Suelo

- Andosol
- Andosol-Leptosol
- Andosol-Regosol
- Cambisol-Leptosol
- Casco urbano
- Fluvisol
- Fluvisol-Phaeozem
- Kastanozem-Leptosol
- Leptosol
- Leptosol-Regosol
- Leptosol-Xerosol
- Paramo andosol
- Paramo andosol-Leptosol
- Paramosol
- Paramosol-Leptosol
- Paramosol-Regosol
- Phaeozem
- Phaeozem-Leptosol
- Phaeozem-Vertisol
- Regosol
- Rendzina-Leptosol
- Vertisol
- Cuerpo de agua

REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
 RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC

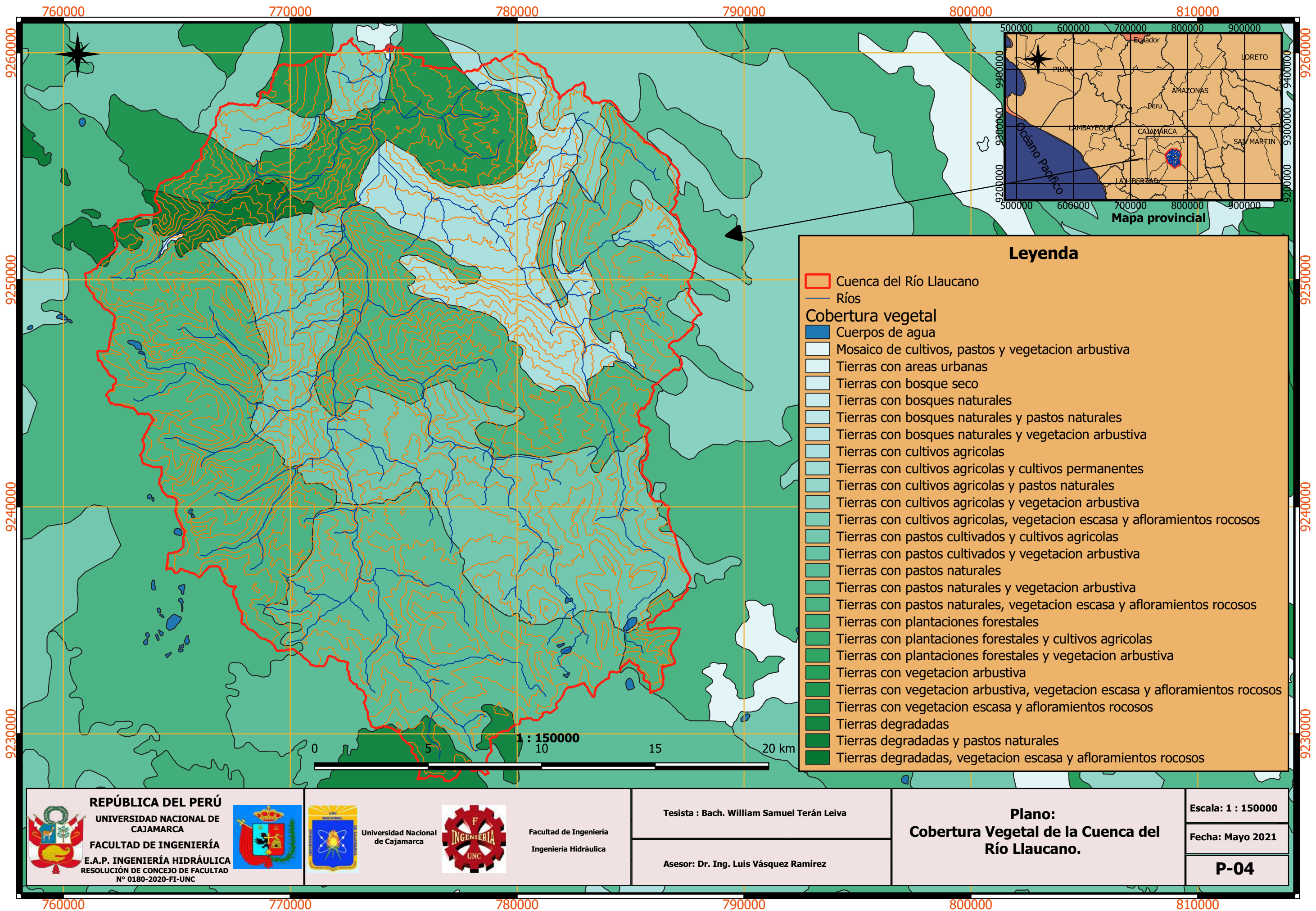


Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Hidráulica

Tesista : Bach. William Samuel Terán Leiva
 Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

Plano:
Suelo de la Cuenca del Río Llaucano.

Escala: 1 : 150000
 Fecha: Mayo 2021
P-03



Leyenda

- Cuenca del Río Llaucano
- Ríos
- Cobertura vegetal**
- Cuerpos de agua
- Mosaico de cultivos, pastos y vegetacion arbustiva
- Tierras con areas urbanas
- Tierras con bosques secos
- Tierras con bosques naturales
- Tierras con bosques naturales y pastos naturales
- Tierras con bosques naturales y vegetacion arbustiva
- Tierras con cultivos agricolas
- Tierras con cultivos agricolas y cultivos permanentes
- Tierras con cultivos agricolas y pastos naturales
- Tierras con cultivos agricolas y vegetacion arbustiva
- Tierras con cultivos agricolas, vegetacion escasa y afloramientos rocosos
- Tierras con pastos cultivados y cultivos agricolas
- Tierras con pastos cultivados y vegetacion arbustiva
- Tierras con pastos naturales
- Tierras con pastos naturales y vegetacion arbustiva
- Tierras con pastos naturales, vegetacion escasa y afloramientos rocosos
- Tierras con plantaciones forestales
- Tierras con plantaciones forestales y cultivos agricolas
- Tierras con plantaciones forestales y vegetacion arbustiva
- Tierras con vegetacion arbustiva
- Tierras con vegetacion arbustiva, vegetacion escasa y afloramientos rocosos
- Tierras con vegetacion escasa y afloramientos rocosos
- Tierras degradadas
- Tierras degradadas y pastos naturales
- Tierras degradadas, vegetacion escasa y afloramientos rocosos

REPÚBLICA DEL PERÚ
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
 RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC



Universidad Nacional de Cajamarca

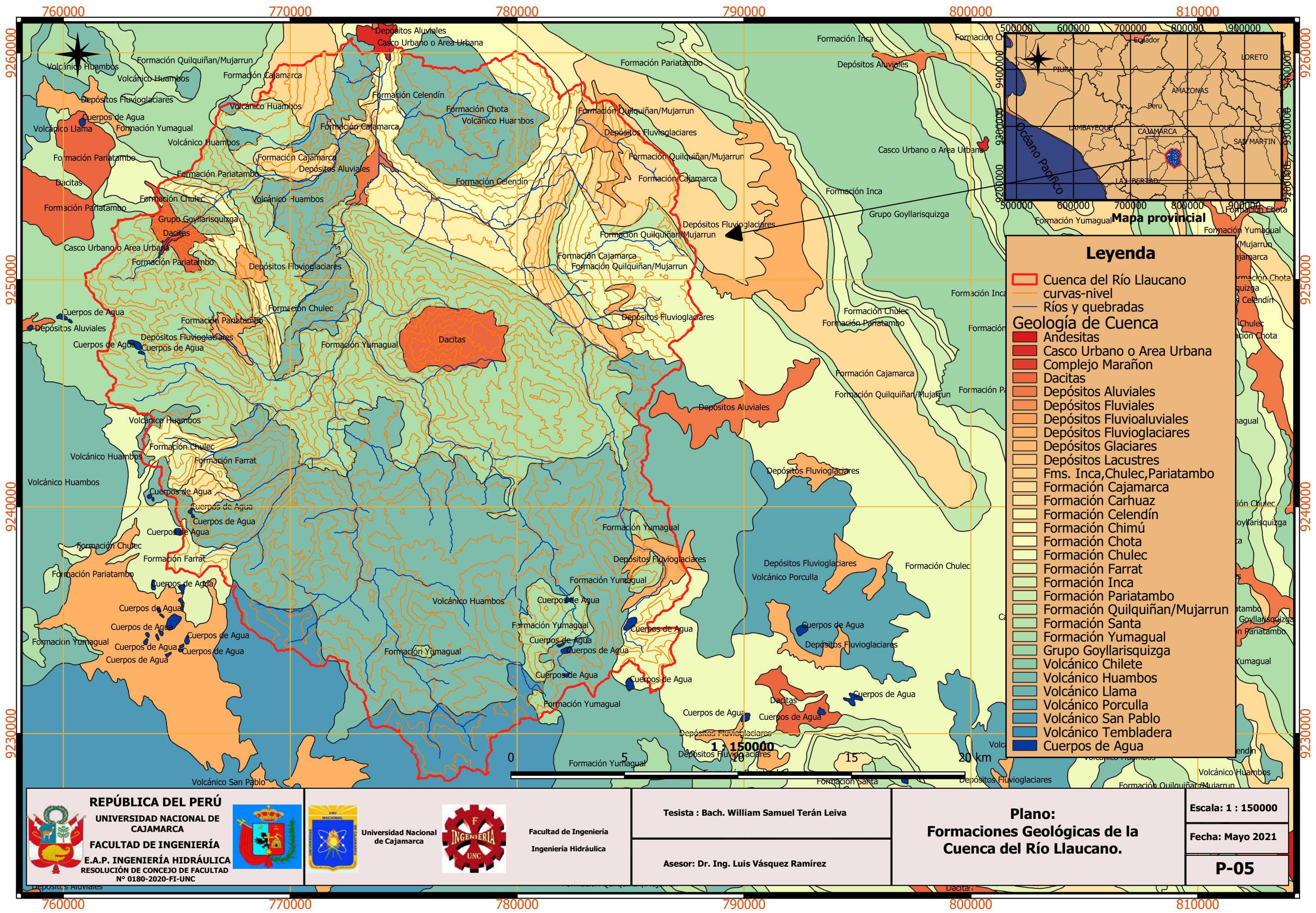


Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Hidráulica

Tesista : Bach. William Samuel Terán Leiva
 Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

Plano:
Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Llaucano.

Escala: 1 : 150000
 Fecha: Mayo 2021
P-04



Leyenda

- Cuenca del Río Llaucano
- curvas-nivel
- Ríos y quebradas

Geología de Cuenca

- Andesitas
- Casco Urbano o Area Urbana
- Complejo Marañon
- Dacitas
- Depósitos Aluviales
- Depósitos Fluviales
- Depósitos Fluvioaluviales
- Depósitos Fluvioglaciares
- Depósitos Glaciares
- Depósitos Lacustres
- Fms. Inca, Chulec, Pariatambo
- Formación Cajamarca
- Formación Carhuaz
- Formación Celendín
- Formación Chimú
- Formación Chota
- Formación Chulec
- Formación Farrat
- Formación Inca
- Formación Pariatambo
- Formación Quilquiñan/Mujarrun
- Formación Santa
- Formación Yumagual
- Grupo Goyllarisquizga
- Volcánico Chilete
- Volcánico Huambos
- Volcánico Llama
- Volcánico Porculla
- Volcánico San Pablo
- Volcánico Tembladera
- Cuerpos de Agua

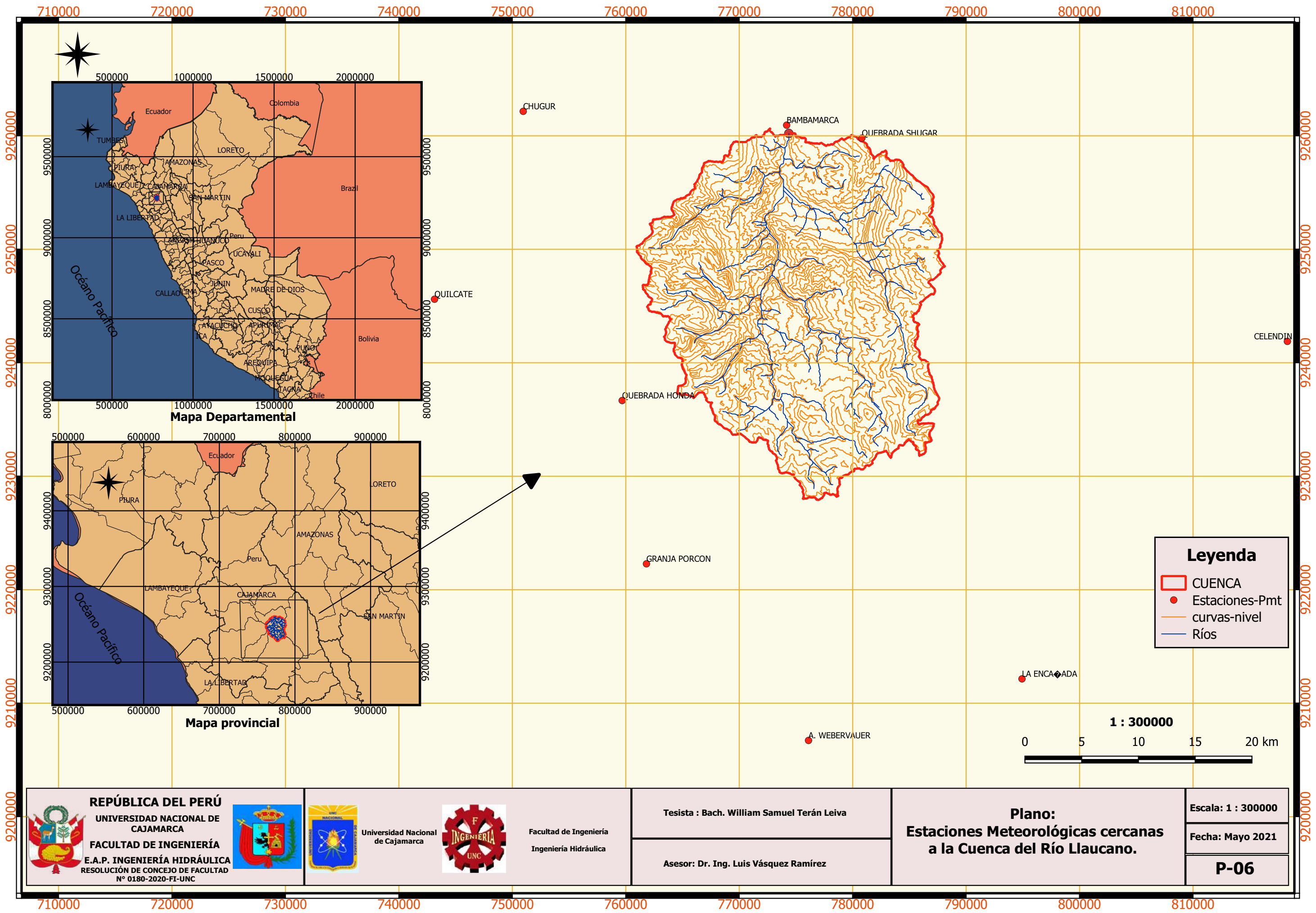
REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
 RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC

Universidad Nacional de Cajamarca
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Hidráulica

Tesisista : Bach. William Samuel Terán Leiva
 Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

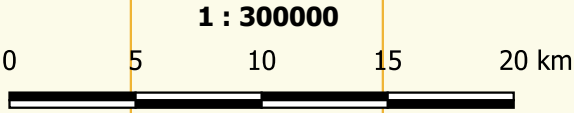
Plano:
Formaciones Geológicas de la Cuenca del Río Llaucano.

Escala: 1 : 150000
 Fecha: Mayo 2021
P-05



Legenda

- CUENCA
- Estaciones-Pmt
- curvas-nivel
- Ríos



REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA HIDRÁULICA
 RESOLUCIÓN DE CONCEJO DE FACULTAD N° 0180-2020-FI-UNC



INGENIERÍA
UNC

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Hidráulica

Tesista : Bach. William Samuel Terán Leiva

Asesor: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

Plano:
Estaciones Meteorológicas cercanas a la Cuenca del Río Llaucano.

Escala: 1 : 300000

Fecha: Mayo 2021

P-06