

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



**“DISPONIBILIDAD DE AGUA DE ESCORRENTÍA EN LA  
CAPTACIÓN HUACARÍZ DEL RÍO MASHCÓN,  
GENERADA A PARTIR DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA”**

**TESIS**

**TESIS PARA OPTAR:**

**EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO HIDRÁULICO**

**QUE PRESENTA:**

**Bach. ELVA YOVANA BUSTAMANTE VÁSQUEZ**

**ASESOR:**

**Dr. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE**

**Cajamarca –Perú**

**2018**

## **AGRADECIMIENTO**

A Francisco Huamán Vidaurre Dr. Ing; asesor de la presente investigación, quien con su apoyo incondicional y sabios conocimientos contribuyo de manera sustancial en el desarrollo del presente trabajo.

A Oswaldo Ortiz Vera Ph.D. Ing; quien impulso el desarrollo del proyecto de Apoyo para el desarrollo de Tesis pensando en el bienestar de la escuela de ingeniería Hidráulica, y también apporto con sus conocimientos y amplia experiencia en el desarrollo de este trabajo.

A Dios por haberme permitido realizar satisfactoriamente esta investigación brindándome tranquilidad y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres Emelina Vásquez Ruiz y Eliseo Bustamante Ruiz por su sacrificio y amor incondicional a lo largo de mi vida quienes me han apoyado, guiado y dado las fuerzas necesarias para superar los obstáculos que en el transcurso de mi vida se me han presentado.

A mi hermano Harvy Anthony Bustamante Vásquez, quien con sus travesuras me ha enseñado que la vida sin una sonrisa en el rostro no ha valido la pena.

A mis abuelos, tíos, tías y familiares en general que contribuyeron en mi desarrollo personal y emocional, quien con su ejemplo me han enseñado a valorar las cosas más simples de la vida, pero realmente valiosas, y así madurar en este largo camino llamado vida.

A todas aquellas personas que no terminaría de mencionar, pero que contribuyeron enormemente para terminar mi carrera y realizar esta investigación, así también en mi crecimiento personal a quienes estaré muy agradecida.

Dedico esta investigación a mis padres Emelina Vásquez Ruiz y Eliseo Bustamante Ruiz por su sacrificio y amor incondicional a lo largo de mi vida quienes me han apoyado, guiado y dado las fuerzas necesarias para superar los obstáculos que en el transcurso de mi vida se me han presentado

Gracias.

## INDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 1.1. | PROBLEMA .....  | 2  |
| 1.2. | JUSTIFICACIÓN .....                                       | 2  |
| 1.3. | OBJETIVOS.....  | 3  |
| II.  | MARCO TEÓRICO.....  | 4  |
| 2.1. | ANTECEDENTES TEÓRICOS .....                               | 4  |
| 2.2. | BASES TEÓRICAS .....                                      | 5  |
|      | CUENCA HIDROGRÁFICA .....                                 | 5  |
|      | DELIMITACIÓN DE LA CUENCA .....                           | 6  |
|      | PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS.....                           | 6  |
|      | PRECIPITACIÓN.....  | 13 |
|      | HIDROGRAMA .....  | 14 |
|      | ESCORRENTÍA .....   | 15 |
|      | CICLO HIDROLOGICO .....                                   | 20 |
|      | TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTOLÓGICA .....         | 23 |
|      | TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....            | 26 |
|      | ANÁLISIS DE CONSISTENCIA .....                            | 27 |
|      | MODELO DETERMINÍSTICO - ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ .....    | 30 |
|      | ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS .....             | 45 |
|      | MEDICIÓN DEL ESCURRIMIENTO .....                          | 50 |
|      | TEST ESTADÍSTICOS .....                                   | 51 |
| III. | METODOLOGÍA .....   | 53 |
| 3.1. | ÁREA DE ESTUDIO .....                                     | 53 |
| 3.2. | EQUIPOS E INSTRUMENTOS .....                              | 57 |
| 3.3. | TRATAMIENTO DIGITAL .....                                 | 58 |
| 3.4. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA..... | 59 |
| 3.5. | MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES.....                    | 74 |
| 3.6. | GENERACIÓN DE CAUDALES .....                              | 77 |
| 3.7. | OFERTAS HÍDRICAS GENERADAS CON EL MODELO .....            | 79 |
| IV.  | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                              | 81 |
| 4.1. | ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO .....         | 81 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 4.2. | TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN .....                  | 82  |
| 4.3. | MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES.....                           | 83  |
| 4.4. | ENERACIÓN DE CAUDALES.....                                       | 89  |
| 4.5. | OFERTAS HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO MASHCÓN .....         | 102 |
| V.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                             | 104 |
| 5.1. | CONCLUSIONES.....  | 104 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES.....   | 105 |
| VI.  | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                 | 106 |
|      | ANEXOS .....   | 108 |
| A.1. | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....                          | 108 |
| A.2. | ANALÍSIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEREOLÓGICA .....       | 109 |
| A.3. | CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....                | 121 |
| A.4. | COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA INFORMACIÓN .....                 | 128 |
| A.5. | PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN .....   | 132 |
| A.6. | PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN .....        | 134 |
| A.7. | GENERACIÓN DE DESCARGAS CON MODELO ESTOCÁSTICO.....              | 136 |
| A.8. | PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO DE CAUDALES.....        | 139 |
| A.9. | PLANO DE CANALES DE DERIVACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN..... | 159 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1: Curvas de nivel para hallar la pendiente.....  | 8   |
| Figura 2: Jerarquización de cauces mediante el método de Horton.....   | 11  |
| Figura 3: Hidrogramas .....  | 15  |
| Figura 4: Componentes de escurrimiento.....  | 16  |
| Figura 5: Componentes de escurrimiento.....  | 18  |
| Figura 6: Componentes de escurrimiento.....  | 18  |
| Figura 7: Representación esquemática general del balance en una cuenca.....  | 21  |
| Figura 8: Ciclo Hidrológico .....  | 23  |
| Figura 9: Flujograma para el tratamiento de la información.....  | 27  |
| Figura 10: Flujograma para el análisis de saltos. ....   | 28  |
| Figura 11: Isoyetas .....  | 32  |
| Figura 12: Ubicación Departamental .....   | 54  |
| Figura 13: Ubicación provincial.....   | 55  |
| Figura 14: Ubicación Distrital.....  | 56  |
| Figura 15: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas. ....                                   | 61  |
| Figura 16: Distribución espacial de las estaciones metereológicas seleccionadas.....                                 | 69  |
| Figura 17: Caudales generados para el año promedio en la cuenca del Río Mashcón.....                                 | 78  |
| Figura 18: Precipitación media mensual de la cuenca del Río Mashcón .....  | 84  |
| Figura 19: Precipitaciones medias mensuales en la cuenca “Mashcón” .....   | 86  |
| Figura 20: Distribución de los coeficientes de agotamiento en la cuenca del Río Mashcón. ....                        | 88  |
| Figura 21: Caudales generados para el año promedio en la cuenca del Río “Mashcón”. ....                              | 90  |
| Figura 22: Caudales para un periodo extendido en la cuenca del Río “Mashcón”. ....                                   | 93  |
| Figura 23 : Disponibilidad Hídrica de la cuenca del Río Mashcón con punto de descarga en la captación Huacaríz. .... | 102 |
| Figura 24: Curva hipsométrica.....   | 108 |
| Figura 25: Frecuencia de altitudes. ....   | 108 |
| Figura 26: Pluviograma anual de la estación MAQUI – MAQUI.....   | 128 |
| Figura 27: Pluviograma anual de la estación AUGUSTO WEBERBAUER.....  | 128 |
| Figura 28:Pluviograma anual de la estación GRANJA PORCÓN .....   | 129 |
| Figura 29: Pluviograma anual de la estación HUACATAZ.....  | 129 |
| Figura 30: Pluviograma anual de la estación MAGDALENA.....   | 130 |
| Figura 31: Pluviograma anual de la estación NEGRITOS.....  | 130 |
| Figura 32: Pluviograma anual de la estación PORCÓN I.....  | 131 |
| Figura 33 : Isoyeta con una $e= 3$ .....   | 135 |
| Figura 34: Captación Huacaríz.....   | 156 |
| Figura 35: Tramo del Río Mashcón aguas arriba de la Captación Huacaríz.....  | 156 |
| Figura 36: Ubicación de la sección de aforo a 2714 msnm.....   | 157 |
| Figura 37: Sección de aforo del Río Mashcón .....  | 157 |
| Figura 38: Captación Huacaríz.....   | 158 |
| Figura 39: Aforo del Río Mashcón con Punto de descarga la Captación Huacaríz .....                                   | 158 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos .....   | 6  |
| Tabla 2: Formas de la Cuenca de acuerdo al Índice de Compacidad .....   | 7  |
| Tabla 3. Niveles de persistencia de acuerdo al uso del agua y al período estacional.....                              | 19 |
| Tabla 4: Tasas de Movimiento y Distribución Porcentual del agua en la Tierra .....                                    | 22 |
| Tabla 5: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias. ....  | 40 |
| Tabla 6: Ejemplo de series para la regresión múltiple. ....   | 43 |
| Tabla 7: Valores críticos de “ $\Delta_0$ ” .....   | 47 |
| Tabla 8: Niveles de persistencia.....   | 49 |
| Tabla 9: Estaciones meteorológicas identificadas y seleccionadas:.....  | 59 |
| Tabla 10: Características de las estaciones metereológicas a trabajar .....   | 60 |
| Tabla 11: Periodo de registro de la estación AUGUSTO WEBERBAUER (Estación Base):.....                                 | 62 |
| Tabla 12: Periodo de registro de la estación GRANJA PORCÓN (Estación Base).....                                       | 63 |
| Tabla 13: Periodo de registro de la estación MAQUI MAQUI (Estación Base): .....                                       | 64 |
| Tabla 14: Periodo de registro de la estación - Huacátaz .....   | 65 |
| Tabla 15: Periodo de registro de la estación - Magdalena .....  | 66 |
| Tabla 16: Periodo de registro de la estación - Negritos .....   | 67 |
| Tabla 17: Periodo de registro de la estación - Porcón I.....  | 68 |
| Tabla 18: Precipitación total mensual (mm) - Estación HUACATAZ .....  | 70 |
| Tabla 19: Precipitación total mensual (mm) - Estación MAGDALENA.....  | 71 |
| Tabla 20: Precipitación total mensual (mm) – Estación NEGRITOS .....  | 72 |
| Tabla 21: Precipitación total mensual (mm) – Estación PORCÓN I.....   | 73 |
| Tabla 22: Caudales generados para el Año Promedio en la cuenca del Río Mashcón.....                                   | 77 |
| Tabla 23 : Principales parámetros de la cuenca del río “Mashcón” con punto de descarga en la captación Huacaríz. .... | 82 |
| Tabla 24 Precipitación media de la cuenca del Rio MASHCÓN con punto.....  | 84 |
| Tabla 25: Precipitación mensual para el año promedio .....  | 84 |
| Tabla 26: Coeficientes para la generación de registros de precipitación .....   | 85 |
| Tabla 27: Coeficiente de escorrentía.....   | 85 |
| Tabla 28: Precipitación efectiva promedio de la cuenca del Rio MASHCÓN. ....  | 86 |
| Tabla 29: Periodos del cico hidrológico en la cuenca del Rio MASHCÓN .....  | 87 |
| Tabla 30: Retención en la cuenca del Rio MASHCÓN .....  | 87 |
| Tabla 31: Coeficiente de agotamiento.....   | 87 |
| Tabla 32: Valores de la relación de caudales del flujo base.....  | 87 |
| Tabla 33: Valores del gasto de la retención en la cuenca del Río “Mashcón” .....                                      | 88 |
| Tabla 34: Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca. ....   | 88 |
| Tabla 35: Valores del abastecimiento de la retención en la cuenca del Río “Mashcón” .....                             | 89 |
| Tabla 36: Caudales generados para el Año Promedio en la cuenca del Río “Mashcón” .....                                | 89 |
| Tabla 37: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.....  | 91 |
| Tabla 38: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple.....  | 91 |
| Tabla 39: Generación de número aleatorio para cada mes.....   | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 40: Caudales de correlación múltiple generados con el modelo .....   | 92  |
| Tabla 41: Caudales Aforados en en la cuenca del río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz .....                  | 94  |
| Tabla 42: Inventario de Canales de derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como .....  | 96  |
| Tabla 43: Inventario de Canales de derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como .....  | 97  |
| Tabla 44: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como.....   | 98  |
| Tabla 45: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como.....   | 99  |
| Tabla 46: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como.....   | 100 |
| Tabla 47: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del río Mashcón tomando como .....  | 101 |
| Tabla 48: Caudales finales descontando el caudal total de los canales de derivación .....  | 103 |
| Tabla 49: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la Estación Augusto Weberbauer: ..... | 109 |
| Tabla 50: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la estación Granja Porcón: .....      | 110 |
| Tabla 51: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la estación Maqui Maqui: .....        | 111 |
| Tabla 52: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA) .....   | 112 |
| Tabla 53: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA) .....   | 113 |
| Tabla 54: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA) .....   | 114 |
| Tabla 55: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando .....  | 115 |
| Tabla 56: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando .....  | 116 |
| Tabla 57: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando .....  | 117 |
| Tabla 58: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando .....  | 118 |
| Tabla 59: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando .....  | 119 |
| Tabla 60: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando .....  | 120 |
| Tabla 61: Análisis de doble masa por grupos .....  | 121 |
| Tabla 62: Planilla de precipitaciones PROMEDIO (mm) .....  | 132 |
| Tabla 63: Planilla de precipitaciones media mensuales en la cuenca del Río “ Mashcón” (mm) ..  | 133 |
| Tabla 64: Planilla de precipitaciones Efectiva en la cuenca del Río “ Mashcón” (mm) .....  | 134 |
| Tabla 65: Números aleatorios con distribución Normal, con media 0 y desviación estándar 1 (z).<br>.....                              | 136 |
| Tabla 66: Generación de descargas por el modelo estocástico (m <sup>3</sup> /s) .....  | 137 |
| Tabla 67: Generación de descargas por el modelo estocástico (MMC) .....  | 138 |
| Tabla 68: Distribución Normal - Prueba de Smirnov Kolmogorov. ....   | 139 |
| Tabla 69: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón .....   | 151 |
| Tabla 70: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón .....   | 152 |
| Tabla 71: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón .....   | 153 |
| Tabla 72: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón .....   | 154 |
| Tabla 73: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón .....   | 155 |

## RESUMEN

El agua es el elemento más importante en nuestro planeta, sin embargo, no se cuenta con información de nuestras cuencas hidrográficas, lo cual dificulta realizar estudios de investigación y proyectos de ingeniería. El objetivo de este trabajo fue determinar la disponibilidad Hídrica de la cuenca del Río MASHCÓN, tomando como punto de aforo la captación Huacaríz a partir de información climática, para ello se recopiló, analizó, procesó y sintetizó información, utilizando parámetros estadísticos y el modelo hidrológico Lutz Scholz; con el cual se determinó los caudales medios mensuales ( $m^3/s$ ) generados para el período (1968-2016); los cuales varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la cuenca del Río Mashcón; tal que en los meses lluviosos varía de  $6.80 m^3/s$  a  $3.32 m^3/s$  y en los meses de escasez varía de  $3.19 m^3/s$  a  $0.99 m^3/s$ ; notándose una gran diferencia entre ambos períodos. Dichos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base. La oferta hídrica generada por la cuenca del Río Mashcón, tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz, tiene las siguientes variaciones. Para uso agrícola y pecuario con una persistencia del 75 %, el volumen anual promedio es de  $2.87 m^3/s$ , el mayor volumen es  $5.03 m^3/s$  (Marzo) y el menor  $0.13 m^3/s$  (Julio); para consumo humano con una persistencia del 80 % el volumen anual promedio es  $2.72 m^3/s$ , el mayor volumen es  $4.72 m^3/s$  (Marzo) y el menor  $0.13 m^3/s$  (Julio); para uso industrial con una persistencia del 90 %, el volumen promedio anual es de  $2.42 m^3/s$ , el mayor es  $4.11 m^3/s$  (Marzo) y el menor  $0.13 m^3/s$  (Julio); para hidroenergía con una persistencia del 95 %, el volumen anual promedio es de  $2.27 m^3/s$  el mayor es  $3.90 m^3/s$  (Marzo) y el menor  $0.14 m^3/s$  (Julio). Actualmente, el agua proveniente de la cuenca del Río Mashcón, con punto emisor en la captación Huacaríz se utiliza en la producción agrícola y pecuaria. El análisis de consistencia, permite garantizar que el registro con que se cuenta tenga un comportamiento propio de la zona, eliminando los posibles errores sistemáticos que se pudo haber cometido. Respecto a los modelos determinísticos empleados en el método de Lutz Scholz, el modelo matemático precipitación-escorrentía tiene una tendencia no muy adecuada para la cuenca, sin embargo resuelve de manera sencilla la falta de información hidrográfica en la cuenca del Río Mashcón.

Palabras clave: Cuenca Mashcón, Modelo Lutz Scholz, Caudales Medios Mensuales.

## ABSTRACT

Water is the most important element in our planet, however, we do not have information about our watersheds, which makes it difficult to carry out research studies and engineering projects. The objective of this work was to determine the water availability of the MASHCÓN river basin, taking as a point of gauging the Huacaríz catchment from climatic information, for it was collected, analyzed, processed and synthesized information, using statistical parameters and the hydrological model Lutz Scholz; with which the average monthly flows ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) generated for the period (1968-2016) were determined; which vary in relation to the rainfall regime of the Mashcón river basin; such that in the rainy months it varies from  $6.80 \text{ m}^3/\text{s}$  to  $3.32 \text{ m}^3/\text{s}$  and in the months of shortage it varies from  $3.19 \text{ m}^3/\text{s}$  to  $0.99 \text{ m}^3/\text{s}$ ; noticing a big difference between both periods. These flows include direct runoff and base flow. The water supply generated by the Mashcón river basin, taking the Huacaríz catchment as the gauging point, has the following variations. For agricultural and livestock use with a persistence of 75%, the average annual volume is  $2.87 \text{ m}^3/\text{s}$ , the largest volume is  $5.03 \text{ m}^3/\text{s}$  (March) and the lowest is  $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$  (July); for human consumption with a persistence of 80%, the average annual volume is  $2.72 \text{ m}^3/\text{s}$ , the highest volume is  $4.72 \text{ m}^3/\text{s}$  (March) and the lowest is  $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$  (July); for industrial use with a persistence of 90%, the average annual volume is  $2.42 \text{ m}^3/\text{s}$ , the highest is  $4.11 \text{ m}^3/\text{s}$  (March) and the lowest is  $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$  (July); for hydrogenation with a persistence of 95%, the average annual volume is  $2.27 \text{ m}^3/\text{s}$ , the highest is  $3.90 \text{ m}^3/\text{s}$  (March) and the lowest is  $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$  (July). Currently, water from the Mashcón River basin, with a point of emission in the Huacaríz catchment, is used for agricultural and livestock production. The analysis of consistency, makes it possible to guarantee that the registry with which it counts has a proper behavior of the area, eliminating the possible systematic errors that could have been committed. Regarding the deterministic models used in the Lutz Scholz method, the rainfall-runoff mathematical model has a tendency that is not very suitable for the basin, however, it solves in a simple way the lack of hydrographic information in the Mashcón river basin.

Key words: Basin Mashcón, Model Lutz Scholz, Monthly Average Flows.

## CAPITULO I

### I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en nuestro planeta, es uno de los elementos que más directamente tienen que ver con la posibilidad del desarrollo de distintas formas de vida y también es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre, esencial en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y en la influencia en el progreso de la civilización.

En la actualidad es importante tener información básica de nuestras cuencas hidrográficas, como unidad mínima de gestión; para poder hacer una caracterización y diagnóstico del recurso hídrico, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del agua y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

Nuestro país cuenta con 159 cuencas denominadas unidades hidrográficas de las cuales 84 están en la vertiente del Atlántico, 62 en la vertiente del Pacífico y 13 en la vertiente del Titicaca.

El volumen anual promedio de 1'768,172 MMC de agua con que dispone el Perú, de los cuales 1'765,323 MMC es de disponibilidad hídrica superficial y 2,849 MMC es de disponibilidad hídrica subterránea; le otorga el privilegio de ubicarse entre los 20 países más ricos de agua en el mundo. (Consejo Directivo de la Autoridad Nacional del Agua, 2012).

En el Perú, el problema se agudiza porque, además de la escasez de información de escorrentías en los cauces de las redes hidrográficas, la poca información pluviométrica disponible se registra en estaciones sin ningún criterio de distribución espacial sobre las cuencas, siendo las microcuencas hidrológicas alto andinas las más perjudicadas por ser las más alejadas del sistema hidrográfico, (Rocha, 2006).

La disponibilidad de los recursos hídricos en la región de Cajamarca aproximada de agua es de 10,460 MMC, de los cuales sólo se aprovechan 2,113 MMC,

quedando disponible o sin uso 8,347 MMC. (Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, 2012).

La cuenca del Río Mashcón es fuente de agua importante para ser usadas con fines de regadío como CLASE III “Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales” (Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA del 03 de agosto del 2005 que aprueba la clasificación de los recursos hídricos ubicados en el territorio de la República del Perú.)

La escasez de información hidrométrica en diferentes tributarios del Río Mashcón dificulta el diseño y operación de proyectos hidráulicos y el planeamiento y gestión integral de los RR. HH de la cuenca del Río Mashcón. Actualmente, solo existe la estación hidrométrica Mashcón, administrada por Senamhi, ubicada en el puente Mashcón carretera Cajamarca – Baños del Inca.

En la actualidad existen modelos numéricos que son empleados en Hidrología e Hidráulica tales como el Swat, Lutz Scholz, que nos permiten generar escorrentía en una cuenca, a partir de datos pluviométricos. Debido a esto es importante realizar un estudio de investigación que permita estimar caudales de escorrentía en el río Mashcón utilizando un modelo hidrológico, cuyos resultados servirán para realizar una buena gestión del recurso hídrico.

## **1.1. PROBLEMA**

La cuenca del Río Mashcón, es una de las cuencas que pasan por la zona rural de la ciudad de Cajamarca, en la cual tenemos escasez de información Hidrométrica en diferentes puntos de su recorrido lo cual dificulta determinar el comportamiento hidrológico, el diseño, operación de proyectos hidráulicos y también el planeamiento y gestión integral de los RR.HH. de la cuenca del Río Mashcón.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La cuenca del Río Mashcón es uno de los efluentes principales del Río Crisnejas que abastece a muchos caseríos a su paso y a la vez a Cajamarca provincia de Cajamarca; sin embargo, esta cuenca no cuenta con información hidrométrica en las diferentes captaciones para riego que permita manejar el recurso agua en cantidades debidamente planificadas que tiene mucho que ver con la gestión

integral de los RR.HH. de esta cuenca, además de la falta de información de la demanda actual, lo cual es otra limitante para futuros proyectos.

Esta investigación permitirá estimar la esorrentía de la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de descarga la captación Huacaríz, cuyos resultados servirá para manejar eficientemente del agua en beneficio de los pobladores de Cajamarca. Además, permitirá a diferentes profesionales disponer de información hidrométrica para diversos estudios de investigación y proyectos de ingeniería.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

- ❖ Estimar la disponibilidad de agua en la cuenca del río Mashcón, a partir de información climática.

#### **Objetivos específicos**

- ❖ Delimitar y calcular los parámetros geomorfológicos de la cuenca del Río Mashcón, tomando como punto emisor la captación Huacaríz en la cuenca Mashcón.
- ❖ Determinar la distribución espacial de información pluviométrica.
- ❖ Completar y extender los datos de las estaciones pluviométricas.
- ❖ Estimar los caudales medios mensuales, de esorrentía, del río Mashcón, mediante el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, para el periodo 1968 – 2016.
- ❖ Estimar la oferta hídrica mensual de la cuenca para uso agrícola, poblacional y energético.

## CAPITULO II

### II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

En la zona de estudio no se ha realizado estudios similares, siendo este uno de los principales motivos para realizar esta investigación ya que no se cuenta con información hidrológica que puede ser utilizada para diferentes proyectos ó estudios de investigación en la zona en beneficio de los pobladores, sin embargo, se han encontrado estudios relacionados con el tema los cuales se han tomado como ejemplo para el desarrollo de esta investigación, a continuación, se detalla algunos estudios relacionados con el tema.

Se creó un modelo hidrológico para cuencas alto andinas de la sierra peruana; este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso Markoviano - Modelo Estocástico).

Dentro de las cuencas que se estudió en este modelo está la zona de Cajamarca. (Lutz Scholz, 1980)

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

Realizó un estudio sobre similitud de sistemas hidrológicos alto andinos y transferencia de información hidrometeorológica; manifiesta que las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidrológicos alto andinos con base en el fenómeno precipitación-escorrentía se rigen por la morfometría adimensional, lo cual permite solucionar problemas de escasez de información hidrometeorológica con fines de

manejo integral de cuencas hidrográficas piloto, que sean motivos de réplica en cuencas similares. Ortiz O. (2015).

Realizó un estudio para estimar la disponibilidad de agua con la que cuenta la microcuenca del río El Tuyo, utilizando el Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz, para ello, se procesó la información cartográfica, del mismo modo, la información hidrológica fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos convirtiéndolo en un producto apto para el diseño y permita de esta manera, aplicar el modelo que consiste en transformar la precipitación media mensual en caudales medios mensuales a través de submodelos como precipitación efectiva, gasto y abastecimiento de la retención. Se determinó que los caudales medios mensuales generados por el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos y menores en los meses de estiaje. Éstos caudales, evaluados con los aforos realizados en los meses de marzo y abril, los cuales fueron 2.75 m<sup>3</sup>/s y 1.88 m<sup>3</sup>/s respectivamente, han sido superados por los datos obtenidos con el modelo Lutz Scholz, mostrando que la metodología del modelo tiene ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca. Por otro lado, del análisis de las descargas medias mensuales generadas se ha determinado que la masa anual media en la microcuenca del Río El Tuyo es de 8.37 m<sup>3</sup>/s, y se concluye que, con un período de retorno de 5 años, se espera alcanzar caudales medios mensuales que superen los 10.53 m<sup>3</sup>/s anuales. Julcamoro J. (2017).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **CUENCA HIDROGRÁFICA**

Señala como cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea << divortio aquarum >> o divisoria de aguas. Debemos hacer hincapié que no siempre los límites geográficos suelen coincidir con los límites del acuífero, pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre cuenca y otra. **Ortiz, O (2004).**

## DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

La delimitación de una cuenca consiste en separar cuencas adyacentes mediante una línea imaginaria denominada “Divortium aquarum”, la cual va a distribuir el escurrimiento originado por la precipitación, escurrimiento que finalmente fluye al punto de salida de la cuenca. **Villón M. (2002).**

## PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

### a. Área

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

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca se obtienen a partir de constantes de recesos de información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. **Aparicio F. (1992)**

**Tabla 1: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos**

| Unidad Hidrológica | Área (Km <sup>2</sup> ) | N° de Orden |
|--------------------|-------------------------|-------------|
| Micro cuenca       | 10 - 100                | 1,2,3       |
| Sub cuenca         | 101 - 700               | 4,5         |
| Cuenca             | Más de 700              | 6 a más     |

**Fuente: Aparicio F. (1992)**

**b. Perímetro:** Borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal. **Villón M. (2002).**

**c. Factor de forma. Relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud:**

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

A= Área de la cuenca.

L= Longitud de máximo recorrido

**d. Coeficiente de Gravelius o Índice de Compacidad (Kc):** Relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca. **Villón M. (2002).**

$$K_c = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}} \quad (2)$$

Donde:

P= Perímetro de la cuenca

A= Área de la cuenca

Las formas de la cuenca, en concordancia con los valores que adopte los índices de compacidad, se muestran en la Tabla N° 02.

**Tabla 2: Formas de la Cuenca de acuerdo al Índice de Compacidad**

| Clase de Forma | Índice de Compacidad (Kc) |  |
|----------------|---------------------------|--|
| Clase I        | 1.0 a 1.25                | Casi redonda a oval - redonda          |
| Clase II       | 1.26 a 1.50               | Oval – redonda a oval - oblonga        |
| Clase III      | 1.51 a 1.75               | Oval – oblonga a rectangular - oblonga |

**Fuente: Aparicio F. (1992)**

**e. Altitud Media (H):** Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la carta o mapa topográfico. En cuencas andinas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa. **Villón M. (2002).**

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i * A_i \quad (3)$$

Donde:

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

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.

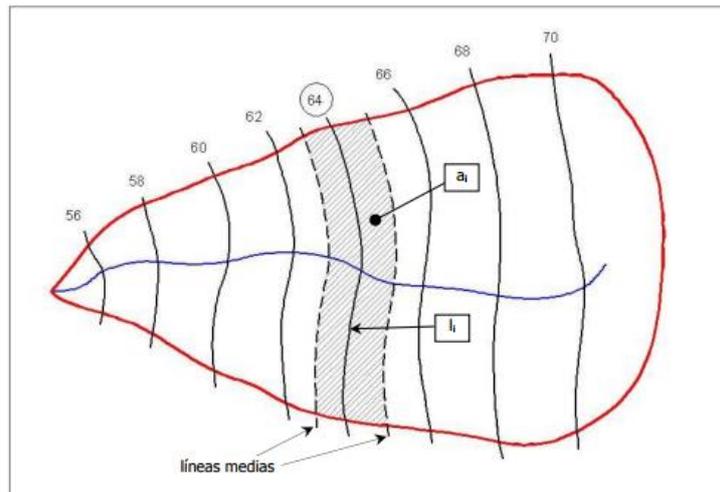
- f. **Pendiente de Laderas o Pendiente de la Cuenca:** Parámetro que guarda una relación compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de crecidas.

Existen diferentes métodos para hallar la pendiente de una cuenca entre estos son:

- Criterio de Alvord
- Criterio de Horton
- Criterio de Nash
- Criterio del rectángulo equivalente

**Villón M. (2002).**

- g. **Criterio de Alvord:** Analiza la pendiente existente entre curvas de nivel, trabajando con la faja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel, Para una de ellas la pendiente es (Fig. 1): **Villón M. (2002).**



**Figura 1: Curvas de nivel para hallar la pendiente**

**Fuente: Villón M. (2002).**

$$S = \frac{D}{A} (L1 + L2 + L3 + \dots + Ln) \quad (4)$$

Donde:

S = Pendiente de la cuenca

D = Desnivel entre líneas medias.

A= Área de la cuenca

**h. Pendiente del Cauce Principal o del Máximo Recorrido:** Parámetro que estudia el comportamiento del recurso hídrico, como, por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico o en la solución de problemas de inundaciones. Existen varios métodos para hallar la pendiente del cauce principal entre estos tenemos: **Villón M. (2002)**.

- Pendiente uniforme
- Compensación de áreas
- Ecuación de Taylor y Schwars

$$S_0 = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad (5)$$

Donde:

- $S_0$  = Pendiente del cauce principal
- n = número de tramos iguales en los cuales se subdivide el perfil
- $S_1, S_2, \dots, S_n$  = Pendiente de cada tramo, según  $S = \frac{H}{L}$

**i. Longitud de Máximo Recorrido (L):** Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal. **Villón M. (2002)**.

**j. Longitud al Centroide (Lc):** Es una característica muy especial de la longitud del máximo recorrido y es la longitud medida sobre el curso principal entre el

punto emisor hasta el pie del perpendicular trazado sobre el cauce y que pasa por el centroide del área de la cuenca. **Villón M. (2002).**

- k. Tiempo de Concentración (Tc):** Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida o punto emisor. **Ven Te Chow (1994).**

**Kirpich:** Indica que:

$$T_c = 0.06626 \left( \frac{L_p^2}{S} \right)^{0.385} \quad (6)$$

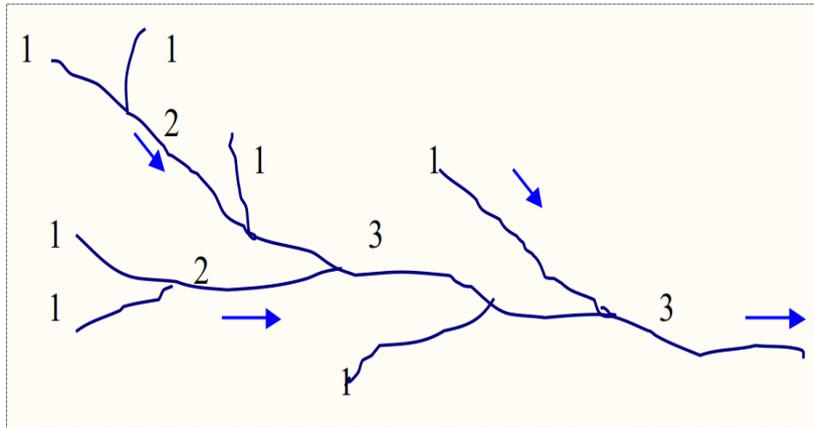
Dónde:

Tc = Tiempo de concentración (hr)

Lp= Longitud del curso principal (Km)

Sp= Pendiente del curso principal

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



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

**Fuente: Villón M. (2002).**

**m. Densidad de corrientes (Dc):** La corriente principal se cuenta como una sola desde su nacimiento hasta su desembocadura; después se tendrán todos los tributarios de orden anterior desde su origen hasta la unión de la corriente principal y así sucesivamente hasta llegar a las corrientes de orden 1. **Villón M. (2002).**

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

Donde:

Dc : Densidad de corrientes, cauces o ríos, (Km<sup>2</sup>)

A : Área de la cuenca, (Km<sup>2</sup>)

Ns : Número de corrientes permanentes e intermitentes (unidades)

**n. Densidad de drenaje (Dd):** Es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma. Horton (1945), definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca: **Villón M. (2002).**

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

Donde:

$D_d$  : Densidad de drenaje (Km / Km<sup>2</sup>)

$L$  : Longitud total de corrientes (Km)

$A$  : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

- o. Relación de confluencias:** La disposición o configuración espacial de la red de drenaje superficial se puede representar cuantitativamente mediante la razón o relación de confluencias promedio de la ecuación (9), el valor promedio de la relación de confluencias explica, en cierta medida, la configuración espacial de la red de drenaje y se refleja en la geometría del hidrograma de escorrentía, de modo muy similar a la geometría de la cuenca. **Ven Te Chow (1994).**

$$R_{ci} = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad ; \quad R_c = \frac{1}{n} \sum R_{ci} \quad (9)$$

Donde:

$R_{ci}$  : Relación de confluencia parcial.

$N_i$  : Número de cursos de orden  $i$ .

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

$R_c$  : Relación de confluencias promedio.

$n$  : Número de relación de confluencias parciales calculadas.

- p. Coeficiente orográfico:** El coeficiente orográfico es el resultado de relacionar el cuadrado de la altitud media y la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal, expresada mediante la ecuación (10). Parámetro adimensional asociado con la capacidad o potencial de erosión hídrica y de transporte de sedimentos de los sistemas hidrológicos alto andinos. **Henaos (1988).**

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

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (10)$$

Donde:

$C_o$  : Coeficiente orográfico.

$H$  : Altitud media.

$A$  : Área proyectada sobre un plano horizontal.

## PRECIPITACIÓN

### a. Definición:

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de:

- Lluvias
- Granizadas
- Garúas
- Nevadas

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua. **Villón M. (2002).**

### b. Origen de la precipitación

Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son:

- Diámetro aproximado de las gotitas 0.02 mm
- Espaciamiento entre gotitas 1 mm
- Masa 0.5 a 1 gr/m<sup>3</sup>

Por el contrario, las gotas de lluvia, tienen un diámetro de 0.5 a 2 mm, es decir, un aumento en el volumen de las gotitas de las nubes, de 100.000 a 1.000.000 de veces.

En este sorprendente aumento, está el origen de las precipitaciones y se asume principalmente gracias a dos fenómenos:

Unión entre sí de numerosas gotitas y engrosamiento de una gota por la fusión y condensación de otras. **Villón M. (2002).**

#### **c. Precipitación Media de la Cuenca**

Es la altura de la lámina de agua que se formaría sobre el área de la cuenca en estudio a consecuencia de las lluvias en ella registradas, en realidad se trata de un caso ideal, entonces los valores son empíricos. La precipitación media puede ser, anual, mensual ó diaria, y se puede calcular mediante el método de Isoyetas o el Método de Polígono de Thiessen, siendo el más exacto el método de Isoyetas. **Villón M. (2002).**

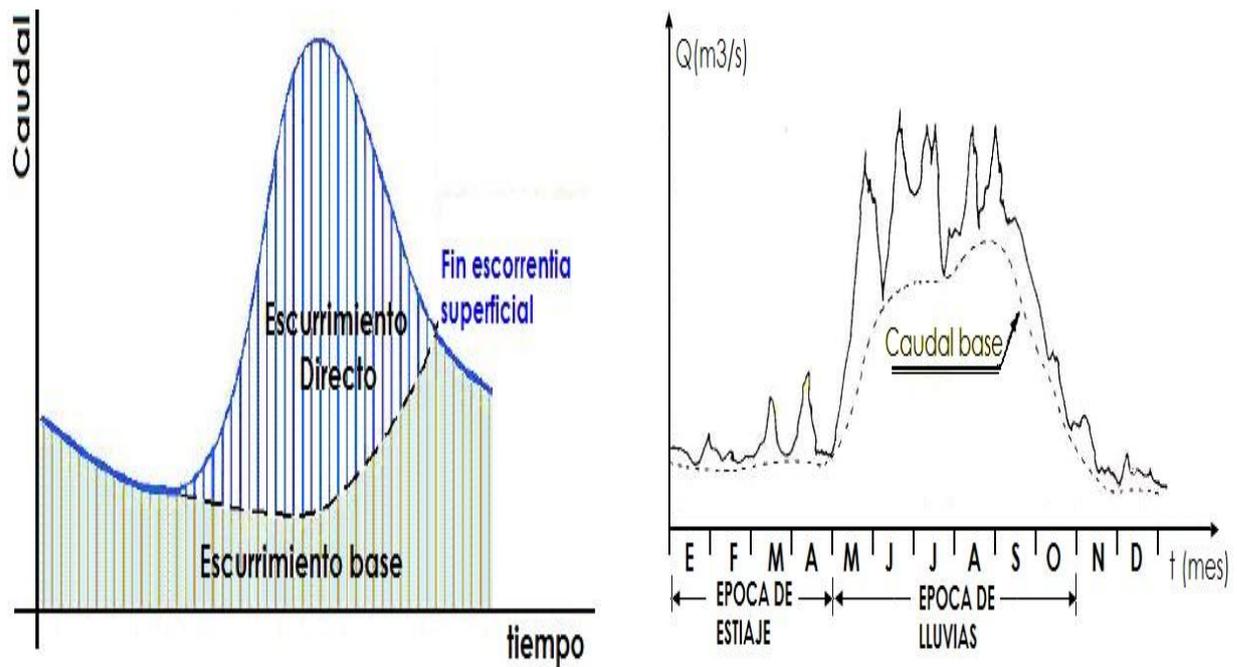
#### **d. Precipitación Efectiva**

Es parte de la precipitación total, la cual, genera la escorrentía directa y el flujo base.

### **HIDROGRAMA**

El hidrograma, es la representación gráfica de las variaciones del caudal con respecto al tiempo, en orden cronológico, en un lugar dado de la corriente.

En las Figuras que se presentan a continuación se observa los hidrogramas correspondientes a una tormenta aislada y a una sucesión de ellas respectivamente (hidrograma anual).



a) Hidrograma de tormenta Aislada

b) Hidrograma Anual

**Figura 3: Hidrogramas**  
**Fuente: Cahuana – Yugar (2009).**

Analizando el hidrograma correspondiente a una tormenta aislada (Figura 3a) se observa en el hidrograma de la (Figura 3b) la precipitación que produce infiltración, y la que produce esgurrentía directa, ésta última se denomina precipitación neta o efectiva. El área bajo el hidrograma, es el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo, en el intervalo de tiempo expresado en el hidrograma. **Cahuana – Yugar (2009).**

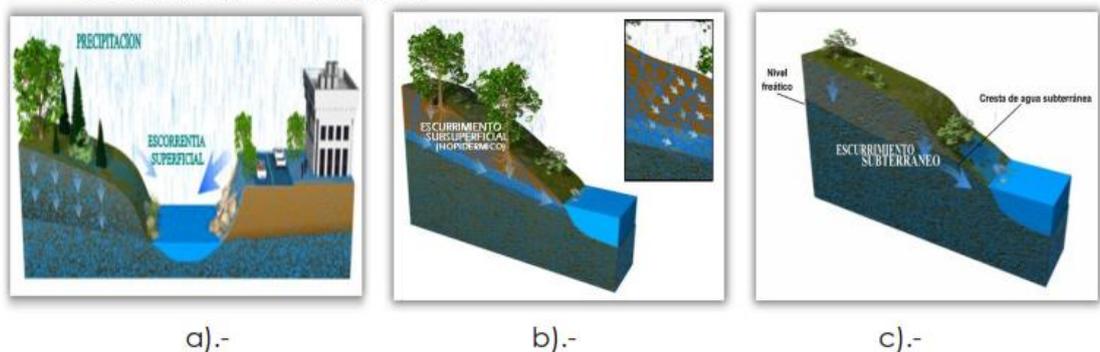
## ESGURRENTÍA

Desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos hidráulicos de una región o del país, el esgurrentimiento de una corriente, constituye la disponibilidad para ser derivada y utilizada inmediatamente, en el riego y/o el abastecimiento de agua a las poblaciones, o bien, para ser almacenada en los embalses y empleada posteriormente en diversos fines, inclusive retenida para su control, con el objeto de reducir los daños que causa su abundancia.

El esgurrentimiento, se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

- El escurrimiento (gasto) de un cauce, normalmente se mide en las tres formas siguientes:
- En unidades de gasto, volumen en la unidad de tiempo. ( $m^3/s$ ) o ( $Hm^3/año$ ).
- En unidades de gasto unitario, ( $m^3/seg./km^2$ ) o ( $Hm^3/km^2/año$ ).
- En lámina equivalente sobre la cuenca, en  $mm/día$ ,  $mm/mes$  o  $mm/año$ . El escurrimiento total proveniente de una cuenca típica heterogénea tiene cuatro componentes: **Cahuana – Yugar (2009)**.

- Precipitación en los cauces (Lluvia que cae sobre la superficie libre de agua)
- Escurrimiento superficial (flujo sobre el terreno),
- Escurrimiento hipodérmico (escurrimiento subsuperficial)
- Escurrimiento subterráneo.



**Figura 4: Componentes de escurrimiento**  
**Fuente: Cahuana – Yugar (2009).**

#### **a. Escurrimiento superficial**

Flujo sobre el terreno que proviene de la precipitación no infiltrada (precipitación en exceso, hp) y que escurre sobre la superficie del suelo y después por los cauces (Figura 8a). **Cahuana – Yugar (2009)**.

#### **b. Escurrimiento Subsuperficial o hipodérmico**

Escurrimiento subsuperficial o hipodérmico es aquél que luego de infiltrarse una determinada cantidad en el perfil del suelo, se manifiesta escurriendo en la primera capa del suelo, y en algunos casos, vuelve a aparecer en superficie, sumándose al superficial. El escurrimiento tiene una velocidad de conducción lento (Figura 8b). **Cahuana – Yugar (2009)**.

### **c. Escurrimiento subterráneo**

Es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado (Figura 8c). El escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial constituyen el escurrimiento base de los ríos. **Cahuana – Yugar (2009).**

### **d. Clasificación del Escurrimiento**

Con base en la forma en que contribuyen al escurrimiento total, el escurrimiento, se clasifica en escurrimiento directo, (cuando su efecto es inmediato), y escurrimiento base (cuando su efecto es retardado). **Cahuana – Yugar (2009).**

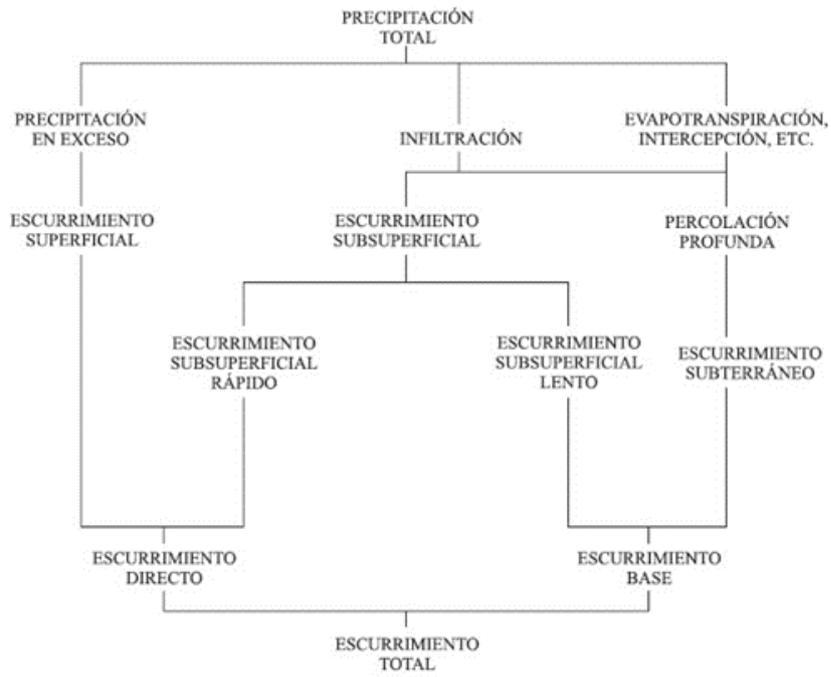
#### **a. Escurrimiento directo**

El escurrimiento directo está integrado por la precipitación en los cauces, flujo sobre el terreno y escurrimiento subsuperficial. **Cahuana – Yugar (2009).**

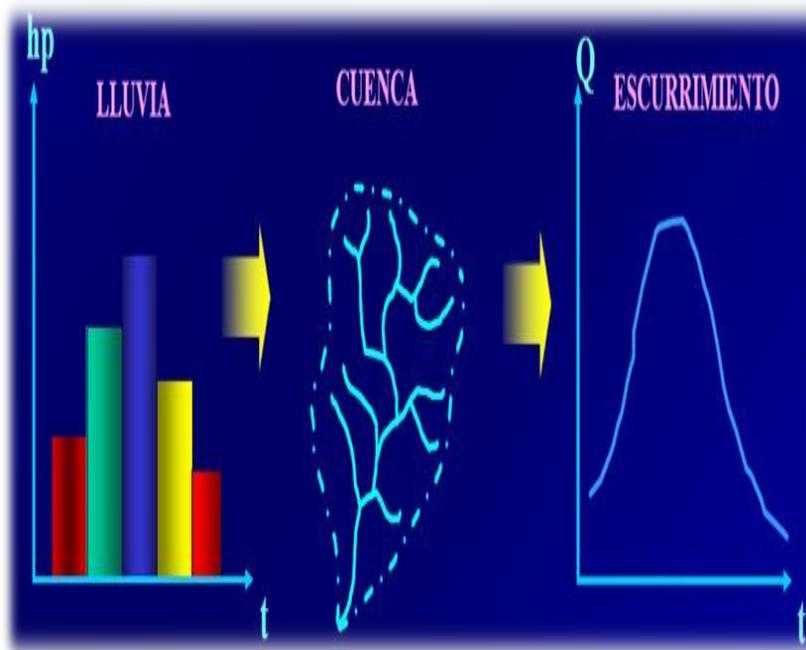
#### **b. Escurrimiento base**

El escurrimiento base, está constituido por el escurrimiento subterráneo y el escurrimiento subsuperficial de lento drenaje. **Cahuana – Yugar (2009).**

Lo anterior se ilustra en la siguiente imagen:



**Figura 5: Componentes de escurrimiento**  
**Fuente: Cahuana – Yugar (2009).**



**Figura 6: Componentes de escurrimiento**  
**Fuente: Cahuana – Yugar (2009).**

### c. Volumen de agua Aprovechable

El volumen de agua aprovechable de una cuenca depende del caudal de escorrentía total en algún punto emisor de interés, y es generalmente usado en agricultura, pecuaria, consumo humano, energético e industrial. Cuando se trata de proyectos ubicados aguas abajo del punto emisor, y no se conoce el registro hidrométrico en dicho punto, los caudales medios mensuales se estiman con algún modelo hidrológico, conociendo la precipitación media e información climática, así como los parámetros geomorfológicos de la cuenca en cuestión.

Para estimar el caudal medio mensual de acuerdo al uso, se necesita una serie histórica de caudales medios mensuales, de por lo menos 30 años, con los cuales se halla los caudales mensuales, de Enero a Diciembre, para diferentes persistencias, aplicando mínimos cuadrados ó una distribución teórica de frecuencias (Normal, Log Normal, Gamma, etc.). Una curva de persistencia o curva de caudales clasificados indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos.

Conocido el volumen de agua aprovechable se lo distribuye en uso actual de terceros y el caudal ecológico; el remanente puede ser utilizado en nuevos proyectos.

Los niveles de persistencia según el uso del agua y período estacional se indican en la siguiente tabla. **Huamán V. (2017).**

**Tabla 3. Niveles de persistencia de acuerdo al uso del agua y al período estacional**

| Nivel de persistencia (%) | Uso del agua o período estacional |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 75.0                      | Agrícola y pecuario               |
| 80.0                      | Consumo humano                    |
| 85.0 – 95.0               | Industrial                        |
| 95.0                      | Hidrogenaría                      |
| 15.0                      | Período húmedo                    |
| 50.0                      | Período normal                    |
| 85.0                      | Período seco                      |

**Fuente: Huamán V. (2017).**

Si el proyecto contempla dos ó más tipos de uso del agua, la persistencia para el cálculo de los caudales es el de mayor nivel de persistencia. Por ejemplo, si el agua se utiliza para riego y consumo poblacional la persistencia para estimar los caudales será de 80.0%.

El volumen de agua mensual se obtiene multiplicando el caudal por el tiempo del mes considerado, uniformizando las unidades del sistema utilizado.

## **CICLO HIDROLOGICO**

### **a. Definición**

El ciclo hidrológico es un fenómeno global de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, provocado fundamentalmente por la energía solar y la energía gravitacional.

El ciclo hidrológico es el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

El ciclo hidrológico (Fig.8) no es nada regular. Una muestra de ello son los periodos de sequías y de inundaciones, que ocurren.

Se puede suponer que el ciclo hidrológico se inicia con la evaporación del agua en los océanos, el vapor de agua es transportado por el viento hacia los continentes. Bajo condiciones meteorológicas adecuadas, el vapor de agua se condensa para formar nubes, las cuales dan origen a las precipitaciones. No toda la precipitación llega al terreno, ya que una parte se evapora durante la caída y otra es retenida (intercepción) por la vegetación o los edificios, carreteras, etc. Y poco después, es devuelta a la atmósfera por medio de evaporación. Otra parte es retenida en huecos e irregularidades del terreno (almacenamiento en depresiones).

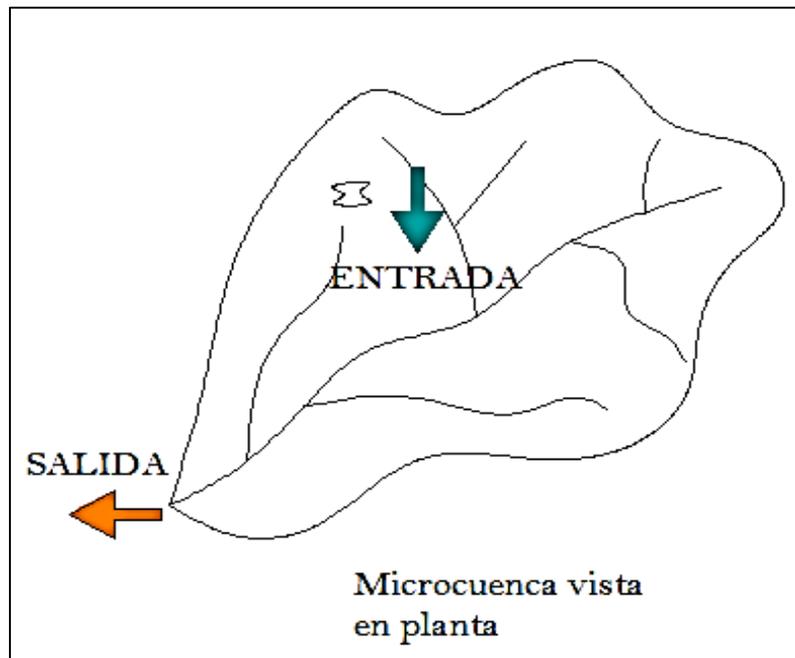
Otra parte del agua que llega al suelo circula sobre la superficie (lluvia en exceso) y se concentra en pequeños surcos que luego se combinan en arroyos, los cuales desembocan en ríos (escurrimiento superficial), dichas aguas son conducidas a embalses, lagos u océanos, desde donde se evapora o infiltra en el terreno.

Si el agua infiltrada es abundante, una parte desciende hasta recargar el agua subterránea, cuando es escasa, el agua queda retenida como humedad del suelo en la zona no saturada, de donde vuelve a la atmósfera por evaporación o evapotranspiración.

Por efecto de la gravedad, el agua percola hacia estratos más profundos, recargando las napas freáticas y/o confinadas, las cuales aportan flujo hacia las zonas de descarga en ríos, pantanos o vertientes.

En el ciclo hidrológico, la velocidad del agua no es constante, sino, errática tanto espacial como temporalmente. Por otra parte, la calidad del agua cambia en cada fase del ciclo, siendo éste, el gran desalinizador de la naturaleza.

El agua dulce es muy escasa y la más importante para el ser humano, en el Cuadro 1 se muestra la cantidad de agua estimada en el mundo y su distribución porcentual tanto de agua dulce como de agua salada. **Córdova. M. (2016).**

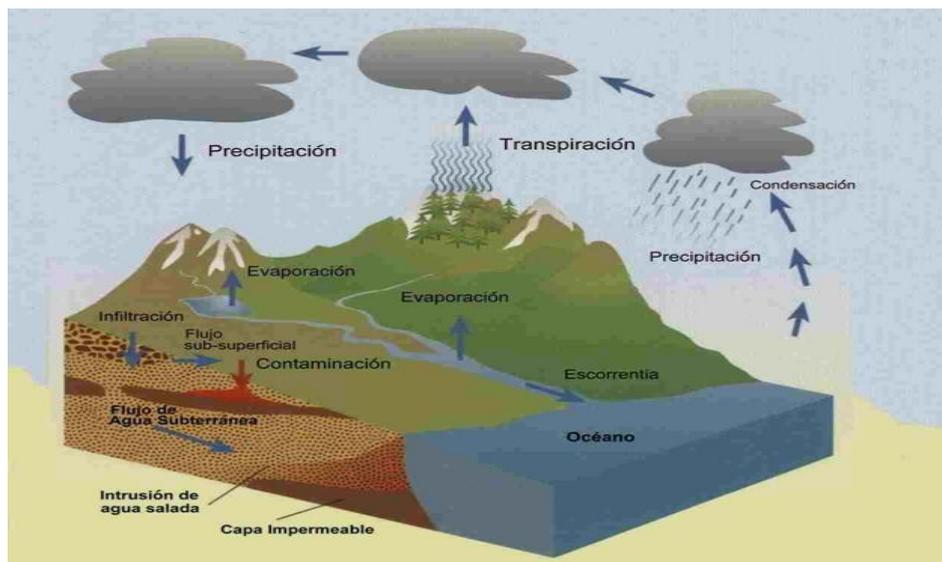


**Figura 7: Representación esquemática general del balance en una cuenca**  
**Fuente: Córdova. M. (2016).**

**Tabla 4: Tasas de Movimiento y Distribución Porcentual del agua en la Tierra**

| Agua                   |         | Área<br>(106<br>km <sup>2</sup> ) | Volumen<br>(Km <sup>3</sup> ) | Porcentaje (%) |               | Tasas de<br>cambio<br>Kiely (1999) |
|------------------------|---------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|------------------------------------|
|                        |         |                                   |                               | Agua<br>total  | Agua<br>dulce |                                    |
| Océanos                |         | 361.3                             | 1.338.000.000                 | 96.5           | -             | 3.000-<br>30.000<br>años           |
| Agua<br>subterránea    | Dulce   | 134.8                             | 10.530.000                    | 0.76           | 30.1          | Días a<br>1.000 años               |
|                        | Salada  | 134.8                             | 12.870.00                     | 0.93           | -             |                                    |
| Humedad del suelo      |         | 82.0                              | 16.5                          | 0.0012         | 0.05          | 2-52<br>semanas                    |
| Hielo polar            |         | 16.0                              | 24.023.500                    | 1.7            | 68.6          | 1-16.000<br>años                   |
| Hielo no polar y nieve |         | 0.3                               | 340.600                       | 0.025          | 1.0           |                                    |
| Lagos                  | Dulces  | 1.2                               | 91.000                        | 0.007          | 0.26          | 1-100 años                         |
|                        | Salinos | 0.8                               | 85.400                        | 0.006          | -             | 10-1.000<br>años                   |
| Pantanos               |         | 2.7                               | 11.470                        | 0.0008         | 0.03          |                                    |
| Ríos                   |         | 148.8                             | 2.120                         | 0.0002         | 0.006         | 10-30 días                         |
| Agua biológica         |         | 510.0                             | 1.120                         | 0.0001         | 0.003         | 7 días                             |
| Agua atmosférica       |         | 510.0                             | 12.900                        | 0.001          | 0.04          | 8-10 días                          |
| Agua total             |         | 510.0                             | 1.385.984.610                 | 100            | -             | 2.800 años                         |
| Agua dulce             |         | 148.8                             | 35.029.210                    | 2.5            | 100           |                                    |

**Como define (Campos, 1998, p1-4). En todo ciclo cerrado, el principio fundamental indica que la masa no se destruye ni se crea, tal es el caso en el ciclo hidrológico.**



**Figura 8: Ciclo Hidrológico**  
**Fuente: Córdova. M. (2016).**

## TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

### Medición de la Precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos.

### Completación de Datos Faltantes

Muchas veces las estaciones pueden dejar de registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

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

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

La completación de datos, es el proceso por el cual, se llenan “huecos” que existen en un registro de datos.

Para la completación se usa preferentemente la regresión lineal simple que puede ser correlación cruzada o auto correlación. La correlación cruzada es un cruce de información. Se emplea cuando existe información de estaciones vecinas o se cuenta con información de algunas cuencas de carácter similar a la analizada. La auto correlación, llamada también correlación seriada o serial, consiste en correlacionar datos correspondientes al registro de una misma muestra hidrológica, considerando un desfase en el tiempo o desfasaje.

En forma general, el modelo matemático más usado para transferir información hidrológica es el modelo de regresión lineal simple. **Villón M. (2001).**

○ **Ecuación de Regresión Normalizada**

Si la precipitación media anual o mensual de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10 % de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada.

El dato faltante anual o mensual P será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} * \left[ \frac{N_x}{N_1} * P_1 + \frac{N_x}{N_2} * P_2 + \dots \dots \dots + \frac{N_x}{N_n} * P_n \right] \quad (11)$$

Donde:

Nx= precipitación media anual o mensual en la estación incompleta. (mm)

N1,N2.....Nn= precipitación media anual o mensual en las estaciones auxiliares 1,2 y n, (Mm).

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = precipitación anual o mensual observada en las estaciones 1, 2,  $\dots$  y  $n$  para la misma fecha que la faltante, (mm).

Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de  $N_1, N_2$  y  $N_n$  corresponde al mes que se estima. **Cahuana A. y Yugar W. (2009).**

## **Temperatura Atmosférica**

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

### • **Temperatura Diaria**

- Temperatura mínima diaria: Es la más baja del día.
- Temperatura máxima diaria: Es la mayor del día.
- Temperatura media diaria: Si se utilizan los dos extremos (la máxima y la mínima del día) es la media aritmética. Si existe información continua se calcula la media aritmética de las temperaturas registradas al as 07 horas, 13 horas y 18 horas.
- Oscilación diaria: Es la diferencia de las temperaturas máxima diaria y mínima diaria. **Huamán V. (2013).**

### • **Temperatura Mensual**

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

- Oscilación absoluta mensual: Es la diferencia de las temperaturas máxima absoluta y mínima absoluta. **Huamán V. (2013).**

- **Temperatura Media Anual**

- Temperatura media anual: Es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales.

- Temperatura máxima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas máximas de todos los meses.

- Temperatura mínima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas mínimas de todos los meses.

- Oscilación anual: Diferencia de temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío. **Huamán V. (2013).**

## **TRATAMIENTO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

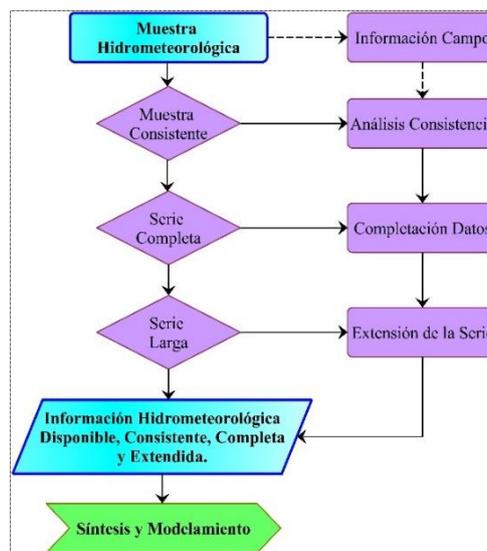
Luego de recopilada la información es necesario analizar su consistencia, procesarla y sintetizarla para convertirlo en un producto elaborado apto para el diseño. El análisis de la información está relacionado con la confiabilidad (calidad), continuidad (datos faltantes) y longitud de los registros (cantidad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

Buena parte de la hidrología está basada en el análisis de series temporales que se registran en Estaciones ubicadas en ciertos puntos de la cuenca y/o cuencas vecinas, por lo que resulta importante tener la capacidad para extrapolar resultados de un punto a otro con la mayor aproximación posible. **Ortíz V. (1995).**

El procedimiento seguido para el tratamiento de datos hidrometeorológicos se presenta esquemáticamente en la figura (9) que, dentro del contexto general de un estudio se denomina fase preliminar y consiste básicamente de tres actividades

principales: (1) Análisis de consistencia de la información, (2) completación de los datos faltantes y (3) extensión de los registros.

Con la obtención de la información consistente, completa y extendida termina la fase preliminar, pudiendo a partir de este momento determinar los parámetros deseados de dichos datos desarrollando la fase aplicativa que, para la presente tesis vendría a ser la aplicación del modelo “Precipitación-Descarga” del experto Lutz Scholz.



**Figura 9: Flujograma para el tratamiento de la información hidrometeorológica.**  
**Fuente: Lutz Scholz. (1980).**

## ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

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

La no-homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas constituye uno de los aspectos más importantes en los estudios hidrológicos contemporáneos, pues un error significativo introducido en el análisis podría afectar o falsear los resultados. **Ortíz V. (1995).**

## a. Análisis de Saltos

### Definición

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

### Procedimiento de análisis

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

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

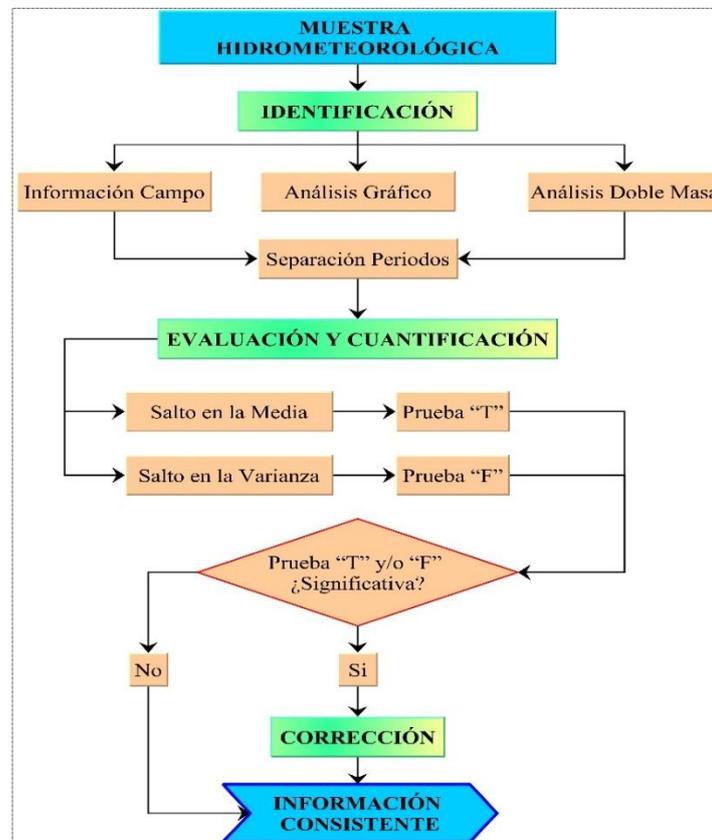


Figura 10: Flujograma para el análisis de saltos.  
Fuente: Lutz Scholz. (1980).

### **a.1. Identificación de saltos**

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

#### **Análisis Gráfico**

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

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

#### **Análisis de Doble Masa**

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

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

- Plotear, en el eje de las abscisas, el promedio de los datos anuales acumulados de la(s) Estación(es) Índice versus los datos acumulados anuales de cada Estación que se estudia, en el eje de las ordenadas.
- Los análisis gráficos y de doble masa, sirven básicamente para establecer sospechas de posibles errores y para la determinar los rangos de los periodos dudosos y confiables correspondientes a cada Estación en estudio.
- Para efecto del análisis de doble masa, los datos faltantes se pueden completar con la media mensual (si el análisis es mensual) o por interpolación mediante regresión simple o múltiple. **Villón M. (2016).**

## MODELO DETERMINÍSTICO - ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ

Según (Scholz, 1980)

### a. Generalidades

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

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

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escurrimiento promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos estocásticos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Generación de caudales para un periodo extendido en el punto de captación proyectada por un cálculo combinando (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso markoviano) y, calibrando el modelo integral por aforos ejecutados.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier

finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.), los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

## b. Ecuación del balance hídrico

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

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (12)$$

Dónde:

|                 |  |          |
|-----------------|--|----------|
| CM <sub>i</sub> | : Caudal mensual.                        | (mm/mes) |
| P <sub>i</sub>  | : Precipitación mensual sobre la cuenca. | (mm/mes) |
| D <sub>i</sub>  | : Déficit de escurrimiento.              | (mm/mes) |
| G <sub>i</sub>  | : Gasto de la retención de la cuenca.    | (mm/mes) |
| A <sub>i</sub>  | : Abastecimiento de la retención.        | (mm/mes) |

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

- Durante el año hidrológico la retención se mantiene constante pues el agua almacenada en el periodo húmedo es soltada en el periodo de estiaje, por lo tanto, el gasto y el abastecimiento son iguales ( $G_i = A_i$ ).
- Una parte de la precipitación se pierde por evaporación por lo que la expresión (P-D) puede sustituirse por C\*P, donde “C” es el coeficiente de escorrentía que puede ser medido o estimado y “P” precipitación total.

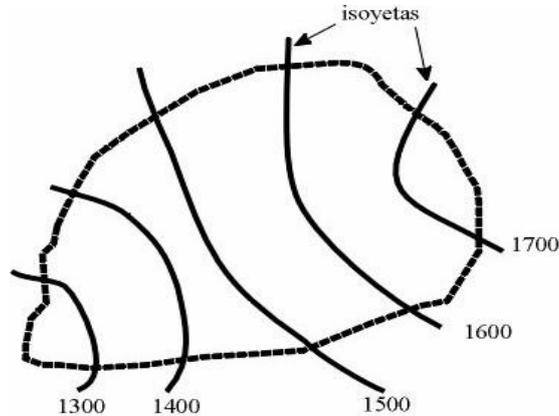
## c. Precipitación sobre la cuenca

### ● Método de Isoyetas

En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado, en la presente investigación se utilizará el método de Isoyetas.

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

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



**Figura 11: Isoyetas**  
**Fuente: Villón M. (2002)**

**El método consiste en:**

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

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0 + P_1}{2} * A_1 + \dots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} * A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (13)$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} * A_i \quad (14)$$

Donde:

$P_{med}$  = precipitación media

$A_T$  = área total de la cuenca

$P_i$  = altura de precipitación de las isoyetas  $i$

$A_i$  = área parcial comprendida entre las isoyetas  $P_{i-1}$  y  $P_i$

$n$  = número de áreas parciales

inicio

$n$  = número de áreas parciales

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

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

#### • **Coefficientes para la generación de registros de precipitación**

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

$$CP_i = \frac{PMP_i}{PMPC_i} \quad (15)$$

Donde:

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

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

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

#### **d. Coeficiente de escorrentía**

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

$$C = \frac{P - D}{P} \quad (16)$$

Donde:

- C : Coeficiente de escurrimiento.
- P : Precipitación total anual (mm/año).
- D : Déficit de escurrimiento (mm/año).

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

$$D = \frac{P}{(0.9 + (P/L)^2)^{0.5}} \quad (17)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3 \quad (18)$$

$$T = 197 - 23.1 * \ln(H) \quad (19)$$

Donde:

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

#### e. Precipitación efectiva

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

$$PE_i = C * PT_c \quad (20)$$

Donde:

PE<sub>i</sub> : Precipitación efectiva del mes “i” (mm/año)

PT<sub>c</sub> : Precipitación total generada. (mm/año)

C : Coeficiente de escorrentía.

#### f. Retención de la cuenca

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

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (21)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (22)$$

Dónde:

CM<sub>i</sub> : Caudal mensual. (mm/mes)

PE<sub>i</sub> : Precipitación efectiva mensual. (mm/mes)

R<sub>i</sub> : Retención de la cuenca. (mm/mes)

G<sub>i</sub> : Gasto de la retención. (mm/mes)

A<sub>i</sub> : Abastecimiento de la retención. (mm/mes)

Sumando todos los valores de “G” o “A” respectivamente, se halla la retención total de la cuenca durante el año promedio en la dimensión de (mm/año).

Esta ecuación se realiza básicamente para la calibración de la retención de la cuenca. En cuencas de la sierra, la retención varía de: 43 a 188 (mm/año), resultados que se indican en el volumen del modelo, asimismo muestran una uniformidad del cambio de los valores G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región.

$$R = \frac{(C_a * AR * LA + AL * LL + AN * LN)}{AR} \quad (23)$$

Donde:

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

#### g. Almacenamiento hídrico

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

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

- **Acuíferos:**

$$LA = -750 * I + 350$$

Donde:

|    |                                 |           |
|----|---------------------------------|-----------|
| LA | : Almacenamiento de acuíferos   | (mm/año)  |
| LA | : (200-300 mm/año)              |           |
| I  | : Pendiente del cauce principal | (I ≤ 15%) |

- **Lagunas y pantanos:**

$$LL = 500 \text{ (mm/año)}$$

Donde:

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

- **Nevados:**

$$LN = 500 \text{ (mm/año)}$$

Donde:

LN : Almacenamiento de nevados (mm/año)

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

#### **h. Coeficiente de Agotamiento ( $\alpha$ )**

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

**Cuencas con agotamiento muy rápido:** Debido a temperaturas elevadas ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.034 \quad (24)$$

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

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.030 \quad (25)$$

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

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.026 \quad (26)$$

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

$$\alpha = -0.00252 * LN(AR) + 0.023 \quad (27)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca (mm/año)

AR : Área de la cuenca (Km2)

$\alpha$  : Coeficiente de agotamiento por día

#### i. Relación de caudales del flujo base ( $b_0$ )

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

$$Q_t = Q_0 * e^{-\alpha(t)} \quad (28)$$

$$b_0 = e^{-\alpha(t)} \quad (29)$$

Donde:

$Q_t$  : Descarga en el tiempo “t”

$Q_0$  : Descarga inicial.

$b_0$  : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior ( $Q_t / Q_0$ )

$\alpha$  : Coeficiente de agotamiento

t : Tiempo (número de días del mes)

Al principio de la estación lluviosa el proceso de agotamiento de la reserva termina y parte de las lluvias más abundantes entra en los almacenes hídricos. El proceso de abastecimiento se muestra por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. Analizando los hidrogramas de la contribución de la retención a los caudales, se constata que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa y

cuando los almacenes naturales: acuíferos, lagunas-pantanos y nevados ya están recargados parcialmente, la restitución acaba poco a poco.

#### **j. Gasto de la retención “G<sub>i</sub>”**

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

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} * R \quad (30)$$

Donde:

R : Retención de la cuenca.

b<sub>0</sub> : Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

b<sub>m</sub> : Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ( $\sum b_{oi}$ ).

b<sub>oi</sub> : Relación entre el caudal del mes “i” y el caudal inicial (Q<sub>i</sub> / Q<sub>0</sub>).

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

#### **k. Abastecimiento de la retención “A<sub>i</sub>”**

Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: **coeficientes de abastecimiento “a<sub>i</sub>”**.

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

La contribución de los meses de noviembre y diciembre es solamente pequeña y la restitución de los almacenes hídricos tiene lugar en enero hasta marzo. Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5: Coeficientes de abastecimiento durante época de lluvias.**

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

**Fuente: (Scholz, 1980)**

La lámina de agua (A<sub>i</sub>) que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación efectiva. Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i(\%) * R \quad (31)$$

Donde:

A<sub>i</sub> : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva

a<sub>i</sub> : Coeficiente de abastecimiento (%)

R : Retención de la cuenca (mm/año)

### **I. Caudal mensual para el año promedio**

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

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (32)$$

Dónde:

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

### m. Generación de caudales para periodos extendidos

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

Ecuación general del modelo markoviano:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad (33)$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t) \quad (34)$$

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

$$Z = (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \quad (35)$$

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

$$Q_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t + (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \quad (36)$$

Donde:

- $Q_t$  : Caudal del mes “t”.
- $Q_{t-1}$  : Caudal del mes anterior.
- $PE_t$  : Precipitación efectiva del mes “t”.
- $B_1$  : Factor constante o caudal básico.
- $B_{2,3}$  : Parámetros del modelo para el año promedio.
- $S$  : Desviación estándar de los residuos.
- $r$  : Coeficiente de correlación múltiple.
- $z$  : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año “t”.

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

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.
- Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor ( $Q_0$ ), sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

La precipitación efectiva de cada mes se ha calculado según la ecuación (17), los valores de los coeficientes  $B_{1,2,3}$ ,  $S$ ,  $r$  se calculan al desarrollar la regresión múltiple con los datos de caudales mensuales para el año promedio.

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

- **Regresión Múltiple**

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

Ejemplo: sea “ $Q_t$ ” los caudales generados por el modelo de Lutz Scholz para el mes “t” del año promedio, y “ $PE_t$ ” la precipitación efectiva calculada para el mes “t” del

año promedio, entonces las series para la regresión múltiple se elabora como se muestra en la tabla adjunta:

**Tabla 6: Ejemplo de series para la regresión múltiple.**

| Mes       | Qt  | Qt-1 | PEt  |
|-----------|-----|------|------|
| Enero     | Q1  | Q12  | PE1  |
| Febrero   | Q2  | Q1   | PE2  |
| Marzo     | Q3  | Q2   | PE3  |
| Abril     | Q4  | Q3   | PE4  |
| Mayo      | Q5  | Q4   | PE5  |
| Junio     | Q6  | Q5   | PE6  |
| Julio     | Q7  | Q6   | PE7  |
| Agosto    | Q8  | Q7   | PE8  |
| Setiembre | Q9  | Q8   | PE9  |
| Octubre   | Q10 | Q9   | PE10 |
| Noviembre | Q11 | Q10  | PE11 |
| Diciembre | Q12 | Q11  | PE12 |

**Fuente: Lutz Scholz (2002)**

Las ecuaciones normales para estimar el cálculo de las variables B1,2,3, son:

$$\sum Q_t = 12B_1 + B_2 \sum Q_{t-1} + B_3 \sum PE_t \quad (37)$$

$$\sum (Q_t * Q_{t-1}) = B_1 \sum Q_{t-1} + B_2 \sum (Q_{t-1})^2 + B_3 \sum (Q_{t-1} * PE_t) \quad (38)$$

$$\sum (Q_t * PE_t) = B_1 \sum PE_t + B_2 \sum (Q_{t-1} * PE_t) + B_3 \sum (PE_t)^2 \quad (39)$$

Luego, el caudal estimado se define como : “ $\hat{Q}_t$ ” y obtenidos los parámetros B1,2,3, se obtiene:

$$\hat{Q}_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * PE_t \quad (40)$$

$$e = Q_t - \hat{Q}_t \quad (41)$$

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

Donde:

$Q_t$  : Caudales muestrales (experimentales) del mes “t”.

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

$\hat{Q}_t$  : Caudales estimados del mes “t”.

e : Error entre los valores muestrales y estimados.

Cálculo de la desviación estándar de los residuos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(e^2)}{n - p}} \quad (42)$$

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

$$r = \left[ 1 - \frac{S^2}{S^2_{Q_t}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (43)$$

$$S_{Q_t}^2 = \frac{1}{n - 1} [\sum(Q_t^2 - n * (\bar{Q}_t)^2)] \quad (44)$$

Donde:

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

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

#### n. Restricciones del modelo

- Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.

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

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS**

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

Este análisis estadístico consiste en hallar la función que mejor represente el comportamiento de la variable aleatoria “ $x$ ”, para luego asignar a cada valor “ $X$ ” una probabilidad o periodo de ocurrencia. **Chávarri V. (2004)**.

### **a. Prueba de bondad de ajuste**

Esta prueba consiste en comparar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales. Las pruebas estadísticas, tienen por objeto, medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades. **Villón M. (2012)**.

### **b. Prueba Smirnov – Kolmogorov**

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

$$\Delta = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (45)$$

Donde:

- $\Delta$  : Estadístico de Smirnov – Kolmogorov.
- $F(x)$  : Probabilidad de la distribución teórica.
- $P(x)$  : Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

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

- $H_0$  : Los datos analizados siguen una distribución Normal.
- $H_1$  : Los datos analizados no siguen una distribución Normal.

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

$$P(\Delta \geq \Delta_o) = \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_1 \quad (46)$$

$$P(\Delta < \Delta_o) = 1 - \alpha \leftrightarrow \text{Aceptar } H_o \quad (47)$$

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

**Tabla 7: Valores críticos de “Δo”**

| TAMAÑO MUESTRAL N | NIVEL DE SIGNIFICACION α |                         |                         |                         |                         |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                   | 0.20                     | 0.15                    | 0.10                    | 0.05                    | 0.01                    |
| 1                 | 0.900                    | 0.925                   | 0.950                   | 0.975                   | 0.995                   |
| 2                 | 0.684                    | 0.726                   | 0.776                   | 0.842                   | 0.929                   |
| 3                 | 0.565                    | 0.597                   | 0.642                   | 0.708                   | 0.828                   |
| 4                 | 0.494                    | 0.525                   | 0.564                   | 0.624                   | 0.733                   |
| 5                 | 0.446                    | 0.474                   | 0.510                   | 0.565                   | 0.669                   |
| 6                 | 0.410                    | 0.436                   | 0.470                   | 0.521                   | 0.618                   |
| 7                 | 0.381                    | 0.405                   | 0.438                   | 0.486                   | 0.577                   |
| 8                 | 0.358                    | 0.381                   | 0.411                   | 0.457                   | 0.543                   |
| 9                 | 0.339                    | 0.360                   | 0.388                   | 0.432                   | 0.514                   |
| 10                | 0.322                    | 0.342                   | 0.368                   | 0.410                   | 0.490                   |
| 11                | 0.307                    | 0.326                   | 0.352                   | 0.391                   | 0.468                   |
| 12                | 0.295                    | 0.313                   | 0.338                   | 0.375                   | 0.450                   |
| 13                | 0.284                    | 0.302                   | 0.325                   | 0.361                   | 0.433                   |
| 14                | 0.274                    | 0.292                   | 0.314                   | 0.349                   | 0.418                   |
| 15                | 0.266                    | 0.283                   | 0.304                   | 0.338                   | 0.404                   |
| 16                | 0.258                    | 0.274                   | 0.295                   | 0.328                   | 0.392                   |
| 17                | 0.250                    | 0.266                   | 0.286                   | 0.318                   | 0.381                   |
| 18                | 0.244                    | 0.259                   | 0.278                   | 0.309                   | 0.371                   |
| 19                | 0.237                    | 0.252                   | 0.272                   | 0.301                   | 0.363                   |
| 20                | 0.231                    | 0.246                   | 0.264                   | 0.294                   | 0.356                   |
| 25                | 0.21                     | 0.22                    | 0.24                    | 0.27                    | 0.32                    |
| 30                | 0.19                     | 0.20                    | 0.22                    | 0.24                    | 0.29                    |
| 35                | 0.18                     | 0.19                    | 0.21                    | 0.23                    | 0.27                    |
| N > 35            | $\frac{1.07}{\sqrt{N}}$  | $\frac{1.14}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.22}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.36}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.63}{\sqrt{N}}$ |

**Fuente: Villón M. (2002).**

La tabla 7 muestra los valores críticos de “Δo” del estadístico del Smirnov – Kolmogorov “Δ”, para valores de (N > 35) y diferentes niveles de significación. El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico del Smirnov – Kolmogorov, es el siguiente:

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

$$P(x) = \frac{M}{N + 1} \quad (48)$$

Donde:

- P(x) : Probabilidad experimental de los datos (frecuencia acumulada)
- N : Número de datos.
- M : Número de orden.

Calcular la probabilidad teórica  $F(x)$ : Usar la ecuación de la función acumulada  $F(x)$ , o tablas elaboradas para tal fin.

Calcular la diferencia:  $P(x) - F(x)$ , para todos los valores de “ $x$ ”.

Seleccionar la máxima diferencia: “ $\Delta_{\max}$ ”:

$$z\Delta_{\max} = \text{máx } |F(x) - P(x)| \quad (49)$$

Calcular el valor crítico del estadístico “ $\Delta$ ”, es decir “ $\Delta_o$ ”, para un  $\alpha = 5\%$  y  $N = \text{número de datos}$ . Los valores de “ $\Delta_o$ ”, se muestran en la tabla 6.

Comparar el valor del estadístico “ $\Delta_{\max}$ ”, con el valor crítico “ $\Delta_o$ ”, de la tabla 7, con los siguientes criterios de decisión, deducidos de la ecuación (50): **Villón M. (2002)**.

$$\Delta < \Delta_o \Rightarrow \text{El ajuste es bueno} \quad (50)$$

$$\Delta \geq \Delta_o \Rightarrow \text{El ajuste no es bueno} \quad (51)$$

### **Utilidad**

Después de ajustar una cierta distribución de probabilidades a un registro de precipitación total anual o descarga media anual, ésta se utiliza para obtener la probabilidad de tener lluvias anuales o descargas medias anuales menores que un cierto valor previamente seleccionado y también valores mayores que otra determinada magnitud. Tales determinaciones son valiosas para el diseño de sistemas hidráulicos como por ejemplo en proyectos de irrigación. **Chávarri V. (2004)**.

### **Persistencia de descargas**

La persistencia de un caudal se refiere a las probabilidades de un determinado caudal de ser igualado o superado. La persistencia mensual, indica el número de veces que

una determinada descarga, de un mes dado, es igualada o superada durante el período de registro.

Este número de veces puede convertirse en probabilidades de ocurrencia, expresando así la persistencia en estos términos. Para determinar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia se hace con la fórmula de Weibull; de la ecuación (52) se deduce que:

$$m = f (N + 1) \quad ( 52 )$$

Donde:

f : Frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

N : Número de datos.

m : Número de orden.

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

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

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

**Tabla 8: Niveles de persistencia.**

| <b>Oferta Hídrica</b>   |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| <b>Uso</b>              | <b>Nivel Persistencia</b> |
| Agrícola – Pecuario     | 75%                       |
| Doméstico – Poblacional | 80%                       |
| Industrial              | 90%                       |
| Hidroenergético         | 95%                       |

**Fuente: Huamán V. (2017)**

## **MEDICIÓN DEL ESCURRIMIENTO**

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

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

### **Método del Tubo de Pitop**

#### **Generalidades**

En algunos casos de conducción de agua esta circula con velocidades muy diferentes en los diversos puntos de una sección debido al rozamiento con las paredes, de condiciones de rugosidad muy variables, como sucede en los canales o en los ríos y entonces, para averiguar las condiciones de circulación se emplea un medidor de velocidad que se llama Tubo de Pitot.

Es un tubo vertical en su mayor parte y horizontal en un extremo, el que se sumerge al apearar; está abierto en ambas extremidades.

Si el agua estuviera en reposo, penetraría al tubo hasta alcanzar en el interior un nivel igual al de la superficie fuera del tubo, pero cuando hay circulación, el agua al penetrar al tubo sube hasta un nivel mayor que el nivel exterior.

Se observa que, a mayor velocidad de circulación del líquido, mayor es la altura  $h$  que alcanza el agua en el interior del tubo, entonces la velocidad podrá conocerse midiendo  $h$ .

Para estudiar la relación que hay entre estas magnitudes, velocidad y altura del agua en el tubo, supondremos dos puntos: uno A dentro del tubo y otro B fuera; podemos considerar que la partícula de agua en B al pasar a A pierde toda su energía de

velocidad para convertirla en energía de presión, que es justamente la debida a la columna del líquido h. Aplicando el teorema de Bernoulli entre A y B, tenemos:

$$V_b = \sqrt{2gh} \quad (53)$$

Para obtener las curvas de igual velocidad en la sección de una corriente, se hacen exploraciones determinando la velocidad en diferentes puntos, a diferentes profundidades, observando la altura h en el tubo Pitot y la profundidad de la boca con un estadal, marcando con una X en el dibujo de la sección transversal los diferentes puntos de observación e interpolando, se obtienen los puntos de igual velocidad, que unidos por medio de una línea continua, muestran las curvas en cuestión.

### **Cálculo del caudal (Q)**

Con la ayuda de un planímetro se determinan las áreas de las zonas de igual velocidad, que multiplicadas por la velocidad correspondiente y sumando se obtiene el gasto en la corriente.

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

$$Q = V_m * A \quad (54)$$

Donde:

- A : Área de la sección, en metros cuadrados. ( $m^2$ )
- $V_m$  : Velocidad media del agua. (m/s)
- Q : Caudal de agua. ( $m^3/s$ )

### **TEST ESTADÍSTICOS**

Para determinar la calidad de la coincidencia de los caudales generados con los observados, se desarrolla la comparación de los promedios y desviaciones tipo de los valores históricos y los generados.

#### **a. RESTRICCIONES DEL MODELO**

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

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

Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.

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

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones a fin de garantizar una buena performance del modelo. **Lutz Scholz, (1980).**

## CAPITULO III

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El río Mashcón está ubicado en el norte del Perú en la región Cajamarca, Provincia de Cajamarca, está situada en la parte norte del territorio peruano y forma parte de la vertiente del Atlántico, su ubicación geográfica, demarcación hidrográfica, demarcación política y ubicación referencial es la siguiente:

El presente trabajo abarca un área de estudio de 159.448 Km<sup>2</sup>. Este recurso hídrico tiene origen en el cerro Quilish, entre sus principales tributarios tenemos los ríos Quilish, Porcón, Ronquillo por la margen derecha, la Quebrada Encajón por la margen izquierda.

#### **Ubicación Geográfica**

##### **WGS84 Zona 17 Sur:**

Coord. UTM Norte : 9'228,128 m – 9'201,234 m.

Coord. UTM Este : 781,403 m – 762,185 m.

Latitud Sur : 82°39'37" - 82°29'21".

Longitud Oeste : 60°51'49" - 62°43'58".

##### **Demarcación Política:**

Políticamente la microcuenca se encuentra en:

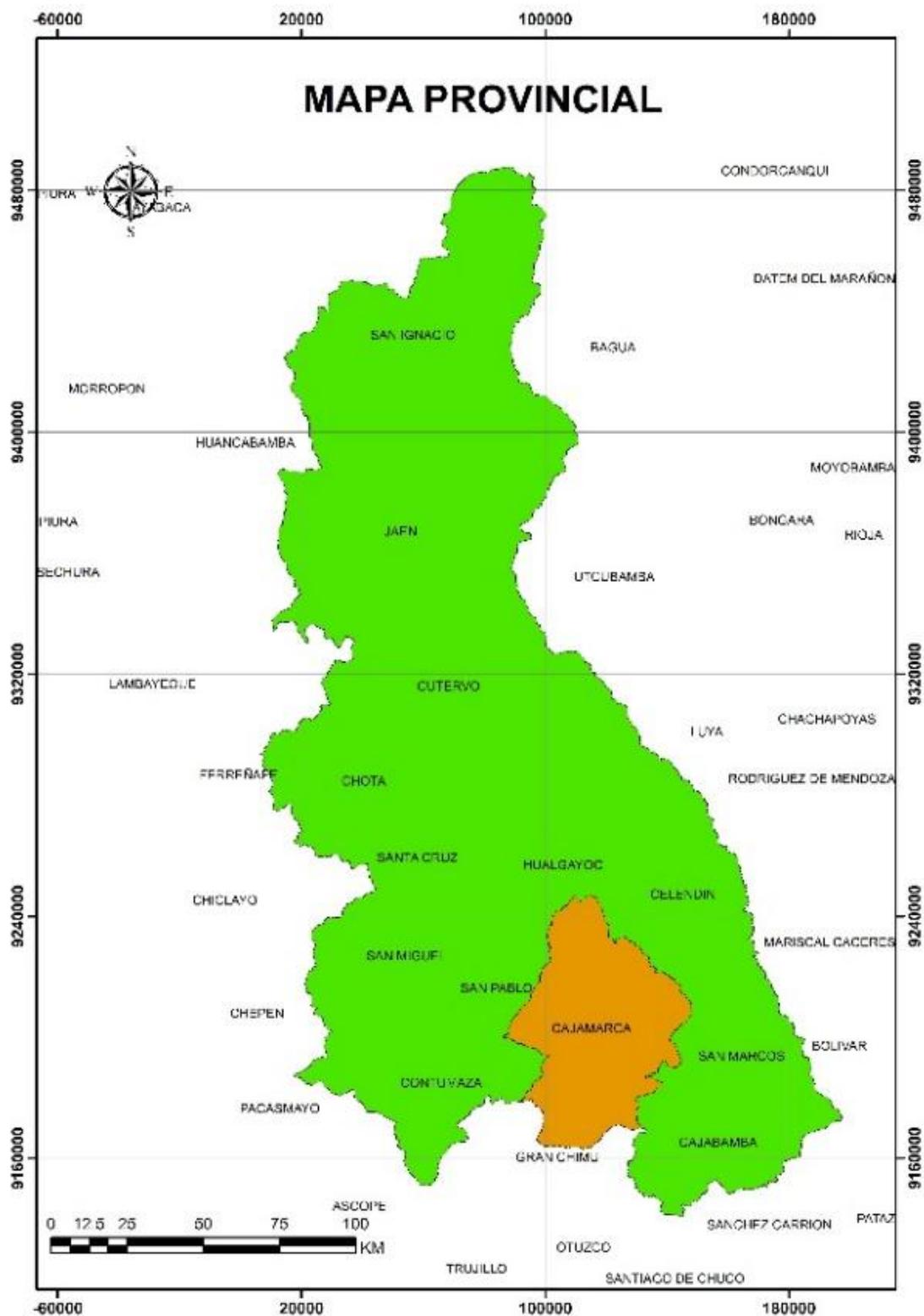
Departamento : Cajamarca.

Provincia : Cajamarca

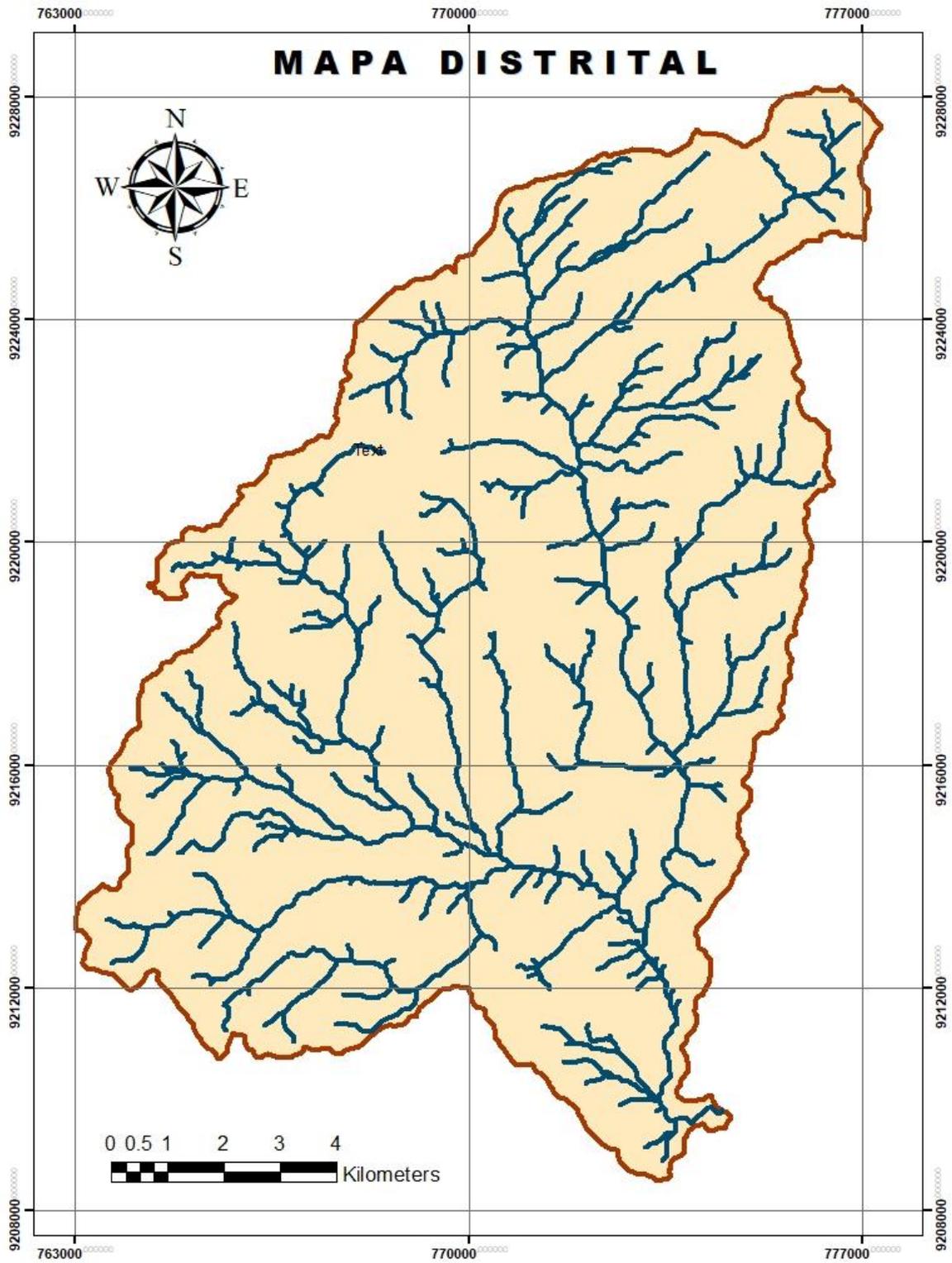
Distrito : Cajamarca



**Figura 12: Ubicación Departamental**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 13: Ubicación provincial**  
**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 14: Ubicación Distrital**  
**Fuente: Elaboración propia**

### **Demarcación Hidrográfica:**

El Río Mashcón pertenece sucesivamente a la Región Hidrográfica del Amazonas, a la intercuenca del Alto Amazonas, a la cuenca del Río Marañón. El Río Mashcón confluye en un punto cercano a la ciudad de Cajamarca, aguas abajo, del cual recibe el nombre del Río Cajamarquino ver figura (37,38).

Tiene como límites:

|              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| Por el Norte | : Río Porcón                        |
| Por el Sur   | : Río Chonta.                       |
| Por el Este  | : Río Azufre y la Quebrada Linderos |
| Por el Oeste | : Río Urubamba.                     |

La Captación Huacaríz está ubicada de acuerdo a las siguientes coordenadas UTM: Norte: 9209812; Este: 774656. Ver figura (36). Deriva agua con un caudal promedio de 0.41m<sup>3</sup>/s es una estructura convencional de concreto, que presenta erosión, dos bloques de concreto ver figura (38), que anteriormente funcionaban como soporte para un puente y mucha contaminación debido a que los pobladores de la zona como se aprecia en las imágenes botan abundante basura.

El punto de aforo está ubicado a unos 100m aguas arriba aproximadamente, con coordenadas UTM Norte: 9209758; Este: 0774591, ver figura (36), con un ancho de río de 5.949 m ver figura (37).

## **3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

### **Equipos**

- Tubo de Pitop
- GPS
- Laptop
- Cronómetro
- Cámara fotográfica
- Disco duro

### **Materiales y Equipo de gabinete**

- Materiales de escritorio (Papel bond, folder manilo, lapicero, marcador, etc).
- Estaciones meteorológicas.

- Libros.
- Modelos digitales, Fotografías satelitales y cartas geográficas.
- Materiales de Campo: Libreta de Campo, Wincha.
- Vestuario de protección (poncho impermeable, botas de jebe, guantes, arnés de seguridad).
- Argis 10.5, AutoCAD 2017, para la digitalización de planos.

### **3.3. TRATAMIENTO DIGITAL**

Para realizar el tratamiento digital se realiza los siguientes pasos:

Utilizando un MDT de ASTER GDEM (Modelo Digital Raster de una resolución de 12.5 m), proporcionados por ASTER GDEM, que es un proyecto desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), con la finalidad de construir con Modelo de Elevación Digital de toda la superficie terrestre, liberado por medio de imágenes DEM después de haber sido validada su información.

Los mapas de redes hidrográficas y meteorológicas fueron elaborados en función de los MDT. La delimitación de la cuenca Mahscón se realizó basándose en el principio de la red de flujo, la cual considera que la línea divisoria de aguas es teóricamente una línea neutral de flujo.

Procesamiento de la información digital y estimación de los parámetros geomorfológicos, basados en el principio de la red de flujo, se delimitará la cuenca basándose en la línea divisoria de aguas ( línea neutral de flujo) y se calculará (área, perímetro, altitud media, categorización de la red hidrográfica, etc.), estimación de la pendiente de la microcuenca usando el criterio de Alvort, estimación de la altitud media sobre el nivel del mar, jerarquización de la red hidrográfica siguiendo el criterio de Alvort, etc. Se utilizó como herramientas para este proceso los softwares ArcGIS 10.5 y el HidroCALC V.d.1.0.

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

#### Recopilación de la información meteorológica

En la cuenca del río “Mahscón” existen alrededor de diez (10) estaciones meteorológicas, las mismas que fueron instaladas por instituciones tales como: Senamhi, Minera Yanacocha y la Administración Nacional del Agua. (Ver tabla 9).

La característica principal de estas estaciones a utilizar es la ubicación, sus coordenadas, entre otros, se detallan en la tabla (10), sin embargo, cabe mencionar que el punto más bajo de registro se encuentra a una altura de 2655 msnm (Estación Augusto Weberbauer) y el más alto a 4024 msnm (Estación Maqui Maqui).

El registro con que se cuenta es de precipitaciones diarias, los periodos de registro de dichas estaciones se presentan en las tablas: (11,12,13).

**Tabla 9: Estaciones meteorológicas identificadas y seleccionadas:**

| ESTACIÓN           | UBICACIÓN |           | ESTACIONES SELECCIONADAS |
|--------------------|-----------|-----------|--------------------------|
|                    | PROVINCIA | DISTRITO  |                          |
| MAQUI MAQUI        | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| AUGUSTO WEBERBAUER | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| GRANJA PORCON      | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| HUACATAZ           | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| MAGDALENA          | CAJAMARCA | MAGDALENA | SELECCIONADA             |
| NEGRITOS           | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| PORCON I           | CAJAMARCA | CAJAMARCA | SELECCIONADA             |
| CAJAMARCA          | CAJAMARCA | CAJAMARCA | NO SELECCIONADA          |
| LA QUINUA          | CAJAMARCA | CAJAMARCA | NO SELECCIONADA          |
| JESÚS              | CAJAMARCA | JESÚS     | NO SELECCIONADA          |

**Fuente: Elaboración propia**

#### Procesamiento de la información meteorológica

El proceso de datos meteorológicos se ha realizado de forma clásica, proceso que se explica en el Capítulo II (Ítem 2.4) con una revisión bibliográfica detallada de las metodologías existentes, en la cual se presenta una secuencia de cálculos; los mismos que consideramos parte del trabajo de investigación literaria.

A continuación, explicamos el análisis estadístico:

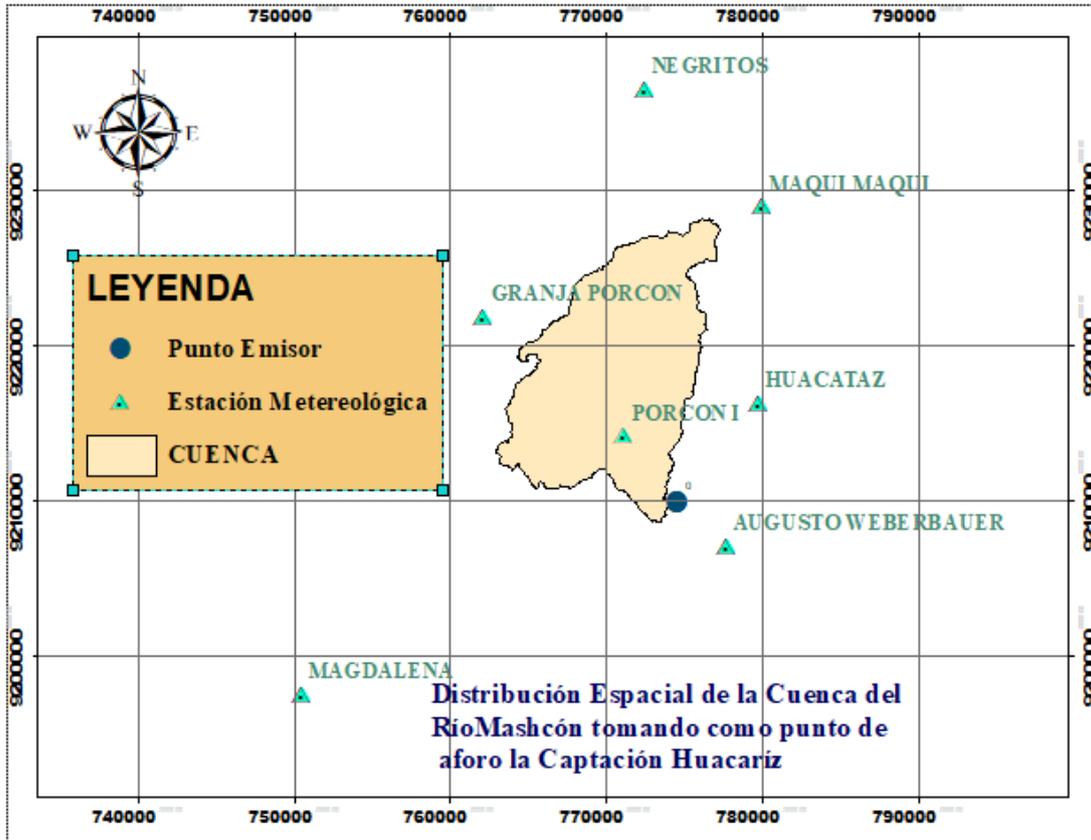
Con la finalidad de tener datos confiables se han obviado algunas estaciones que tienen datos pocos confiables, después, de haberse realizado un análisis visual, quedando finalmente con la información meteorológica de las estaciones: Granja Porcón, Maqui Maqui, Augusto Weberbauer, Negritos, Magdalena, Porcón I y la Estación Huacataz. Ver tabla (10).

**Tabla 10: Características de las estaciones metereológicas a trabajar**

| ESTACIONES CERCANAS Y DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |         |                      |                    |                |                 |           |           |
|---|---------|----------------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|
| ESTE  | NORTE   | ALTITUD<br>(m.s.n.m) | ESTACIÓN           | LONGITUD       | LATITUD         | UBICACIÓN |           |
|   |         |                      |                    |                |                 | PROVINCIA | DISTRITO  |
| 780019  | 9228957 | 4024                 | MAQUI MAQUI        | 78°27'56.68"V  | 6°58'7.40"S     | CAJAMARCA | CAJAMARCA |
| 777793  | 9207072 | 2655                 | AUGUSTO WEBERBAUER | 78° 30' W      | 07° 10'         | CAJAMARCA | CAJAMARCA |
| 762191  | 9221839 | 3276                 | GRANJA PORCON      | 78° 37'45"     | 07° 02'15"      | CAJAMARCA | CAJAMARCA |
| 779848  | 9216276 | 3130                 | HUACATAZ           | 78° 28' W      | 07° 05' S       | CAJAMARCA | CAJAMARCA |
| 750485  | 9197487 | 1249                 | MAGDALENA          | 786416 W       | 7.1633 S        | CAJAMARCA | MAGDALENA |
| 772555  | 9236570 | 3560                 | NEGRITOS           | 78° 32' 1" W   | 6° 54' 1" S     | CAJAMARCA | CAJAMARCA |
| 771185  | 9214146 | 3510                 | PORCON I           | 78° 32' 41.8"W | 07° 06' 10.8" S | CAJAMARCA | CAJAMARCA |

**Fuente: Elaboración propia**

La distribución espacial de las siete estaciones utilizadas en la presente investigación se muestra en la (figura 24).



**Figura 15: Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas.**  
**Fuente: Elaboración propia**

El registro de precipitaciones de las estaciones base se muestran en las tablas (11,12,13) y el registro de precipitaciones de las estaciones incompletas se muestran en las tablas (14,15,16,17).

**Tabla 11: Periodo de registro de la estación AUGUSTO WEBERBAUER  
(Estación Base):**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA A. WEBERBAUER |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| AÑO  | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968   | 58.0  | 81.0  | 67.7  | 26.6  | 14.9 | 1.6  | 1.6  | 16.2 | 50.0 | 66.4  | 54.6  | 70.8  |
| 1969   | 42.0  | 73.7  | 83.5  | 85.7  | 1.5  | 19.6 | 0.3  | 13.2 | 18.4 | 55.4  | 106.4 | 162.0 |
| 1970   | 71.0  | 41.8  | 79.9  | 54.5  | 33.8 | 19.9 | 3.2  | 2.5  | 18.2 | 103.0 | 51.4  | 54.1  |
| 1971   | 58.4  | 97.8  | 275.7 | 54.7  | 8.0  | 12.2 | 17.6 | 17.2 | 28.1 | 89.8  | 45.8  | 66.5  |
| 1972   | 55.5  | 67.6  | 113.8 | 76.2  | 18.1 | 4.4  | 3.4  | 20.6 | 29.0 | 31.4  | 66.5  | 50.2  |
| 1973   | 95.3  | 70.7  | 91.6  | 98.4  | 27.4 | 29.3 | 8.4  | 18.3 | 87.2 | 65.5  | 68.2  | 72.3  |
| 1974   | 64.1  | 128.2 | 95.2  | 58.5  | 4.6  | 17.3 | 6.5  | 23.6 | 38.7 | 70.5  | 53.9  | 76.4  |
| 1975   | 91.6  | 158.1 | 199.4 | 70.7  | 66.8 | 10.0 | 7.2  | 19.3 | 45.1 | 80.2  | 65.1  | 0.9   |
| 1976   | 130.4 | 62.9  | 81.3  | 55.2  | 43.0 | 23.0 | 0.1  | 4.4  | 12.3 | 32.2  | 71.6  | 44.4  |
| 1977   | 129.9 | 146.4 | 141.9 | 42.6  | 25.5 | 8.0  | 7.5  | 0.1  | 16.1 | 53.4  | 54.8  | 68.2  |
| 1978   | 12.7  | 34.4  | 48.5  | 37.0  | 65.6 | 3.9  | 4.4  | 3.8  | 23.8 | 24.4  | 54.0  | 44.8  |
| 1979   | 84.1  | 81.6  | 159.7 | 37.1  | 16.3 | 1.8  | 7.5  | 15.7 | 33.6 | 24.4  | 26.3  | 46.6  |
| 1980   | 34.9  | 42.4  | 65.0  | 29.3  | 6.9  | 15.1 | 3.2  | 5.6  | 2.3  | 130.4 | 111.0 | 106.7 |
| 1981   | 78.2  | 186.5 | 105.7 | 33.7  | 14.7 | 6.6  | 7.2  | 12.7 | 22.0 | 111.9 | 45.6  | 111.3 |
| 1982   | 71.7  | 102.9 | 75.7  | 88.7  | 38.2 | 7.8  | 2.1  | 6.6  | 43.9 | 124.8 | 67.3  | 87.4  |
| 1983   | 116.6 | 75.4  | 151.6 | 105.7 | 31.1 | 10.1 | 9.6  | 2.7  | 19.2 | 86.9  | 28.1  | 118.4 |
| 1984   | 24.7  | 233.6 | 123.8 | 80.0  | 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 | 0.4  | 4.8  | 18.3 | 37.3 | 50.0  | 23.9  | 40.3  |
| 1986   | 84.4  | 47.7  | 96.8  | 120.2 | 16.2 | 0.6  | 1.2  | 14.6 | 1.2  | 43.6  | 66.2  | 51.8  |
| 1987   | 98.2  | 95.2  | 39.2  | 52.2  | 11.1 | 4.0  | 10.8 | 12.3 | 39.5 | 37.2  | 74.3  | 60.5  |
| 1988   | 109.7 | 105.5 | 44.8  | 95.6  | 10.6 | 5.4  | 0.0  | 32.9 | 69.4 | 65.2  | 63.4  | 73.6  |
| 1989   | 87.0  | 158.8 | 43.5  | 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  | 39.8 | 24.6 | 0.8  | 7.1  | 20.1 | 87.6  | 99.1  | 72.3  |
| 1991   | 43.8  | 90.0  | 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  | 10.0 | 40.8 | 64.0  | 32.0  | 34.1  |
| 1993   | 61.0  | 112.2 | 245.0 | 102.9 | 29.6 | 1.9  | 3.3  | 2.9  | 51.4 | 106.3 | 71.4  | 84.1  |
| 1994   | 116.9 | 103.1 | 170.2 | 144.9 | 29.8 | 11.1 | 5.5  | 9.7  | 31.8 | 69.8  | 60.8  | 65.9  |
| 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  | 124.0 | 121.0 | 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  | 17.0 | 15.4 | 0.2  | 0.0  | 27.4 | 50.8  | 111.9 | 129.4 |
| 1998   | 105.0 | 116.5 | 257.0 | 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  | 64.4  | 53.7 | 22.8 | 22.1 | 1.2  | 81.4 | 21.7  | 77.0  | 68.5  |
| 2000   | 46.0  | 161.1 | 126.3 | 77.3  | 40.5 | 15.6 | 2.1  | 13.4 | 56.6 | 9.9   | 44.5  | 122.3 |
| 2001   | 191.2 | 100.8 | 230.2 | 57.2  | 48.1 | 2.3  | 13.9 | 0.0  | 34.4 | 46.2  | 93.4  | 90.9  |
| 2002   | 27.0  | 60.8  | 133.1 | 77.2  | 23.0 | 8.8  | 10.7 | 3.4  | 14.6 | 90.3  | 99.9  | 86.1  |
| 2003   | 51.1  | 61.4  | 103.6 | 42.1  | 30.7 | 22.3 | 1.8  | 10.6 | 14.8 | 46.0  | 63.8  | 80.7  |
| 2004   | 36.1  | 56.9  | 44.5  | 42.4  | 2.1  | 18.8 | 29.4 | 19.0 | 63.4 | 92.6  | 123.7 | 102.0 |
| 2005   | 84.9  | 119.3 | 136.0 | 54.0  | 7.2  | 4.5  | 0.6  | 3.5  | 31.2 | 92.3  | 30.0  | 87.8  |
| 2006   | 83.2  | 101.6 | 199.3 | 77.6  | 7.7  | 23.9 | 1.8  | 6.1  | 33.6 | 12.7  | 60.4  | 81.7  |
| 2007   | 95.4  | 17.5  | 182.4 | 111.5 | 24.0 | 1.4  | 10.7 | 6.4  | 11.6 | 118.9 | 97.6  | 68.8  |
| 2008   | 80.2  | 133.3 | 118.4 | 99.1  | 22.7 | 15.4 | 2.3  | 11.7 | 34.7 | 96.5  | 72.2  | 34.4  |
| 2009   | 180.7 | 74.6  | 110.5 | 78.8  | 42.2 | 17.4 | 12.3 | 3.9  | 11.8 | 78.5  | 109.4 | 74.2  |
| 2010   | 49.5  | 112.9 | 154.0 | 88.4  | 17.9 | 4.6  | 2.2  | 1.3  | 1.8  | 28.7  | 23.5  | 59.2  |
| 2011   | 21.2  | 43.2  | 65.5  | 44.3  | 6.0  | 0.4  | 8.3  | 0.0  | 26.0 | 20.3  | 10.4  | 80.3  |
| 2012   | 105.5 | 104.9 | 96.1  | 46.3  | 35.8 | 0.7  | 0.0  | 0.0  | 19.1 | 49.2  | 44.9  | 21.2  |
| 2013   | 14.2  | 55.4  | 113.6 | 40.0  | 32.1 | 7.5  | 0.0  | 4.1  | 3.1  | 79.3  | 17.0  | 36.4  |
| 2014   | 57.6  | 35.6  | 95.9  | 35.9  | 29.2 | 5.3  | 1.9  | 3.8  | 28.5 | 26.6  | 45.9  | 116.8 |
| 2015   | 178.2 | 60.8  | 194.7 | 67.2  | 75.8 | 3.0  | 4.4  | 0.1  | 26.9 | 16.8  | 136.7 | 41.4  |
| 2016   | 83.3  | 85.3  | 119.0 | 58.5  | 7.0  | 1.6  | 2.1  | 16.1 | 23.4 | 61.7  | 14.5  | 63.8  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 12: Periodo de registro de la estación GRANJA PORCÓN (Estación Base)**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA GRANJA PORCÓN |       |       |       |       |       |      |      |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| AÑO  | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968   | 102.0 | 154.5 | 168.5 | 82.5  | 22.0  | 3.0  | 11.5 | 37.5  | 117.5 | 158.5 | 123.0 | 173.5 |
| 1969   | 79.5  | 176.5 | 183.0 | 167.5 | 18.5  | 64.0 | 5.5  | 15.0  | 42.0  | 105.0 | 208.0 | 182.5 |
| 1970   | 107.0 | 123.5 | 140.5 | 127.0 | 91.0  | 33.5 | 22.5 | 25.0  | 74.0  | 122.5 | 207.0 | 117.5 |
| 1971   | 140.0 | 130.5 | 476.5 | 153.5 | 117.5 | 65.0 | 72.0 | 37.5  | 76.0  | 220.5 | 163.0 | 166.0 |
| 1972   | 104.0 | 150.0 | 257.0 | 149.5 | 55.2  | 14.5 | 0.0  | 47.0  | 35.4  | 29.5  | 174.2 | 119.7 |
| 1973   | 186.3 | 103.0 | 203.0 | 198.3 | 62.0  | 70.6 | 33.9 | 124.4 | 139.4 | 22.0  | 173.9 | 121.3 |
| 1974   | 146.8 | 112.7 | 159.7 | 204.4 | 51.0  | 60.0 | 18.0 | 59.0  | 45.0  | 81.6  | 62.5  | 104.0 |
| 1975   | 108.1 | 23.3  | 175.2 | 224.7 | 61.9  | 32.5 | 3.0  | 53.5  | 16.0  | 117.0 | 91.0  | 20.0  |
| 1976   | 189.0 | 135.0 | 185.0 | 61.0  | 58.0  | 30.0 | 0.0  | 12.0  | 27.0  | 62.0  | 26.0  | 79.0  |
| 1977   | 197.0 | 236.0 | 175.0 | 100.5 | 29.5  | 13.5 | 6.5  | 2.0   | 62.5  | 96.5  | 149.5 | 85.0  |
| 1978   | 40.0  | 105.5 | 51.5  | 88.5  | 88.2  | 0.0  | 25.8 | 0.0   | 66.9  | 70.4  | 191.0 | 189.5 |
| 1979   | 108.7 | 144.8 | 370.2 | 61.5  | 54.0  | 10.8 | 34.0 | 40.4  | 117.3 | 48.2  | 27.3  | 108.1 |
| 1980   | 70.0  | 37.3  | 166.9 | 69.6  | 73.6  | 11.8 | 0.0  | 5.7   | 2.2   | 247.2 | 221.1 | 161.0 |
| 1981   | 94.1  | 257.3 | 190.0 | 153.1 | 65.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 6.5   | 160.6 | 60.3  | 90.8  |
| 1982   | 56.8  | 19.2  | 72.2  | 32.6  | 34.2  | 7.2  | 7.3  | 0.0   | 35.7  | 33.2  | 19.9  | 57.4  |
| 1983   | 28.7  | 16.3  | 20.1  | 11.0  | 3.6   | 4.3  | 9.2  | 6.1   | 3.7   | 21.4  | 25.4  | 77.0  |
| 1984   | 14.8  | 93.7  | 15.5  | 134.0 | 0.0   | 0.0  | 60.0 | 19.7  | 28.3  | 18.9  | 19.1  | 22.9  |
| 1985   | 37.0  | 18.3  | 22.7  | 5.0   | 3.7   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.9   | 0.6   | 0.8   | 0.0   |
| 1986   | 155.0 | 41.0  | 6.0   | 74.2  | 106.6 | 9.6  | 0.0  | 50.0  | 10.9  | 33.0  | 51.8  | 133.2 |
| 1987   | 315.7 | 118.5 | 126.5 | 85.3  | 68.6  | 0.0  | 19.5 | 0.0   | 60.5  | 122.7 | 161.6 | 82.0  |
| 1988   | 307.5 | 176.9 | 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 | 85.0  | 89.9  | 18.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 46.5  | 77.0  | 51.5  | 0.0   |
| 1990   | 29.7  | 85.4  | 88.6  | 127.2 | 33.1  | 35.6 | 0.9  | 0.6   | 139.7 | 262.0 | 250.2 | 103.6 |
| 1991   | 94.7  | 355.5 | 509.6 | 248.6 | 287.0 | 6.3  | 0.0  | 0.0   | 78.7  | 157.6 | 221.5 | 250.1 |
| 1992   | 170.1 | 74.1  | 137.1 | 119.1 | 107.7 | 62.4 | 0.0  | 24.0  | 135.5 | 119.2 | 75.7  | 174.1 |
| 1993   | 147.6 | 190.6 | 374.3 | 437.8 | 102.7 | 19.8 | 0.0  | 18.4  | 82.6  | 137.5 | 206.2 | 452.6 |
| 1994   | 475.4 | 373.5 | 531.9 | 268.5 | 329.1 | 18.6 | 0.0  | 22.2  | 104.8 | 252.8 | 210.7 | 142.5 |
| 1995   | 139.7 | 228.8 | 217.7 | 127.8 | 112.7 | 12.6 | 51.8 | 48.9  | 54.9  | 96.5  | 125.9 | 243.9 |
| 1996   | 198.8 | 407.5 | 312.7 | 141.3 | 59.7  | 49.7 | 0.0  | 20.3  | 48.5  | 232.9 | 80.6  | 58.6  |
| 1997   | 186.9 | 190.3 | 123.2 | 260.0 | 81.0  | 18.5 | 39.0 | 9.9   | 80.5  | 169.2 | 301.6 | 305.1 |
| 1998   | 168.5 | 380.5 | 298.7 | 243.2 | 85.4  | 0.0  | 0.0  | 14.8  | 67.6  | 234.7 | 158.8 | 99.0  |
| 1999   | 210.3 | 494.2 | 253.5 | 126.0 | 166.7 | 53.9 | 20.3 | 6.4   | 228.3 | 65.3  | 138.6 | 166.4 |
| 2000   | 74.8  | 237.0 | 221.1 | 168.6 | 160.7 | 40.7 | 1.6  | 16.3  | 123.2 | 19.3  | 62.8  | 236.5 |
| 2001   | 341.1 | 227.7 | 419.2 | 92.6  | 88.7  | 17.6 | 15.2 | 0.4   | 145.2 | 169.5 | 156.1 | 171.8 |
| 2002   | 76.2  | 188.8 | 390.1 | 159.0 | 38.1  | 27.8 | 15.2 | 2.6   | 53.3  | 202.1 | 226.5 | 243.0 |
| 2003   | 103.8 | 134.9 | 124.3 | 81.2  | 76.0  | 54.4 | 28.9 | 15.6  | 47.2  | 101.8 | 112.6 | 100.0 |
| 2004   | 70.3  | 230.4 | 168.2 | 82.4  | 75.4  | 11.7 | 41.0 | 19.1  | 84.8  | 147.0 | 168.0 | 240.9 |
| 2005   | 157.8 | 231.2 | 343.3 | 93.1  | 91.6  | 53.7 | 0.0  | 7.1   | 54.4  | 152.8 | 28.6  | 164.8 |
| 2006   | 145.5 | 188.1 | 345.7 | 184.7 | 62.8  | 62.0 | 5.1  | 15.7  | 116.2 | 39.8  | 158.5 | 183.6 |
| 2007   | 245.4 | 64.5  | 352.3 | 226.3 | 57.7  | 1.1  | 42.6 | 20.1  | 32.8  | 171.8 | 211.1 | 146.4 |
| 2008   | 190.6 | 291.2 | 252.4 | 150.3 | 76.0  | 73.3 | 16.0 | 11.0  | 110.9 | 182.6 | 127.3 | 66.4  |
| 2009   | 344.8 | 197.5 | 307.3 | 149.6 | 127.4 | 31.3 | 18.1 | 8.0   | 27.0  | 184.0 | 187.9 | 234.8 |
| 2010   | 108.0 | 169.7 | 275.7 | 163.5 | 83.1  | 39.4 | 44.3 | 33.6  | 31.2  | 82.7  | 96.5  | 182.6 |
| 2011   | 115.2 | 98.5  | 131.8 | 214.6 | 80.6  | 40.1 | 39.6 | 26.4  | 27.6  | 109.4 | 142.9 | 292.2 |
| 2012   | 315.9 | 325.5 | 199.3 | 176.1 | 60.6  | 17.3 | 0.8  | 45.8  | 33.7  | 137.3 | 202.9 | 67.6  |
| 2013   | 141.0 | 279.9 | 352.4 | 196.2 | 193.4 | 32.8 | 17.7 | 33.8  | 30.4  | 174.5 | 28.0  | 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 | 164.0 | 283.2 | 111.8 | 158.4 | 1.7  | 9.7  | 0.4   | 24.6  | 88.4  | 124.5 | 107.1 |
| 2016   | 166.3 | 134.3 | 162.2 | 138.4 | 36.8  | 1.1  | 0.0  | 43.4  | 149.2 | 39.9  | 173.8 | 156.6 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13: Periodo de registro de la estación MAQUI MAQUI (Estación Base):**

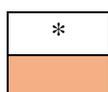
| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA MAQUI MAQUI |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| AÑO  | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968   | 88.4  | 146.5 | 148.9 | 65.1  | 26.1  | 5.6  | 13.9 | 21.7 | 90.4  | 113.7 | 75.5  | 238.2 |
| 1969   | 66.9  | 172.3 | 157.5 | 102.8 | 33.1  | 58.0 | 6.2  | 15.9 | 39.7  | 127.6 | 130.1 | 159.7 |
| 1970   | 109.6 | 103.5 | 154.6 | 84.5  | 63.4  | 24.0 | 12.9 | 6.6  | 40.8  | 233.2 | 104.0 | 114.3 |
| 1971   | 129.2 | 189.9 | 311.1 | 97.9  | 76.4  | 48.7 | 29.9 | 20.1 | 41.6  | 124.9 | 78.4  | 223.9 |
| 1972   | 102.5 | 153.9 | 200.9 | 92.7  | 36.9  | 14.1 | 2.9  | 18.3 | 71.9  | 63.8  | 146.0 | 111.1 |
| 1973   | 150.0 | 144.9 | 213.0 | 155.3 | 43.6  | 40.6 | 11.4 | 22.0 | 108.9 | 65.4  | 149.5 | 185.2 |
| 1974   | 77.9  | 196.5 | 154.9 | 115.2 | 34.3  | 32.8 | 13.1 | 28.2 | 36.4  | 107.2 | 91.2  | 172.7 |
| 1975   | 95.0  | 189.4 | 135.8 | 121.8 | 43.3  | 12.9 | 5.0  | 20.1 | 17.9  | 74.2  | 113.1 | 79.0  |
| 1976   | 155.8 | 130.2 | 150.8 | 78.7  | 66.2  | 21.9 | 7.1  | 9.4  | 15.4  | 62.8  | 64.1  | 107.0 |
| 1977   | 155.2 | 155.7 | 146.7 | 71.5  | 36.5  | 13.2 | 11.7 | 6.0  | 56.4  | 109.3 | 173.8 | 172.3 |
| 1978   | 59.0  | 88.4  | 84.3  | 71.4  | 54.7  | 11.4 | 16.7 | 7.0  | 49.5  | 55.4  | 151.2 | 126.2 |
| 1979   | 106.5 | 157.4 | 244.7 | 101.3 | 52.1  | 11.4 | 20.3 | 18.3 | 91.6  | 33.4  | 86.7  | 159.9 |
| 1980   | 69.9  | 79.0  | 162.1 | 51.8  | 66.5  | 5.7  | 4.4  | 13.2 | 22.0  | 284.9 | 197.0 | 106.9 |
| 1981   | 93.9  | 224.6 | 155.5 | 98.8  | 44.8  | 3.4  | 4.1  | 18.0 | 17.2  | 197.1 | 54.2  | 137.7 |
| 1982   | 108.3 | 152.7 | 133.7 | 128.7 | 36.2  | 19.7 | 10.7 | 11.4 | 105.6 | 137.4 | 212.4 | 164.6 |
| 1983   | 161.3 | 104.0 | 194.2 | 148.8 | 42.1  | 19.7 | 13.1 | 12.5 | 76.9  | 151.8 | 107.0 | 116.1 |
| 1984   | 88.9  | 278.3 | 157.2 | 106.3 | 50.1  | 31.2 | 7.4  | 23.4 | 45.1  | 199.7 | 169.9 | 187.2 |
| 1985   | 51.6  | 88.7  | 101.6 | 56.5  | 76.3  | 31.1 | 18.1 | 21.0 | 67.2  | 43.9  | 87.5  | 163.4 |
| 1986   | 90.8  | 102.8 | 127.3 | 133.4 | 79.9  | 18.5 | 7.2  | 19.6 | 15.0  | 89.1  | 130.0 | 156.3 |
| 1987   | 179.6 | 139.8 | 138.4 | 72.0  | 47.0  | 11.7 | 13.9 | 18.1 | 53.3  | 66.3  | 146.2 | 127.5 |
| 1988   | 145.3 | 159.5 | 132.4 | 113.6 | 21.7  | 9.4  | 6.2  | 7.3  | 28.4  | 87.1  | 138.3 | 184.2 |
| 1989   | 113.9 | 188.2 | 131.7 | 127.1 | 20.1  | 11.1 | 5.3  | 16.6 | 49.8  | 141.5 | 88.4  | 53.3  |
| 1990   | 65.1  | 111.7 | 128.5 | 64.9  | 24.1  | 28.7 | 10.2 | 10.9 | 100.2 | 210.1 | 178.4 | 140.6 |
| 1991   | 63.6  | 135.1 | 267.3 | 93.9  | 105.3 | 13.5 | 2.3  | 9.4  | 69.6  | 82.3  | 135.7 | 210.3 |
| 1992   | 124.7 | 92.5  | 149.3 | 82.5  | 38.3  | 56.8 | 5.9  | 16.9 | 99.5  | 186.3 | 95.8  | 200.3 |
| 1993   | 105.8 | 162.0 | 220.8 | 111.8 | 37.4  | 18.0 | 11.3 | 5.1  | 70.7  | 109.1 | 115.0 | 244.4 |
| 1994   | 160.7 | 224.6 | 173.5 | 152.8 | 137.5 | 23.0 | 8.6  | 6.3  | 80.5  | 98.2  | 135.7 | 167.7 |
| 1995   | 20.6  | 145.0 | 154.6 | 84.5  | 72.5  | 14.2 | 3.9  | 3.6  | 22.2  | 70.4  | 156.2 | 168.9 |
| 1996   | 79.0  | 155.2 | 184.9 | 97.8  | 55.1  | 22.9 | 2.8  | 10.4 | 29.1  | 146.3 | 55.4  | 83.3  |
| 1997   | 94.2  | 125.2 | 74.9  | 63.5  | 25.1  | 9.4  | 6.1  | 2.3  | 25.9  | 89.7  | 136.4 | 118.6 |
| 1998   | 57.4  | 192.5 | 161.0 | 119.4 | 93.4  | 5.8  | 0.4  | 1.6  | 18.0  | 155.4 | 160.8 | 47.4  |
| 1999   | 162.4 | 315.2 | 137.4 | 69.6  | 101.4 | 93.2 | 17.0 | 7.2  | 123.6 | 58.0  | 110.2 | 238.0 |
| 2000   | 86.4  | 226.2 | 196.2 | 97.6  | 68.4  | 26.4 | 5.0  | 35.8 | 136.4 | 9.6   | 55.2  | 147.8 |
| 2001   | 243.2 | 148.8 | 257.4 | 99.6  | 65.4  | 6.8  | 12.8 | 3.4  | 72.0  | 124.6 | 170.4 | 193.6 |
| 2002   | 53.0  | 106.6 | 193.0 | 168.6 | 35.2  | 15.8 | 18.4 | 3.3  | 40.8  | 195.6 | 134.0 | 207.2 |
| 2003   | 92.4  | 101.6 | 113.8 | 25.6  | 9.4   | 13.2 | 4.4  | 4.4  | 13.4  | 18.0  | 22.4  | 118.7 |
| 2004   | 95.7  | 67.1  | 110.0 | 71.5  | 21.6  | 7.4  | 22.1 | 8.7  | 55.6  | 115.6 | 187.0 | 203.0 |
| 2005   | 116.3 | 140.2 | 325.7 | 122.9 | 30.5  | 17.5 | 11.4 | 17.8 | 36.8  | 292.4 | 73.9  | 229.4 |
| 2006   | 91.4  | 257.3 | 270.8 | 122.4 | 21.6  | 58.7 | 9.7  | 22.6 | 33.0  | 140.0 | 168.9 | 276.6 |
| 2007   | 120.1 | 72.4  | 236.2 | 137.4 | 67.3  | 6.3  | 51.0 | 37.1 | 33.2  | 234.0 | 194.8 | 108.2 |
| 2008   | 138.2 | 250.9 | 167.9 | 102.9 | 73.1  | 29.0 | 14.0 | 41.1 | 90.2  | 154.2 | 134.6 | 124.9 |
| 2009   | 263.7 | 173.7 | 256.3 | 198.4 | 134.6 | 74.4 | 24.9 | 38.3 | 44.9  | 181.6 | 200.4 | 170.1 |
| 2010   | 74.7  | 147.6 | 241.3 | 113.3 | 109.7 | 22.1 | 16.8 | 4.8  | 27.7  | 119.6 | 267.7 | 221.7 |
| 2011   | 118.6 | 161.0 | 251.0 | 218.9 | 28.9  | 13.2 | 8.9  | 6.6  | 74.6  | 73.1  | 149.3 | 191.8 |
| 2012   | 367.5 | 295.9 | 134.4 | 116.8 | 50.8  | 7.9  | 0.0  | 10.7 | 3.8   | 217.9 | 311.4 | 71.6  |
| 2013   | 96.8  | 144.0 | 172.7 | 76.5  | 162.6 | 9.9  | 26.7 | 43.9 | 12.2  | 149.1 | 80.0  | 161.0 |
| 2014   | 90.4  | 177.0 | 219.7 | 63.8  | 80.8  | 13.0 | 3.3  | 9.7  | 42.6  | 73.2  | 137.8 | 202.2 |
| 2015   | 308.5 | 131.1 | 239.0 | 110.0 | 124.5 | 9.9  | 11.1 | 12.9 | 47.0  | 52.3  | 140.7 | 157.4 |
| 2016   | 129.1 | 130.1 | 159.5 | 96.6  | 21.1  | 2.2  | 2.0  | 29.1 | 80.7  | 79.5  | 104.4 | 155.8 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14: Periodo de registro de la estación - Huacátaz**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA HUACATAZ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1998  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1999  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2000  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2001  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2002  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2003  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2004  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2005  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2006  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2007  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2008  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Fuente: Elaboración propia**



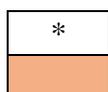
Meses con registro

Meses sin registro

**Tabla 15: Periodo de registro de la estación - Magdalena**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA MAGDALENA |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1998   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1999   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2000   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2001   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2002   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2003   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2004   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2005   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2006   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2007   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2008   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2009   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2010   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2011   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2012   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Fuente: Elaboración propia**



Meses con registro  
Meses sin registro

**Tabla 16: Periodo de registro de la estación - Negritos**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA NEGRITOS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1998  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1999  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2000  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2001  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2002  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2003  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2004  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2005  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2006  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2007  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2008  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Fuente: Elaboración propia**



Meses con registro

Meses sin registro

**Tabla 17: Periodo de registro de la estación - Porcón I**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORCÓN I |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1998  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1999  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2000  | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2001  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2002  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2003  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2004  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2005  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Fuente: Elaboración propia**

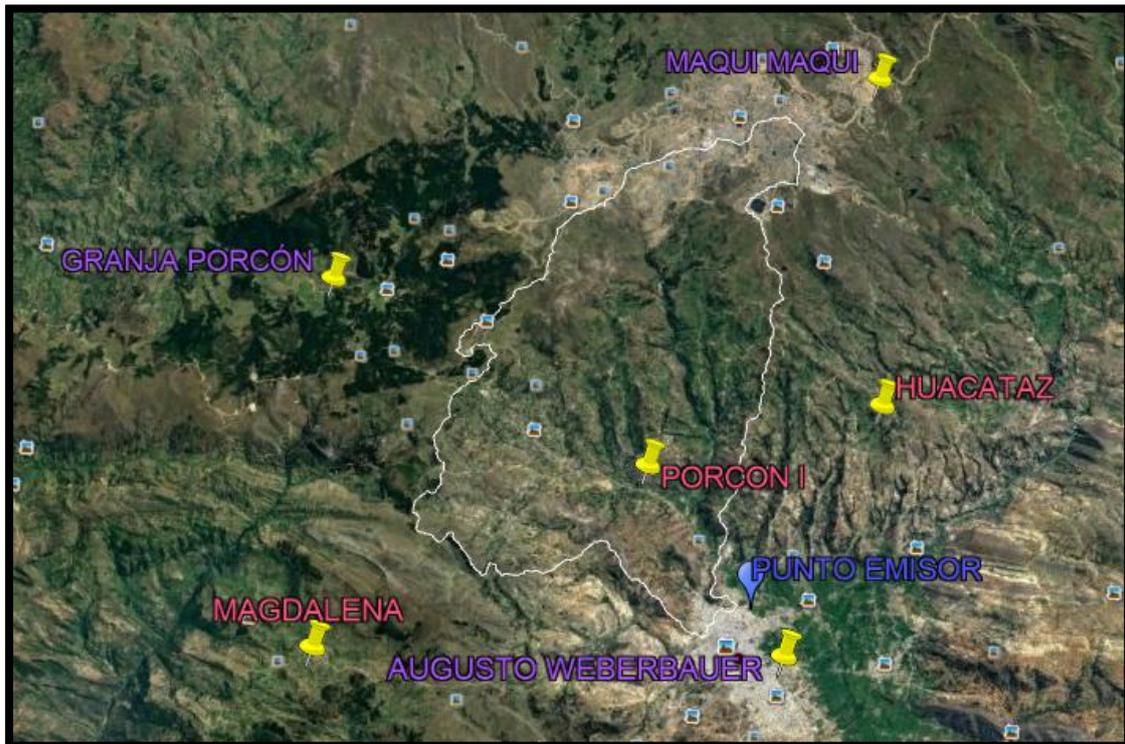


Meses con registro

Meses sin registro

## Completación y extensión de la información meteorológica

Se ha escogido como estaciones base a la estación Augusto Weberbauer, Maqui Maqui y Granja Porcón con las que se ha completado algunos datos faltantes y se ha extendido los valores de precipitación, alcanzando una data de 49 años; esta extensión se ha realizado para las estaciones de Negritos, Magdalena, Porcón I y finalmente la estación Huacataz.



**Figura 16: Distribución espacial de las estaciones metereológicas seleccionadas**

**Fuente: Elaboración propia**

En toda serie hidrológica existen datos faltantes y por este motivo la serie no deja de ser confiable; los resultados del método utilizado para la completación y extensión de la información se resúmen en las tablas (18,19,20,21).

**Tabla 18: Precipitación total mensual (mm) - Estación HUACATAZ**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA HUACATAZ |       |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| AÑO   | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968  | 80.9  | 87.5  | 127.2 | 51.6  | 27.4  | 8.9  | 6.6  | 32.3 | 48.0 | 74.8  | 117.5 | 129.5 |
| 1969  | 54.6  | 77.7  | 152.9 | 92.5  | 16.1  | 17.2 | 4.9  | 17.9 | 44.3 | 83.1  | 137.9 | 181.3 |
| 1970  | 87.0  | 43.1  | 133.7 | 86.5  | 49.6  | 14.6 | 8.3  | 5.4  | 34.8 | 148.4 | 120.9 | 99.6  |
| 1971  | 67.0  | 122.1 | 327.9 | 72.3  | 21.5  | 11.8 | 17.6 | 26.9 | 41.5 | 90.3  | 101.8 | 98.7  |
| 1972  | 69.5  | 92.6  | 143.5 | 91.4  | 21.4  | 10.9 | 6.2  | 33.8 | 38.7 | 75.0  | 128.5 | 113.4 |
| 1973  | 128.7 | 97.4  | 156.8 | 104.8 | 26.0  | 22.4 | 9.8  | 26.9 | 63.5 | 73.9  | 128.7 | 96.7  |
| 1974  | 91.2  | 172.6 | 160.5 | 83.2  | 12.2  | 17.3 | 10.9 | 42.3 | 91.3 | 87.6  | 46.3  | 111.8 |
| 1975  | 133.4 | 179.4 | 194.8 | 100.2 | 63.8  | 7.7  | 9.5  | 28.9 | 53.6 | 70.5  | 108.9 | 34.2  |
| 1976  | 172.6 | 93.6  | 141.9 | 57.4  | 57.3  | 16.9 | 1.4  | 4.9  | 20.8 | 75.3  | 49.0  | 72.4  |
| 1977  | 226.2 | 184.9 | 179.3 | 55.3  | 96.4  | 12.0 | 11.4 | 2.2  | 22.2 | 68.8  | 70.5  | 81.5  |
| 1978  | 28.1  | 68.8  | 93.5  | 81.7  | 75.1  | 8.4  | 15.2 | 3.1  | 27.2 | 59.9  | 89.4  | 62.3  |
| 1979  | 88.0  | 102.8 | 209.2 | 60.9  | 25.6  | 0.1  | 17.1 | 31.9 | 48.8 | 14.2  | 33.2  | 54.6  |
| 1980  | 53.0  | 48.8  | 97.1  | 48.2  | 10.2  | 9.0  | 1.3  | 8.5  | 15.3 | 147.6 | 201.4 | 81.5  |
| 1981  | 72.3  | 222.6 | 86.8  | 46.3  | 25.6  | 27.3 | 15.4 | 9.6  | 10.0 | 95.3  | 101.4 | 113.7 |
| 1982  | 77.0  | 101.9 | 113.2 | 69.1  | 32.0  | 11.4 | 1.4  | 0.2  | 74.6 | 162.8 | 91.1  | 170.5 |
| 1983  | 134.3 | 51.0  | 196.0 | 159.3 | 33.4  | 9.2  | 5.9  | 3.2  | 28.6 | 84.3  | 76.8  | 143.1 |
| 1984  | 72.2  | 332.8 | 168.6 | 115.2 | 85.4  | 21.1 | 15.8 | 29.8 | 39.9 | 124.6 | 92.8  | 90.8  |
| 1985  | 80.9  | 48.9  | 59.4  | 60.3  | 43.9  | 0.7  | 3.0  | 23.5 | 60.9 | 76.4  | 58.0  | 113.1 |
| 1986  | 108.9 | 89.6  | 87.6  | 91.2  | 28.1  | 0.2  | 2.5  | 30.8 | 9.9  | 124.6 | 92.8  | 90.8  |
| 1987  | 144.4 | 95.5  | 74.5  | 97.3  | 32.3  | 4.7  | 14.1 | 26.7 | 62.3 | 77.0  | 86.8  | 72.1  |
| 1988  | 131.1 | 124.6 | 107.0 | 110.2 | 26.7  | 6.8  | 4.7  | 2.4  | 45.0 | 80.0  | 82.8  | 119.2 |
| 1989  | 120.5 | 181.6 | 138.1 | 109.2 | 23.0  | 12.6 | 5.9  | 8.8  | 46.7 | 82.8  | 76.5  | 81.1  |
| 1990  | 134.3 | 91.3  | 126.0 | 52.1  | 39.4  | 21.1 | 6.6  | 11.2 | 28.6 | 137.6 | 140.3 | 112.4 |
| 1991  | 67.4  | 100.2 | 132.8 | 72.5  | 22.7  | 8.3  | 5.3  | 1.4  | 58.2 | 79.7  | 143.2 | 124.5 |
| 1992  | 66.0  | 45.4  | 119.6 | 49.1  | 31.5  | 15.6 | 9.6  | 21.4 | 35.1 | 104.5 | 70.6  | 79.2  |
| 1993  | 84.9  | 117.9 | 240.3 | 114.5 | 34.6  | 4.3  | 9.8  | 3.3  | 69.2 | 93.5  | 150.5 | 135.9 |
| 1994  | 139.5 | 114.2 | 160.1 | 163.3 | 36.7  | 9.8  | 2.4  | 1.4  | 34.1 | 63.7  | 133.0 | 170.6 |
| 1995  | 66.7  | 123.4 | 147.1 | 86.5  | 36.2  | 10.2 | 13.1 | 14.0 | 37.7 | 82.4  | 91.4  | 131.8 |
| 1996  | 89.7  | 125.9 | 147.4 | 92.9  | 26.3  | 9.0  | 5.8  | 22.6 | 37.6 | 81.9  | 70.2  | 87.0  |
| 1997  | 87.8  | 167.5 | 50.2  | 72.4  | 29.0  | 16.9 | 5.8  | 1.6  | 43.8 | 111.1 | 192.4 | 157.6 |
| 1998  | 120.5 | 135.1 | 263.0 | 108.7 | 22.6  | 8.5  | 5.3  | 8.6  | 28.1 | 121.3 | 122.1 | 80.7  |
| 1999  | 138.5 | 265.5 | 129.2 | 97.8  | 62.5  | 17.0 | 20.1 | 0.6  | 82.5 | 64.8  | 109.0 | 99.9  |
| 2000  | 67.5  | 182.2 | 122.1 | 105.9 | 55.2  | 14.3 | 3.3  | 17.7 | 75.3 | 61.0  | 80.2  | 153.4 |
| 2001  | 225.6 | 105.2 | 226.9 | 89.2  | 58.5  | 5.8  | 10.3 | 4.1  | 30.3 | 94.4  | 103.6 | 110.6 |
| 2002  | 36.8  | 83.6  | 133.1 | 103.7 | 37.6  | 6.5  | 10.5 | 9.2  | 68.7 | 110.0 | 164.3 | 120.1 |
| 2003  | 61.9  | 91.9  | 91.7  | 56.5  | 31.9  | 19.1 | 2.9  | 18.3 | 26.2 | 82.1  | 119.4 | 132.3 |
| 2004  | 97.8  | 129.5 | 133.7 | 76.0  | 41.0  | 11.4 | 9.2  | 7.9  | 32.8 | 93.0  | 104.6 | 131.8 |
| 2005  | 132.1 | 107.3 | 146.9 | 86.5  | 45.8  | 11.1 | 7.6  | 18.3 | 25.2 | 131.6 | 50.4  | 158.8 |
| 2006  | 99.8  | 105.9 | 173.0 | 89.9  | 19.0  | 20.2 | 8.2  | 9.9  | 61.4 | 87.6  | 101.5 | 139.0 |
| 2007  | 125.7 | 79.4  | 139.0 | 111.5 | 32.1  | 5.5  | 10.1 | 18.3 | 39.9 | 108.1 | 155.5 | 93.2  |
| 2008  | 116.7 | 229.3 | 223.7 | 91.2  | 17.5  | 3.6  | 0.7  | 2.8  | 28.0 | 115.2 | 101.6 | 71.3  |
| 2009  | 231.1 | 148.2 | 271.4 | 106.3 | 31.2  | 4.1  | 1.4  | 2.1  | 10.3 | 115.0 | 151.8 | 144.5 |
| 2010  | 66.9  | 153.0 | 284.0 | 91.9  | 21.0  | 1.9  | 1.3  | 1.3  | 6.6  | 58.7  | 110.8 | 140.8 |
| 2011  | 68.0  | 102.0 | 185.6 | 109.8 | 10.4  | 1.4  | 1.2  | 1.1  | 16.7 | 48.5  | 80.4  | 167.8 |
| 2012  | 220.1 | 237.9 | 179.1 | 78.7  | 16.1  | 0.7  | 0.0  | 1.9  | 7.3  | 103.1 | 157.3 | 48.5  |
| 2013  | 64.2  | 149.0 | 253.4 | 70.2  | 37.7  | 1.5  | 0.9  | 3.1  | 4.9  | 105.2 | 37.6  | 125.1 |
| 2014  | 81.4  | 122.7 | 226.9 | 48.5  | 19.6  | 0.8  | 0.3  | 1.0  | 16.8 | 48.8  | 82.0  | 169.6 |
| 2015  | 247.6 | 118.1 | 311.9 | 73.4  | 38.2  | 0.5  | 0.6  | 0.5  | 13.2 | 37.7  | 133.1 | 94.3  |
| 2016  | 110.3 | 123.4 | 192.7 | 71.6  | 6.3   | 0.2  | 0.1  | 3.6  | 28.2 | 53.7  | 76.0  | 116.6 |
| Promedio  | 107.5 | 126.0 | 162.5 | 86.0  | 34.6  | 9.8  | 7.0  | 12.4 | 38.3 | 89.2  | 104.6 | 112.4 |
| DESV EST  | 43.7  | 59.8  | 54.7  | 27.1  | 19.2  | 6.3  | 4.9  | 11.6 | 19.7 | 28.7  | 38.0  | 33.6  |
| MIN   | 28.10 | 43.10 | 50.20 | 46.30 | 10.20 | 0.10 | 1.30 | 0.20 | 9.90 | 14.20 | 33.20 | 34.20 |
| MAX   | 226.2 | 332.8 | 327.9 | 163.3 | 96.4  | 27.3 | 20.1 | 42.3 | 91.3 | 162.8 | 201.4 | 181.3 |

Fuente: Elaboración propia

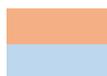


Información  
Extendida

**Tabla 19: Precipitación total mensual (mm) - Estación MAGDALENA**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA MAGDALENA |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| AÑO  | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC   |
| 1968   | 47.4  | 16.9  | 238.4 | 25.1  | 2.3   | 0.1  | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 41.2 | 19.3 | 39.1  |
| 1969   | 35.0  | 16.8  | 265.8 | 64.9  | 1.1   | 1.4  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 34.5 | 31.7 | 61.1  |
| 1970   | 55.6  | 11.6  | 241.4 | 44.4  | 5.3   | 1.2  | 0.0  | 0.2  | 0.0  | 51.7 | 22.8 | 31.0  |
| 1971   | 53.0  | 17.9  | 652.9 | 47.9  | 3.7   | 1.1  | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 55.2 | 19.8 | 37.5  |
| 1972   | 46.2  | 15.3  | 339.6 | 58.0  | 3.3   | 0.4  | 0.0  | 0.6  | 0.0  | 17.2 | 23.7 | 30.3  |
| 1973   | 80.8  | 14.1  | 285.9 | 75.8  | 4.0   | 1.9  | 0.0  | 0.9  | 0.0  | 29.5 | 23.8 | 35.8  |
| 1974   | 56.5  | 21.1  | 268.3 | 56.2  | 2.1   | 1.3  | 0.0  | 0.7  | 0.0  | 36.2 | 16.4 | 35.3  |
| 1975   | 68.8  | 21.0  | 414.7 | 64.2  | 7.4   | 0.8  | 0.0  | 0.6  | 0.0  | 42.8 | 19.5 | 16.9  |
| 1976   | 101.5 | 14.3  | 263.8 | 31.8  | 5.4   | 1.3  | 0.0  | 0.2  | 0.0  | 20.2 | 17.5 | 25.9  |
| 1977   | 102.3 | 26.6  | 338.5 | 35.3  | 3.3   | 0.5  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 31.1 | 20.6 | 31.9  |
| 1978   | 0.0   | 66.0  | 43.3  | 10.1  | 27.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 10.8 | 0.4  | 7.4  | 9.0   |
| 1979   | 24.4  | 104.8 | 121.5 | 10.0  | 8.5   | 0.0  | 2.5  | 3.9  | 3.5  | 0.0  | 4.3  | 0.0   |
| 1980   | 5.8   | 9.4   | 72.3  | 14.0  | 6.7   | 2.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 64.3 | 23.4 | 45.3  |
| 1981   | 43.4  | 151.4 | 58.5  | 1.2   | 6.7   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 25.1 | 2.8  | 9.8   |
| 1982   | 34.6  | 31.5  | 25.6  | 33.6  | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 19.3 | 21.1 | 42.3 | 29.8  |
| 1983   | 16.5  | 45.7  | 182.2 | 140.5 | 33.7  | 16.4 | 0.0  | 0.0  | 9.7  | 8.3  | 11.1 | 121.6 |
| 1984   | 14.3  | 291.6 | 33.0  | 63.9  | 100.8 | 0.0  | 0.0  | 8.5  | 0.0  | 30.1 | 21.4 | 35.7  |
| 1985   | 18.9  | 8.3   | 131.2 | 22.9  | 5.1   | 0.1  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 21.6 | 8.6  | 19.1  |
| 1986   | 70.1  | 9.6   | 201.4 | 70.2  | 4.2   | 0.2  | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 22.0 | 17.9 | 31.6  |
| 1987   | 25.7  | 57.0  | 8.0   | 16.6  | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 11.0 | 4.0  | 5.0  | 9.8  | 0.0   |
| 1988   | 59.0  | 25.5  | 35.0  | 69.5  | 0.0   | 0.4  | 0.0  | 0.0  | 3.0  | 13.6 | 17.4 | 18.0  |
| 1989   | 32.5  | 64.6  | 23.0  | 38.0  | 1.7   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   |
| 1990   | 13.0  | 17.6  | 29.7  | 10.6  | 6.6   | 3.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 4.4  | 11.8 | 9.8   |
| 1991   | 3.6   | 13.6  | 21.6  | 45.4  | 2.2   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 14.3 | 33.0 | 25.4  |
| 1992   | 45.5  | 27.3  | 72.9  | 34.2  | 25.9  | 6.2  | 0.0  | 0.0  | 8.5  | 21.5 | 1.5  | 1.9   |
| 1993   | 51.6  | 91.7  | 208.9 | 82.4  | 19.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 8.3  | 45.9 | 23.7 | 44.7  |
| 1994   | 61.1  | 104.9 | 540.4 | 106.8 | 10.1  | 0.5  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 42.4 | 26.3 | 40.1  |
| 1995   | 36.8  | 73.8  | 129.0 | 53.1  | 5.7   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 7.1  | 2.7  | 18.7 | 50.6  |
| 1996   | 28.1  | 82.2  | 94.9  | 47.7  | 12.6  | 2.2  | 0.0  | 0.0  | 2.9  | 18.2 | 12.2 | 44.7  |
| 1997   | 65.3  | 103.4 | 123.2 | 61.4  | 1.6   | 3.7  | 0.0  | 0.5  | 6.3  | 17.3 | 8.8  | 0.0   |
| 1998   | 13.3  | 84.8  | 28.6  | 41.9  | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 47.9 | 33.6 | 80.8 | 144.0 |
| 1999   | 125.4 | 192.7 | 283.1 | 65.3  | 13.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 7.4  | 19.2 | 10.3 | 6.5   |
| 2000   | 76.0  | 185.4 | 40.5  | 57.1  | 40.9  | 20.6 | 5.3  | 0.0  | 31.2 | 7.1  | 21.5 | 38.2  |
| 2001   | 32.6  | 112.5 | 141.0 | 66.0  | 60.9  | 4.8  | 0.0  | 2.2  | 7.0  | 8.2  | 36.3 | 128.2 |
| 2002   | 128.8 | 56.1  | 261.1 | 56.7  | 23.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 13.4 | 13.3 | 41.7 | 36.6  |
| 2003   | 27.8  | 77.4  | 155.5 | 47.4  | 0.0   | 3.7  | 0.0  | 0.0  | 7.9  | 40.9 | 74.1 | 65.8  |
| 2004   | 27.3  | 56.1  | 87.6  | 24.2  | 22.8  | 4.2  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 1.7  | 19.3 | 39.7  |
| 2005   | 7.1   | 71.7  | 57.8  | 37.5  | 12.2  | 0.0  | 2.7  | 0.6  | 2.9  | 22.5 | 16.5 | 32.9  |
| 2006   | 59.9  | 29.7  | 135.2 | 18.1  | 0.8   | 0.8  | 0.0  | 0.0  | 6.3  | 14.3 | 6.2  | 29.3  |
| 2007   | 83.9  | 111.6 | 228.4 | 66.4  | 0.0   | 8.6  | 0.0  | 4.9  | 8.1  | 0.0  | 22.4 | 79.1  |
| 2008   | 66.4  | 15.3  | 217.7 | 59.1  | 9.8   | 4.1  | 0.0  | 2.2  | 0.0  | 40.3 | 22.2 | 34.9  |
| 2009   | 96.0  | 146.5 | 116.6 | 38.8  | 4.3   | 1.7  | 0.9  | 0.0  | 13.6 | 22.7 | 48.5 | 0.0   |
| 2010   | 166.0 | 109.9 | 136.9 | 34.6  | 17.5  | 8.2  | 7.4  | 0.9  | 0.0  | 38.4 | 27.6 | 35.2  |
| 2011   | 28.0  | 117.0 | 122.7 | 47.2  | 8.9   | 0.3  | 0.0  | 0.0  | 2.3  | 8.0  | 18.8 | 25.1  |
| 2012   | 143.9 | 30.4  | 267.4 | 53.6  | 4.2   | 0.3  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 45.1 | 33.3 | 15.3  |
| 2013   | 42.0  | 19.0  | 378.4 | 47.8  | 9.9   | 0.5  | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 46.0 | 8.0  | 39.4  |
| 2014   | 53.2  | 15.7  | 338.9 | 33.0  | 5.1   | 0.3  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 21.4 | 17.4 | 53.4  |
| 2015   | 161.9 | 15.1  | 465.8 | 49.9  | 10.0  | 0.2  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 16.5 | 28.2 | 29.7  |
| 2016   | 72.1  | 15.8  | 287.8 | 48.8  | 1.6   | 0.1  | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 23.5 | 16.1 | 36.7  |
| Promedio   | 55.3  | 61.6  | 188.1 | 47.5  | 11.5  | 2.1  | 0.4  | 0.9  | 4.8  | 23.7 | 21.8 | 35.8  |
| DESV EST   | 31.9  | 60.6  | 146.0 | 27.5  | 19.3  | 4.3  | 1.0  | 2.3  | 9.4  | 16.7 | 16.5 | 32.8  |
| MIN  | 0.00  | 8.27  | 8.00  | 1.20  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  |
| MAX  | 125.4 | 291.6 | 652.9 | 140.5 | 100.8 | 20.6 | 5.3  | 11.0 | 47.9 | 64.3 | 80.8 | 144.0 |

Fuente: Elaboración propia



Información Extendida  
Información Completada

**Tabla 20: Precipitación total mensual (mm) – Estación NEGRITOS**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA NEGRITOS |       |       |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| AÑO   | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968  | 80.9  | 87.5  | 127.2 | 51.6  | 27.4  | 8.9  | 6.6  | 32.3 | 48.0 | 74.8  | 117.5 | 129.5 |
| 1969  | 54.6  | 77.7  | 152.9 | 92.5  | 16.1  | 17.2 | 4.9  | 17.9 | 44.3 | 83.1  | 137.9 | 181.3 |
| 1970  | 87.0  | 43.1  | 133.7 | 86.5  | 49.6  | 14.6 | 8.3  | 5.4  | 34.8 | 148.4 | 120.9 | 99.6  |
| 1971  | 67.0  | 122.1 | 327.9 | 72.3  | 21.5  | 11.8 | 17.6 | 26.9 | 41.5 | 90.3  | 101.8 | 98.7  |
| 1972  | 69.5  | 92.6  | 143.5 | 91.4  | 21.4  | 10.9 | 6.2  | 33.8 | 38.7 | 75.0  | 128.5 | 113.4 |
| 1973  | 128.7 | 97.4  | 156.8 | 104.8 | 26.0  | 22.4 | 9.8  | 26.9 | 63.5 | 73.9  | 128.7 | 96.7  |
| 1974  | 91.2  | 172.6 | 160.5 | 83.2  | 12.2  | 17.3 | 10.9 | 42.3 | 91.3 | 87.6  | 46.3  | 111.8 |
| 1975  | 133.4 | 179.4 | 194.8 | 100.2 | 63.8  | 7.7  | 9.5  | 28.9 | 53.6 | 70.5  | 108.9 | 34.2  |
| 1976  | 172.6 | 93.6  | 141.9 | 57.4  | 57.3  | 16.9 | 1.4  | 4.9  | 20.8 | 75.3  | 49.0  | 72.4  |
| 1977  | 226.2 | 184.9 | 179.3 | 55.3  | 96.4  | 12.0 | 11.4 | 2.2  | 22.2 | 68.8  | 70.5  | 81.5  |
| 1978  | 28.1  | 68.8  | 93.5  | 81.7  | 75.1  | 8.4  | 15.2 | 3.1  | 27.2 | 59.9  | 89.4  | 62.3  |
| 1979  | 88.0  | 102.8 | 209.2 | 60.9  | 25.6  | 0.1  | 17.1 | 31.9 | 48.8 | 14.2  | 33.2  | 54.6  |
| 1980  | 53.0  | 48.8  | 97.1  | 48.2  | 10.2  | 9.0  | 1.3  | 8.5  | 15.3 | 147.6 | 201.4 | 81.5  |
| 1981  | 72.3  | 222.6 | 86.8  | 46.3  | 25.6  | 27.3 | 15.4 | 9.6  | 10.0 | 95.3  | 101.4 | 113.7 |
| 1982  | 77.0  | 101.9 | 113.2 | 69.1  | 32.0  | 11.4 | 1.4  | 0.2  | 74.6 | 162.8 | 91.1  | 170.5 |
| 1983  | 131.3 | 51.0  | 196.0 | 159.3 | 33.4  | 9.2  | 5.9  | 3.2  | 28.6 | 84.3  | 76.8  | 143.1 |
| 1984  | 72.2  | 332.8 | 168.6 | 115.2 | 85.4  | 21.1 | 15.8 | 29.8 | 39.9 | 124.6 | 92.8  | 90.8  |
| 1985  | 80.9  | 48.9  | 59.4  | 60.3  | 43.9  | 0.7  | 3.0  | 23.5 | 60.9 | 76.4  | 58.0  | 113.1 |
| 1986  | 108.9 | 89.6  | 87.6  | 91.2  | 28.1  | 0.2  | 2.5  | 30.8 | 9.9  | 124.6 | 92.8  | 90.8  |
| 1987  | 144.4 | 95.5  | 74.5  | 97.3  | 32.3  | 4.7  | 14.1 | 26.7 | 62.3 | 77.0  | 86.8  | 72.1  |
| 1988  | 131.1 | 124.6 | 107.0 | 110.2 | 26.7  | 6.8  | 4.7  | 2.4  | 45.0 | 80.0  | 82.8  | 119.2 |
| 1989  | 120.5 | 181.6 | 138.1 | 109.2 | 23.0  | 12.6 | 5.9  | 8.8  | 46.7 | 82.8  | 76.5  | 81.1  |
| 1990  | 134.3 | 91.3  | 126.0 | 52.1  | 39.4  | 21.1 | 6.6  | 11.2 | 28.6 | 137.6 | 140.3 | 112.4 |
| 1991  | 67.4  | 100.2 | 132.8 | 72.5  | 22.7  | 8.3  | 5.3  | 1.4  | 58.2 | 79.7  | 143.2 | 124.5 |
| 1992  | 66.0  | 45.4  | 119.6 | 49.1  | 31.5  | 15.6 | 9.6  | 21.4 | 35.1 | 104.5 | 70.6  | 79.2  |
| 1993  | 84.9  | 117.9 | 240.3 | 114.5 | 34.6  | 4.3  | 9.8  | 3.3  | 69.2 | 93.5  | 150.5 | 135.9 |
| 1994  | 139.5 | 114.2 | 160.1 | 163.3 | 36.7  | 9.8  | 2.4  | 1.4  | 34.1 | 63.7  | 133.0 | 170.6 |
| 1995  | 66.7  | 123.4 | 147.1 | 86.5  | 36.2  | 10.2 | 13.1 | 14.0 | 37.7 | 82.4  | 91.4  | 131.8 |
| 1996  | 89.7  | 125.9 | 147.4 | 92.9  | 26.3  | 9.0  | 5.8  | 22.6 | 37.6 | 81.9  | 70.2  | 87.0  |
| 1997  | 87.8  | 167.5 | 50.2  | 72.4  | 29.0  | 16.9 | 5.8  | 1.6  | 43.8 | 111.1 | 192.4 | 157.6 |
| 1998  | 120.5 | 135.1 | 263.0 | 108.7 | 22.6  | 8.5  | 5.3  | 8.6  | 28.1 | 121.3 | 122.1 | 80.7  |
| 1999  | 138.5 | 265.5 | 129.2 | 97.8  | 62.5  | 17.0 | 20.1 | 0.6  | 82.5 | 64.8  | 109.0 | 99.9  |
| 2000  | 67.5  | 182.2 | 122.1 | 105.9 | 55.2  | 14.3 | 3.3  | 17.7 | 75.3 | 61.0  | 80.2  | 153.4 |
| 2001  | 225.6 | 105.2 | 226.9 | 89.2  | 58.5  | 5.8  | 10.3 | 4.1  | 30.3 | 94.4  | 103.6 | 110.6 |
| 2002  | 36.8  | 83.6  | 133.1 | 103.7 | 37.6  | 6.5  | 10.5 | 9.2  | 68.7 | 110.0 | 164.3 | 120.1 |
| 2003  | 61.9  | 91.9  | 91.7  | 56.5  | 31.9  | 19.1 | 2.9  | 18.3 | 26.2 | 82.1  | 119.4 | 132.3 |
| 2004  | 97.8  | 129.5 | 133.7 | 76.0  | 41.0  | 11.4 | 9.2  | 7.9  | 32.8 | 93.0  | 104.6 | 131.8 |
| 2005  | 132.1 | 107.3 | 146.9 | 86.5  | 45.8  | 11.1 | 7.6  | 18.3 | 25.2 | 131.6 | 50.4  | 158.8 |
| 2006  | 99.8  | 105.9 | 173.0 | 89.9  | 19.0  | 20.2 | 8.2  | 9.9  | 61.4 | 87.6  | 101.5 | 139.0 |
| 2007  | 125.7 | 79.4  | 139.0 | 111.5 | 32.1  | 5.5  | 10.1 | 18.3 | 39.9 | 108.1 | 155.5 | 93.2  |
| 2008  | 125.4 | 216.7 | 232.9 | 121.2 | 33.7  | 5.1  | 1.1  | 5.3  | 35.2 | 141.9 | 107.3 | 84.9  |
| 2009  | 248.4 | 140.1 | 282.6 | 141.3 | 60.3  | 5.8  | 2.2  | 3.9  | 12.9 | 141.8 | 160.2 | 172.1 |
| 2010  | 71.9  | 144.6 | 295.7 | 122.2 | 40.7  | 2.8  | 2.0  | 2.5  | 8.3  | 72.4  | 117.0 | 167.6 |
| 2011  | 73.1  | 96.4  | 193.3 | 145.9 | 20.1  | 2.1  | 2.0  | 2.1  | 21.0 | 59.8  | 84.8  | 199.8 |
| 2012  | 236.5 | 224.8 | 186.5 | 104.7 | 31.1  | 1.0  | 0.0  | 3.5  | 9.2  | 127.1 | 166.0 | 57.8  |
| 2013  | 69.0  | 140.8 | 263.9 | 93.4  | 72.8  | 2.2  | 1.5  | 5.9  | 6.2  | 129.6 | 39.7  | 148.9 |
| 2014  | 87.5  | 115.9 | 236.3 | 64.4  | 37.9  | 1.2  | 0.5  | 1.8  | 21.2 | 60.2  | 86.5  | 201.9 |
| 2015  | 266.0 | 111.6 | 324.8 | 97.6  | 73.9  | 0.7  | 1.0  | 1.0  | 16.7 | 46.4  | 140.5 | 112.3 |
| 2016  | 118.5 | 116.6 | 200.7 | 95.2  | 12.2  | 0.3  | 0.2  | 6.8  | 35.4 | 66.2  | 80.2  | 138.8 |
| Promedio  | 109.3 | 124.5 | 164.2 | 91.0  | 38.3  | 9.9  | 7.0  | 12.7 | 39.0 | 92.5  | 105.7 | 116.6 |
| DESVEST   | 43.7  | 59.8  | 54.7  | 27.1  | 19.2  | 6.3  | 4.9  | 11.6 | 19.7 | 28.7  | 38.0  | 33.6  |
| MIN   | 28.10 | 43.10 | 50.20 | 46.30 | 10.20 | 0.10 | 1.30 | 0.20 | 9.90 | 14.20 | 33.20 | 34.20 |
| MAX   | 226.2 | 332.8 | 327.9 | 163.3 | 96.4  | 27.3 | 20.1 | 42.3 | 91.3 | 162.8 | 201.4 | 181.3 |

Fuente: Elaboración propia



Información  
Extendida

**Tabla 21: Precipitación total mensual (mm) – Estación PORCÓN I**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)- ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORCON I |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| AÑO   | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | AGO  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| 1968  | 122.9 | 146.0 | 108.8 | 167.9 | 29.9  | 33.3 | 1.7  | 31.4 | 105.1 | 111.3 | 168.7 | 114.0 |
| 1969  | 92.2  | 136.1 | 144.5 | 139.6 | 11.2  | 23.2 | 0.0  | 30.2 | 49.4  | 124.7 | 124.8 | 202.9 |
| 1970  | 147.8 | 93.0  | 187.6 | 163.5 | 56.3  | 20.5 | 3.9  | 14.5 | 49.0  | 166.5 | 164.9 | 97.7  |
| 1971  | 123.6 | 168.7 | 162.8 | 151.9 | 20.3  | 32.6 | 24.0 | 22.5 | 66.5  | 135.5 | 175.1 | 109.8 |
| 1972  | 118.1 | 127.9 | 92.7  | 121.7 | 34.4  | 16.2 | 4.2  | 27.9 | 73.2  | 159.3 | 152.7 | 93.9  |
| 1973  | 194.4 | 132.1 | 192.8 | 110.3 | 48.1  | 18.9 | 11.2 | 22.3 | 170.6 | 152.3 | 162.5 | 115.4 |
| 1974  | 132.3 | 210.1 | 114.4 | 117.6 | 13.2  | 27.2 | 7.0  | 12.6 | 102.1 | 92.8  | 119.3 | 114.2 |
| 1975  | 297.8 | 231.7 | 86.9  | 124.9 | 115.2 | 28.9 | 23.3 | 32.5 | 78.9  | 160.8 | 157.0 | 77.6  |
| 1976  | 283.8 | 167.2 | 157.4 | 117.0 | 103.4 | 37.0 | 8.1  | 18.2 | 49.4  | 104.6 | 139.0 | 110.2 |
| 1977  | 170.9 | 200.2 | 117.0 | 121.7 | 72.0  | 13.8 | 17.5 | 23.6 | 69.9  | 98.4  | 99.5  | 107.1 |
| 1978  | 45.2  | 96.9  | 95.5  | 148.9 | 116.5 | 10.2 | 10.8 | 26.7 | 67.0  | 158.1 | 130.4 | 96.5  |
| 1979  | 166.6 | 103.0 | 190.5 | 171.2 | 57.7  | 39.2 | 15.8 | 38.8 | 137.5 | 120.5 | 144.4 | 80.1  |
| 1980  | 123.5 | 105.8 | 154.2 | 121.5 | 40.2  | 15.2 | 3.4  | 33.3 | 53.1  | 168.9 | 127.5 | 136.3 |
| 1981  | 115.0 | 224.1 | 192.1 | 170.1 | 48.3  | 28.6 | 10.8 | 28.7 | 37.7  | 177.3 | 118.7 | 168.2 |
| 1982  | 122.4 | 169.1 | 113.2 | 106.5 | 84.6  | 26.6 | 5.6  | 24.3 | 91.6  | 156.6 | 160.1 | 166.4 |
| 1983  | 153.7 | 158.8 | 125.4 | 131.6 | 60.5  | 22.0 | 9.8  | 18.2 | 64.3  | 99.9  | 92.7  | 202.4 |
| 1984  | 38.9  | 386.2 | 159.6 | 166.1 | 124.0 | 29.9 | 44.6 | 28.1 | 53.9  | 224.4 | 115.9 | 187.6 |
| 1985  | 56.4  | 138.0 | 65.2  | 104.5 | 118.4 | 2.9  | 0.4  | 28.4 | 84.1  | 54.6  | 52.4  | 141.3 |
| 1986  | 247.4 | 96.0  | 205.7 | 165.5 | 62.6  | 0.0  | 1.4  | 60.3 | 9.9   | 116.3 | 133.7 | 117.3 |
| 1987  | 197.8 | 104.6 | 138.8 | 126.7 | 53.8  | 7.8  | 22.0 | 28.1 | 80.9  | 99.5  | 139.5 | 88.8  |
| 1988  | 241.8 | 159.7 | 59.4  | 218.3 | 36.8  | 31.7 | 4.9  | 7.4  | 72.3  | 134.6 | 122.2 | 116.2 |
| 1989  | 297.5 | 243.6 | 184.8 | 167.7 | 31.9  | 39.2 | 4.3  | 29.9 | 103.3 | 199.5 | 146.0 | 6.3   |
| 1990  | 231.7 | 168.0 | 75.7  | 84.7  | 59.5  | 65.4 | 16.3 | 8.3  | 37.5  | 178.1 | 209.2 | 51.1  |
| 1991  | 89.9  | 187.5 | 219.0 | 149.5 | 8.9   | 21.2 | 10.9 | 26.2 | 62.3  | 108.5 | 162.7 | 171.3 |
| 1992  | 121.4 | 83.8  | 166.2 | 105.9 | 92.6  | 27.9 | 9.5  | 30.1 | 85.8  | 183.9 | 172.1 | 165.2 |
| 1993  | 73.1  | 42.2  | 292.0 | 158.8 | 51.8  | 5.8  | 12.9 | 6.4  | 115.5 | 197.2 | 160.8 | 230.3 |
| 1994  | 201.0 | 190.8 | 245.8 | 223.4 | 60.9  | 9.0  | 18.0 | 2.5  | 37.2  | 46.7  | 127.8 | 154.0 |
| 1995  | 182.2 | 324.0 | 115.2 | 77.6  | 75.2  | 33.5 | 70.6 | 55.7 | 83.0  | 70.2  | 89.7  | 85.3  |
| 1996  | 89.7  | 93.4  | 105.5 | 101.7 | 83.0  | 88.9 | 29.6 | 64.1 | 72.8  | 59.7  | 58.6  | 61.2  |
| 1997  | 110.5 | 278.1 | 76.5  | 154.2 | 59.9  | 53.2 | 53.7 | 29.0 | 107.1 | 87.2  | 105.8 | 123.1 |
| 1998  | 252.5 | 278.1 | 253.4 | 106.0 | 77.5  | 38.1 | 29.3 | 83.8 | 49.5  | 107.1 | 36.9  | 59.7  |
| 1999  | 194.5 | 342.9 | 134.0 | 140.0 | 99.4  | 31.1 | 35.9 | 26.7 | 150.6 | 101.8 | 134.8 | 120.8 |
| 2000  | 105.8 | 244.4 | 150.2 | 144.8 | 80.6  | 28.6 | 10.8 | 29.8 | 113.9 | 94.1  | 125.1 | 175.2 |
| 2001  | 351.9 | 238.5 | 390.4 | 101.4 | 37.1  | 1.8  | 2.1  | 0.3  | 51.9  | 117.7 | 160.7 | 160.9 |
| 2002  | 67.1  | 171.5 | 290.3 | 160.1 | 17.9  | 3.9  | 2.1  | 0.9  | 22.9  | 177.6 | 170.8 | 181.4 |
| 2003  | 110.1 | 149.3 | 154.7 | 60.0  | 20.6  | 6.9  | 1.3  | 2.7  | 16.0  | 60.8  | 77.1  | 111.0 |
| 2004  | 90.0  | 164.5 | 127.7 | 78.3  | 14.5  | 3.6  | 4.5  | 4.3  | 48.5  | 135.1 | 187.9 | 188.2 |
| 2005  | 162.0 | 250.2 | 332.3 | 108.6 | 19.7  | 5.0  | 0.6  | 2.3  | 28.0  | 200.1 | 52.6  | 169.6 |
| 2006  | 145.9 | 277.8 | 352.4 | 150.1 | 14.4  | 11.1 | 0.7  | 3.6  | 38.3  | 68.5  | 141.5 | 187.3 |
| 2007  | 199.9 | 73.7  | 329.0 | 189.2 | 26.4  | 0.7  | 4.5  | 5.0  | 16.8  | 199.6 | 187.4 | 112.9 |
| 2008  | 179.1 | 338.4 | 227.0 | 145.7 | 29.5  | 8.4  | 1.3  | 5.5  | 50.3  | 161.0 | 127.2 | 78.9  |
| 2009  | 354.7 | 218.7 | 275.5 | 169.9 | 52.8  | 9.7  | 2.6  | 4.1  | 18.4  | 160.8 | 190.0 | 160.1 |
| 2010  | 102.7 | 225.8 | 288.2 | 147.0 | 35.6  | 4.6  | 2.4  | 2.6  | 11.9  | 82.1  | 138.7 | 155.9 |
| 2011  | 104.4 | 150.5 | 188.4 | 175.5 | 17.6  | 3.4  | 2.4  | 2.1  | 30.0  | 67.9  | 100.5 | 185.8 |
| 2012  | 337.8 | 350.9 | 181.7 | 125.9 | 27.3  | 1.7  | 0.0  | 3.7  | 13.1  | 144.2 | 196.8 | 53.7  |
| 2013  | 98.6  | 219.8 | 257.2 | 112.3 | 63.8  | 3.6  | 1.8  | 6.1  | 8.8   | 147.0 | 47.1  | 138.5 |
| 2014  | 124.9 | 181.0 | 230.3 | 77.5  | 33.2  | 1.9  | 0.6  | 1.9  | 30.2  | 68.3  | 102.6 | 187.8 |
| 2015  | 379.9 | 174.2 | 316.6 | 117.3 | 64.7  | 1.2  | 1.1  | 1.1  | 23.8  | 52.6  | 166.5 | 104.5 |
| 2016  | 169.2 | 182.0 | 195.6 | 114.5 | 10.7  | 0.4  | 0.2  | 7.1  | 50.6  | 75.1  | 95.1  | 129.1 |
| Promedio  | 165.7 | 187.7 | 184.1 | 135.0 | 52.5  | 19.9 | 11.4 | 20.5 | 62.1  | 125.9 | 132.1 | 129.6 |
| DESVEST   | 75.0  | 78.3  | 82.9  | 36.0  | 33.2  | 18.3 | 15.5 | 18.3 | 36.5  | 46.6  | 39.7  | 48.3  |
| MIN   | 38.90 | 42.20 | 59.40 | 77.64 | 8.90  | 0.00 | 0.00 | 2.50 | 9.90  | 46.70 | 36.94 | 6.30  |
| MAX   | 297.8 | 386.2 | 292.0 | 223.4 | 124.0 | 88.9 | 70.6 | 83.8 | 170.6 | 224.4 | 209.2 | 230.3 |

Fuente: Elaboración propia



Información  
Extendida

Los pluviogramas de la información extendida de las estaciones seleccionadas se presentan en las figuras (26,27,28,29,30,31, y 32 del anexo A.4.). La información pluviométrica disponible.

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

Las extensiones de los datos se realizaron en las estaciones: Huacataz, Negritos, Magdalena, Porcón I, estas extensiones son largas como se puede apreciar en las series presentadas del (anexo A.4) y se realizaron mes a mes correlacionando con las estaciones base (Augusto Weberbauer, Maqui Maqui y Granja Porcón).

En términos generales, para la presente tesis, los datos pluviométricos recopilados con el análisis de consistencia realizado (completación y extensión), es un material que puede ser empleado para otros trabajos.

La información recopilada fue analizada, procesada y sintetizada mediante sus parámetros estadísticos (media, desviación estándar) convirtiéndolo en un producto elaborado apto para el diseño.

El análisis de consistencia, completación y extensión de la información pluviométrica se muestran en los anexos A.2, A.3 y A.4, respectivamente.

### **3.5. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES**

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

### **Precipitación media mensual**

El registro obtenido de las estaciones es de precipitaciones diarias; y después de ser extendido, se procesó la información hasta obtener la precipitación media mensual de la cuenca.

La estimación de la precipitación fue obtenida mediante el método de Isoyetas discutidos en el capítulo anterior, mediante la ecuación (15); para lo cual se ha usado datos de las estaciones: Granja Porcón, Maqui Maqui, Augusto Weberbauer, Negritos, Magdalena, Porcón I y finalmente la Estación Huacataz .

El método utilizado para el cálculo de la precipitación media mensual es el método de isoyetas ver figura (33, Anexo 6), se cuenta con una data de 49 años, por lo cual, se tuvo por conveniente sacar promedio de las precipitaciones cada 5 años y un periodo completo de los últimos 10 años de cada una de las estaciones en estudio (ver tabla 62, Anexo 5). De esta manera se determina la precipitación media mensual (Enero a Diciembre), siendo está la precipitación media mensual en la cuenca del Rio Mashcón. (Ver tabla 63, Anexo 5).

### **Coefficiente de escorrentía**

La temperatura media anual de las estaciones, se ha obtenido a partir de datos diarios que han sido discutidos en el capítulo anterior según se muestra en el ítem 2.3. (Ver tabla 27).

Con la precipitación total anual, se procede el cálculo del coeficiente de temperatura y el déficit de escurrimiento mediante las ecuaciones (18 y 19).

El coeficiente de escorrentía se estimó únicamente con el método de L-Turc discutidos en el capítulo anterior, mediante la ecuación (20). (Ver tabla 27).

### **Precipitación Efectiva**

El término “precipitación efectiva” implica una fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa, para lo cual el registro de precipitación mensual es afectado por el coeficiente de escorrentía, según la ecuación (21), obteniéndose de esta forma, el registro de precipitación efectiva para la microcuenca del Rio Mashcón. (Ver tabla 64, del anexo A.6).

## **Retención en la cuenca**

Del análisis de los registros pluviométricos de las estaciones de la microcuenca, se ha podido determinar la duración de los periodos de avenidas y estiaje del ciclo hidrológico. (Tabla 29).

La retención de la cuenca (R) se produce en los almacenes naturales: acuíferos, nevados, lagunas y pantanos, se estimó mediante la ecuación (23) utilizando los parámetros geomorfológicos de la microcuenca. (Ver tabla 30).

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 (28). (Ver tabla 31).

Con el coeficiente de agotamiento hallado, se utilizó la ecuación (25), para obtener la relación de caudales del flujo base en los meses de estiaje. (Ver tabla 32).

El gasto de la retención de la cuenca, es el aporte a la escorrentía, de las aguas subterráneas en los meses de estiaje. Su cálculo fue mediante la ecuación (31). (Ver tabla 33).

El abastecimiento de la retención durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. De la tabla 5, descrita en el capítulo anterior, obtenemos los coeficientes de abastecimiento que le corresponden a la región de Cajamarca (Ver tabla 34).

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación efectiva. Se calcula mediante la ecuación (35). (Ver tabla 35).

### 3.6. GENERACIÓN DE CAUDALES

#### Caudales mensuales para el año promedio

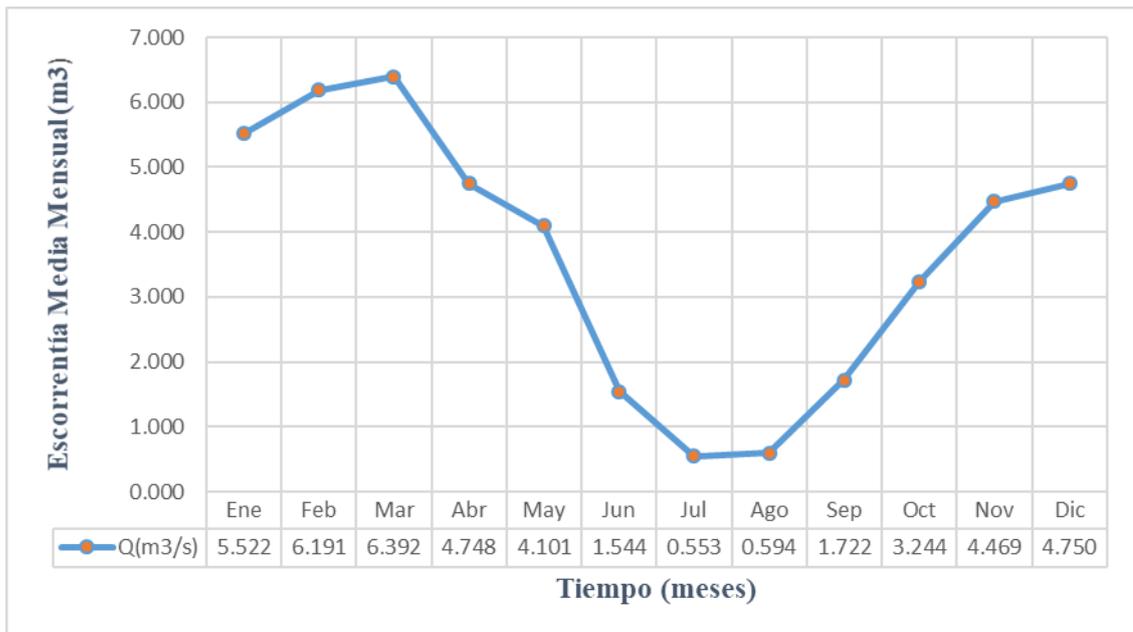
La generación de caudales medios mensuales para el año promedio, se estimó mediante el balance hídrico, según la ecuación (12) discutido en el capítulo anterior. Para convertir los caudales a (m<sup>3</sup>/s) se multiplica los caudales medios mensuales en (mm/mes) por el área de la cuenca, dividido entre el número de días del mes, 24h, 60 min y 60 seg.

**Tabla 22: Caudales generados para el Año Promedio en la cuenca del Río Mashcón**

| MES | N° DÍAS | PRECIPITACIÓN MENSUAL |             | CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN |            | CAUDALES                |                                    |
|-----|---------|-----------------------|-------------|------------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|
|     |         | PMP (mm/mes)          | PE (mm/mes) | G (mm/mes)                   | A (mm/mes) | Q <sub>m</sub> (mm/mes) | Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
| Ene | 30      | 174.94                | 101.971     |                              | 11.562     | 90.40904204             | 5.522                              |
| Feb | 28      | 187.09                | 109.054     |                              | 14.4525    | 94.6013146              | 6.191                              |
| Mar | 31      | 220.23                | 128.368     |                              | 20.2335    | 108.1347304             | 6.392                              |
| Abr | 30      | 133.36                | 77.734      |                              | 0          | 77.73425835             | 4.748                              |
| May | 31      | 52.96                 | 30.869      | 38.52                        |            | 69.39003488             | 4.101                              |
| Jun | 30      | 19.29                 | 11.246      | 14.03                        |            | 25.27901495             | 1.544                              |
| Jul | 31      | 9.37                  | 5.462       | 3.89                         |            | 9.352624882             | 0.553                              |
| Ago | 31      | 15.40                 | 8.976       | 1.08                         |            | 10.05500259             | 0.594                              |
| Sep | 30      | 47.88                 | 27.910      | 0.29                         |            | 28.19631142             | 1.722                              |
| Oct | 31      | 118.96                | 69.339      |                              | 14.4525    | 54.88636486             | 3.244                              |
| Nov | 30      | 120.56                | 70.271      |                              | -2.8905    | 73.16115088             | 4.469                              |
| Dic | 31      | 137.87                | 80.360      |                              | 0          | 80.36036594             | 4.750                              |

**Fuente: Elaboración propia**

Los caudales generados muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos (Febrero y Marzo) con 6.191 m<sup>3</sup>/s y 6.392 m<sup>3</sup>/s, respectivamente y menores en los meses de estiaje (Junio y Julio) con 0.553 m<sup>3</sup>/s y 0.594 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. La distribución de dichos caudales se presenta a continuación, en la figura 29:



**Figura 17: Caudales generados para el año promedio en la cuenca del Río Mashcón**

**Fuente: Elaboración propia**

### **Caudales mensuales para un periodo extendido**

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

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

Con los caudales generados para el año promedio se calcula los parámetros de regresión lineal múltiple mediante un cálculo de regresión con “Qt” como valor dependiente y “Qt-1 y PEt”, como valores independientes. Asimismo, se determinó los caudales estimados ( $\hat{Q}_t$ ) y los coeficientes estadísticos de la correlación múltiple. (Ver tabla 38,40).

Se calculó la precipitación efectiva a partir de la precipitación media para un periodo de 49 años a partir de 1968 hasta el año 2016. (Ver tabla 64, del anexo A.6).

Se generó números aleatorios normalmente distribuidos para un mismo período que la precipitación efectiva, con distribución normal de media igual a “0” y desviación estándar igual a “1”. (Ver tabla 65 del anexo A.7).

Se calculó los caudales generados para el periodo extendido según la ecuación (40), ver las tablas (66,67, del anexo A.7).

### **Caudales aforados por el método de Tubo de Pitop**

En la presente investigación se realizó las mediciones con el método de Pitop ya que no se contó con un correntómetro, se realizaron las mediciones de aforos en un punto específico del río Mashcón; a unos 100 m de la Captación Huacaríz, con coordenadas ( 0774591 E; 9 209758 N) – WGS 1984-17S durante los meses de Septiembre y Octubre del año 2017.

La secuencia del aforo se detalla a continuación, siguiendo el protocolo descrito en el marco teórico ítem (2.7)

Se escogió un tramo recto adecuado, A (punto inicial) y B (punto final), donde el agua fluya naturalmente, con pocas piedras y troncos. Medimos el ancho del río y colocamos una cuerda en dicho tramo, luego teniendo una equidistancia de 30 cm se procede a medir la profundidad de la lámina de agua, paso seguido se saca el 20% y el 80% de dicha profundidad y con ese dato se mide la altura que sube el agua con el tubo de Pitop.

Teniendo los datos antes mencionados se calcula la velocidad media con la ecuación (53), y posteriormente se aplica la ecuación (54), para el cálculo de caudal en la cuenca del Río Mashcón.

### **3.7. OFERTAS HÍDRICAS GENERADAS CON EL MODELO**

El ajuste estadístico de Smirnov-Kolmogorov se ha realizado siguiendo el protocolo descrito en el marco teórico ítem (2.6.b) (Ver tabla 68, del anexo A.8).

El análisis probabilístico de la persistencia de las descargas medias mensuales se realizó con la finalidad de obtener los caudales naturalizados proyectados para

diversos períodos de retorno, es posible realizar este análisis de manera confiable pues se cuenta con una longitud de registro de 49 años (1968-2016).

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

Se determinó la disponibilidad hídrica en la cuenca del Río Mashcón, según los diferentes niveles de persistencia para cada tipo de proyecto hidráulico: 75, 80, 90 y 95%, para cada mes. (Ver figura 23)

En este análisis de persistencia, se utilizó el método de Weibull, discutido en el capítulo anterior, según la ecuación (48).

## CAPÍTULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO

El conocimiento previo de la geomorfología es un requisito importante para poder caracterizar la microcuenca en estudio, esta caracterización se realizó en base a la elaboración de las principales curvas: hipsométrica, frecuencia de altitudes, etc. Ver figura (24,25, Anexo 1)

Del análisis geomorfológico se puede notar las siguientes tendencias fisiográficas:

- El área de la microcuenca tiene una aproximación de 158.313 km<sup>2</sup>. Teniendo un largo y ancho promedio de 26.71 km y 5.949 km respectivamente.
- El Coeficiente de Gravelius resultó 1.528, clasificando a la microcuenca en oblonga alargada, este valor indica que hay menores riesgos de inundaciones frente a tormentas extremas.
- La relación de confluencias es 2.
- El coeficiente orográfico es 0.074.
- El factor de forma está alrededor de 0.224 indicando que la microcuenca tiene mayor desarrollo en su “largo” que, en su “ancho”, es decir la precipitación no se produce en forma simultánea en toda la cuenca ni tampoco con la misma intensidad, debido a lo cual las concentraciones de las intensidades de la precipitación no son constantes.
- La altitud media se ubica a una altura de 3420.75 m.s.n.m., siendo un parámetro clave en el cálculo de las precipitaciones y en la degradación del suelo.
- La pendiente del cauce principal resultó 3.46 %, siendo clave para determinar el almacenamiento hídrico. El orden de corriente es de 5, la densidad de drenaje es 1.627, estos indicadores categorizan a la microcuenca con capacidad de drenaje regular, lo cual está relacionado con el tipo de suelo y la cobertura vegetal.

**Tabla 23 : Principales parámetros de la cuenca del río “Mashcón” con punto de descarga en la captación Huacaríz.**

| <b>PARAMETROS DE LA CUENCA</b>       |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Área de la cuenca:                   | 158.313 Km <sup>2</sup>   |
| Perímetro de la cuenca:              | 71.5854 Km.               |
| Longitud del cauce principal:        | 26.610 Km.                |
| Coefficiente o índice de compacidad: | 1.593                     |
| Factor de forma:                     | 0.224                     |
| Pendiente de la cuenca:              | 28.08%                    |
| Altitud media :                      | 3420.75 m.                |
| Pendiente del cauce principal :      | 3.46%                     |
| Ancho promedio :                     | 5.949 Km.                 |
| Altitud más frecuente :              | 3451 - 3500               |
| Coefficiente de masividad :          | 0.022                     |
| Coefficiente orográfico :            | 0.074                     |
| Orden de corriente                   | 5                         |
| Relación de confluencias :           | 2.005                     |
| Relación de longitudes :             | 0.965                     |
| Densidad de drenaje :                | 1.627                     |
| Frecuencia de ríos :                 | 3.146                     |
| Tiempo de concentración :            | 3.025 Horas               |
| Rectángulo equivalente:              | a: 5.170 m<br>b: 30.623 m |

**Fuente: Elaboración propia**

#### **4.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN**

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

El análisis de doble masa de los datos originales por grupos determinó si existen periodos dudosos en la información de las estaciones seleccionadas, se presentan en la (figura 28) y los pluviogramas de la información completada y corregida de las mismas estaciones se presentan en el anexo A.3.

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

- Los grupos de análisis se formaron en función a la información completa con la que cuentan las estaciones base, se formaron cuatro grupos para el análisis estadístico de la información. (Ver tabla 11)
- Las estaciones completadas y extendidas no presentaron saltos, por tanto, no se procedió a corregir ninguna información. (Ver tablas: 12 hasta la 23)

### **4.3. MODELOS DETERMINÍSTICOS PARCIALES**

#### **Precipitación media en la cuenca**

La Altitud media de la zona de estudio se encuentra sobre los 3420.75 m.s.n.m., por este motivo se estudió la relación existente entre la precipitación mensual para el año promedio con la altitud media de la cuenca, mediante un análisis de ecuaciones lineales.

La serie de precipitaciones medias mensuales obtenidas mediante el método de Isoyetas en la cuenca del Río Mashcón se presenta en la (tabla 54 respectivamente, del anexo A.7.).

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

- La precipitación media anual generada en la cuenca está alrededor de 1237.9 mm/año siendo los meses de febrero y marzo los más lluviosos con 187.1 mm/mes y 220.2 mm/mes, respectivamente.
- La distribución de la precipitación en la cuenca es como sigue: mayo, junio, julio, agosto y septiembre serán considerados como meses secos, en este periodo la precipitación disminuye paulatinamente a partir de mayo (29.24 mm), alcanzando el punto más bajo en el mes de julio (14.12 mm)
- Los meses secos son: Mayo, Junio, Julio, Agosto y, serán considerados meses lluviosos septiembre, Enero, Febrero. Marzo, Abril, Octubre, Noviembre, Diciembre; estos meses serán considerados como meses húmedos, siendo el mes de marzo el más lluvioso con una precipitación de (202.2 mm).

**Tabla 24 Precipitación media de la cuenca del Rio MASHCÓN con punto de descarga en la Captación Huacaríz**

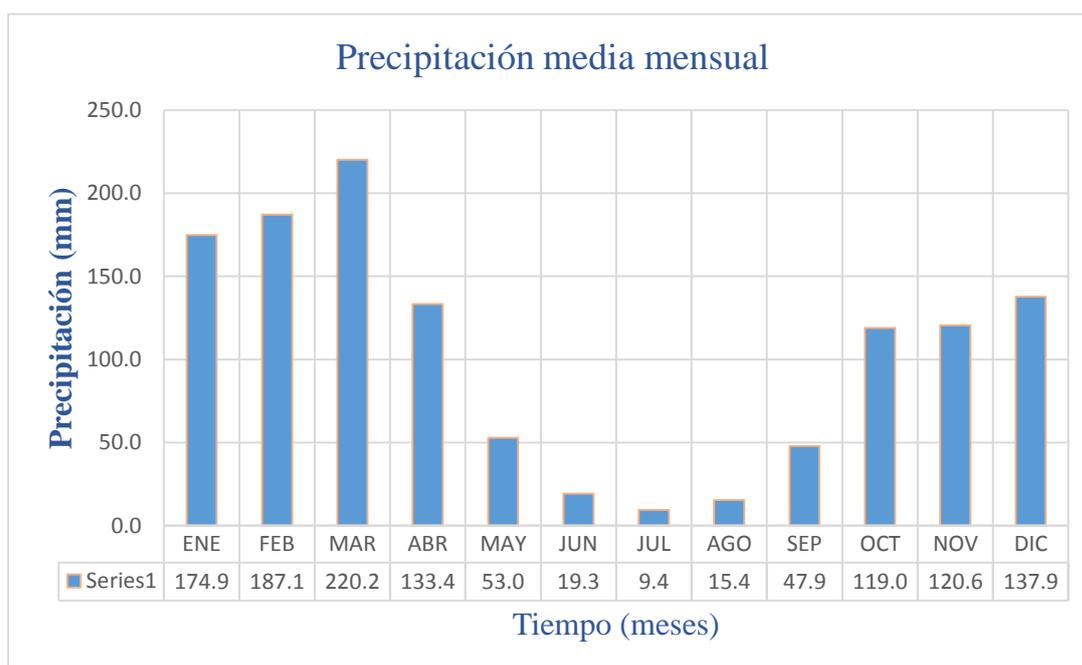
| PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO MASHCÓN (mm) |       |       |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|---|-------|-------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Ene   | Feb   | Mar   | Abr  | May  | Jun  | Jul | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
| 102.3   | 109.1 | 128.4 | 77.7 | 30.9 | 11.2 | 5.5 | 9.0  | 27.9 | 69.3 | 70.3 | 80.4 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 25: Precipitación mensual para el año promedio**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO – PMP (mm) |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Ene                                       | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun  | Jul  | Agos | Sept  | Oct   | Nov   | Dic   |
| 38.08                                     | 40.72 | 47.93 | 29.03 | 11.53 | 4.20 | 2.04 | 3.35 | 10.42 | 25.89 | 26.24 | 30.01 |

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 18: Precipitación media mensual de la cuenca del Rio Mashcón**  
**Fuente: Elaboración propia**

### Precipitación efectiva

El término precipitación efectiva es una fracción de la precipitación total que da origen a la suma de componentes de flujo base y escorrentía directa, resultó anualmente 721.60 mm/año. Además, la temperatura media anual está por debajo de los 10 °C, con un déficit de escurrimiento de 516.34 mm/año.

La distribución de la precipitación media y la precipitación efectiva en la cuenca Mashcón se presenta en la (figura 30).

**Tabla 26: Coeficientes para la generación de registros de precipitación**

| MES          | PMTM  | PME              |
|--------------|-------|------------------|
| Enero        | 102.0 | 38.08            |
| Febrero      | 109.1 | 40.72            |
| Marzo        | 128.4 | 47.93            |
| Abril        | 77.7  | 29.03            |
| Mayo         | 30.9  | 11.53            |
| Junio        | 11.2  | 4.20             |
| Julio        | 5.5   | 2.04             |
| Agosto       | 9.0   | 3.35             |
| Septiembre   | 27.9  | 10.42            |
| Octubre      | 69.3  | 25.89            |
| Noviembre    | 70.3  | 26.24            |
| Diciembre    | 80.4  | 30.01            |
| <b>Total</b> |       | <b>269.44</b>    |
| <b>C</b>     |       | <b>0.7232136</b> |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 27: Coeficiente de escorrentía**

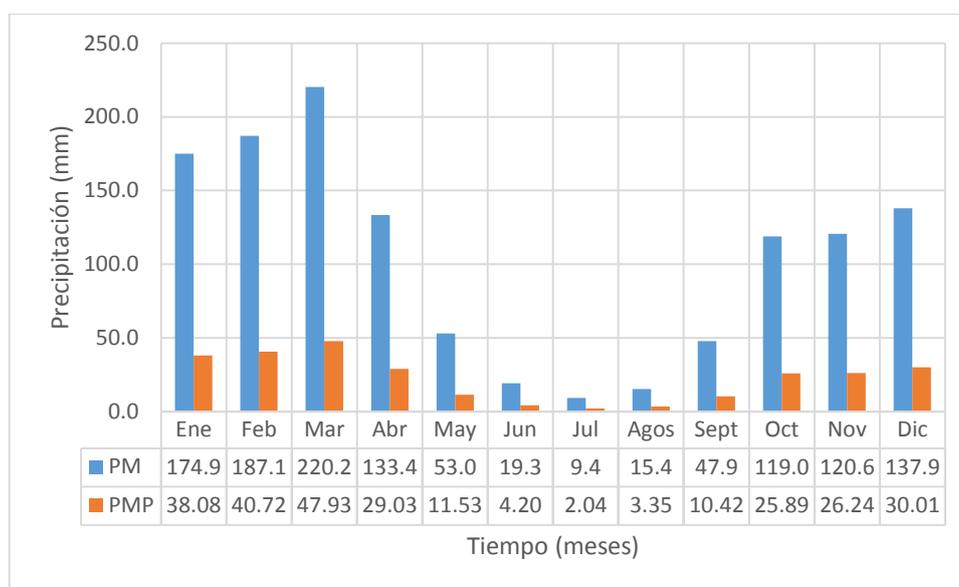
|                                   |          |              |
|-----------------------------------|----------|--------------|
| Temperatura Media Anual (°C)      | T°       | 9.02         |
| Coeficiente de Temperatura        | L        | 562.234      |
| Déficit de escurrimiento (mm/año) | D        | 452.12       |
| <b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b> | <b>C</b> | <b>0.373</b> |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 28: Precipitación efectiva promedio de la cuenca del Rio MASHCÓN.**

| PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN (mm) |       |       |      |      |      |     |      |      |      |      |      |       |
|--------------------------------|-------|-------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| Ene                            | Feb   | Mar   | Abr  | May  | Jun  | Jul | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  | TOTAL |
| 102.0                          | 109.1 | 128.4 | 77.7 | 30.9 | 11.2 | 5.5 | 9.0  | 27.9 | 69.3 | 70.3 | 80.4 | 721.6 |

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 19: Precipitaciones medias mensuales en la cuenca “Mashcón”**

**Fuente: Elaboración propia**

### Gasto de la retención

El cálculo de la Retención “R” arrojó un valor de 57.81mm/año, este valor indica que la microcuenca tiene un agotamiento rápido, característicos de una vegetación y cobertura poco desarrollada.

Analizando los coeficientes de agotamiento “ $b_0$ ”, del gasto de la retención, se ha podido determinar que al iniciar el período seco la contribución de la reserva, para el primer mes (mayo), es la más alta y luego para los siguientes meses, el aporte disminuye en casi el 50% del mes anterior, hasta el último mes del periodo seco (septiembre). Este comportamiento del coeficiente de aporte tiene una función exponencial a diferencia de la función logarítmica que es el comportamiento típico de este coeficiente. (Ver figura 29).

**Tabla 29: Periodos del ciclo hidrológico en la cuenca del Rio MASHCÓN**

| Periodo<br>Hidrológico | MESES DEL AÑO |     |     |     |     |     |     |      |      |     |     |     |
|------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
|                        | Ene           | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Agos | Sept | Oct | Nov | Dic |
| Avenidas               | *             | *   | *   | *   |     |     |     |      |      | *   | *   | *   |
| Estiaje                |               |     |     |     | *   | *   | *   | *    | *    |     |     |     |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30: Retención en la cuenca del Rio MASHCÓN**

| Retención de la cuenca, mm/año                             |              |
|--|--------------|
| Ca = Coeficiente que varía de 15% a 30%                    | 0.2          |
| AR = Área de la cuenca, km <sup>2</sup>                    | 158.313      |
| LA = $-750 I + 315$ , mm/año = Almacenamiento de acuíferos | 289.05       |
| I = Pendiente del cauce principal; $I \leq 15\%$           | 3.46%        |
| AL = Área de las lagunas, km <sup>2</sup>                  | 0            |
| LL = 500, mm/año = Almacenamiento de lagunas y pantanos    | 0            |
| AN = Área de los nevados, km <sup>2</sup>                  | 0            |
| LN = 500, mm/año = Almacenamiento de nevados               | 0            |
| <b>RETENCIÓN (mm/año)</b>                                  | <b>57.81</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31: Coeficiente de agotamiento.**

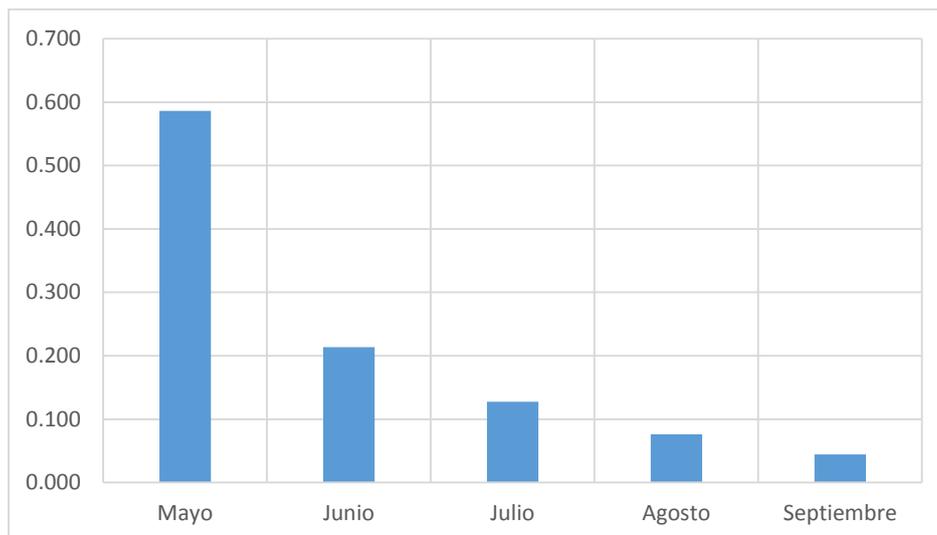
$$\alpha = -0.00252 * LN(158.313) + 0.030$$

|            |               |                          |
|------------|---------------|--------------------------|
| $\alpha =$ | <b>0.0172</b> | <b>Días<sup>-1</sup></b> |
|------------|---------------|--------------------------|

**Tabla 32: Valores de la relación de caudales del flujo base.**

| Mes         | Dias (t) | bo           |
|-------------|----------|--------------|
| Mayo        | 31       | 0.586        |
| Junio       | 31       | 0.213        |
| Julio       | 30       | 0.127        |
| Agosto      | 30       | 0.076        |
| Septiembre  | 31       | 0.044        |
| <b>SUMA</b> |          | <b>1.047</b> |

Fuente: Elaboración propia



**Figura 20: Distribución de los coeficientes de agotamiento en la cuenca del Río Mashcón.**

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 33: Valores del gasto de la retención en la cuenca del Río “Mashcón”**

| Mes        | Dias (t) | Gi     |
|------------|----------|--------|
| Mayo       | 31       | 32.352 |
| Junio      | 31       | 11.786 |
| Julio      | 30       | 7.027  |
| Agosto     | 30       | 4.190  |
| Septiembre | 31       | 2.455  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 34: Coeficientes de abastecimiento para la región Cajamarca.**

| Periodo Hidrológico | MESES DEL AÑO |     |     |     |     |     | Total |
|---------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|                     | Oct           | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |       |
| Cajamarca           | 25            | -5  | 0   | 20  | 25  | 35  | 100   |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 35: Valores del abastecimiento de la retención en la cuenca del Río “Mashcón”**

| Mes       | Ai (mm/mes) |
|-----------|-------------|
| Enero     | 11.562      |
| Febrero   | 14.4525     |
| Marzo     | 20.2335     |
| Abril     | 0           |
| Octubre   | 14.4525     |
| Noviembre | -2.8905     |
| Diciembre | 0           |

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.4. GENERACIÓN DE CAUDALES

##### Caudales mensuales para el año promedio

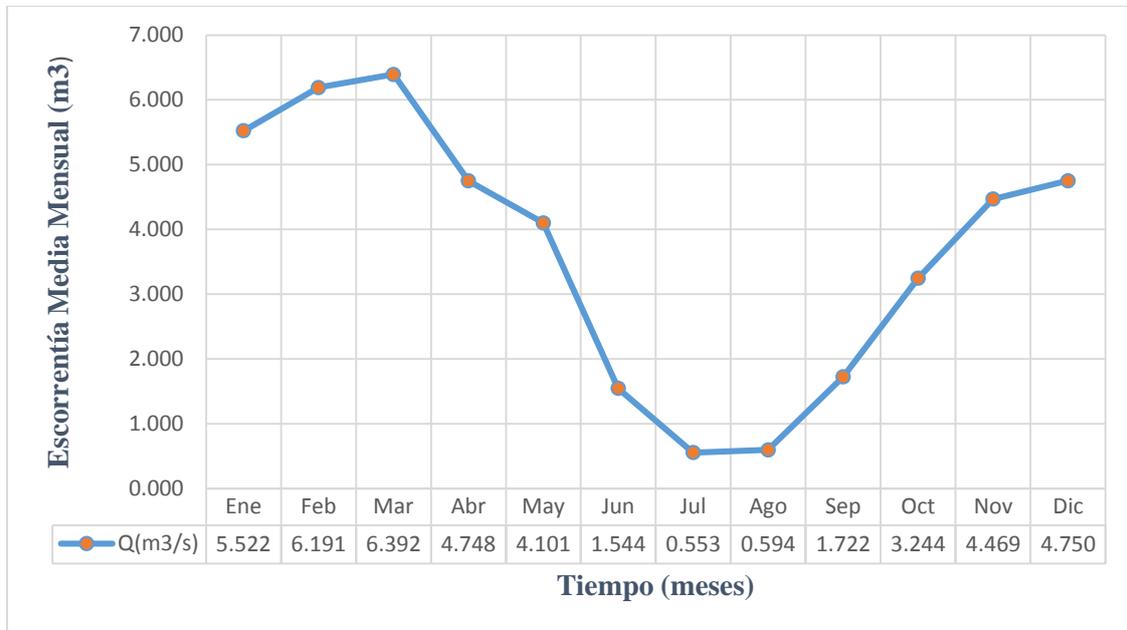
En la (tabla 34), se muestran los parámetros más importantes que han intervenido en el cálculo de caudales para el año promedio, asimismo, muestra la transformación de la precipitación media mensual en precipitación efectiva de escurrimiento, el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la cuenca “Mashcón”.

**Tabla 36: Caudales generados para el Año Promedio en la cuenca del Río “Mashcón”**

| MES | N° DÍAS | PRECIPITACIÓN MENSUAL |             | CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN |            | CAUDALES                |                                    |
|-----|---------|-----------------------|-------------|------------------------------|------------|-------------------------|------------------------------------|
|     |         | PMP (mm/mes)          | PE (mm/mes) | G (mm/mes)                   | A (mm/mes) | Q <sub>m</sub> (mm/mes) | Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
| Ene | 30      | 174.94                | 101.971     |                              | 11.562     | 90.40904204             | 5.522                              |
| Feb | 28      | 187.09                | 109.054     |                              | 14.4525    | 94.6013146              | 6.191                              |
| Mar | 31      | 220.23                | 128.368     |                              | 20.2335    | 108.1347304             | 6.392                              |
| Abr | 30      | 133.36                | 77.734      |                              | 0          | 77.73425835             | 4.748                              |
| May | 31      | 52.96                 | 30.869      | 38.52                        |            | 69.39003488             | 4.101                              |
| Jun | 30      | 19.29                 | 11.246      | 14.03                        |            | 25.27901495             | 1.544                              |
| Jul | 31      | 9.37                  | 5.462       | 3.89                         |            | 9.352624882             | 0.553                              |
| Ago | 31      | 15.40                 | 8.976       | 1.08                         |            | 10.05500259             | 0.594                              |
| Sep | 30      | 47.88                 | 27.910      | 0.29                         |            | 28.19631142             | 1.722                              |
| Oct | 31      | 118.96                | 69.339      |                              | 14.4525    | 54.88636486             | 3.244                              |
| Nov | 30      | 120.56                | 70.271      |                              | -2.8905    | 73.16115088             | 4.469                              |
| Dic | 31      | 137.87                | 80.360      |                              | 0          | 80.36036594             | 4.750                              |

**Fuente: Elaboración propia**

Los caudales generados muestran una relación directa con la precipitación, siendo mayores en los meses lluviosos (Febrero y Marzo) con 6.191 m<sup>3</sup>/s y 6.392 m<sup>3</sup>/s, respectivamente y menores en los meses de estiaje (Junio y Julio) con 0.553 m<sup>3</sup>/s y 0.594 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. La distribución de dichos caudales se presenta a continuación, en la (figura 21).



**Figura 21: Caudales generados para el año promedio en la cuenca del Río “Mashcón”.**

**Fuente: Elaboración propia**

### **Caudales mensuales para un período extendido**

Los coeficientes estadísticos que se mencionan en la (tabla 38), es el resultado de la regresión múltiple de los caudales promedios mensuales generados ( $Q$  y  $Q_{t-1}$ ) y la precipitación efectiva promedio mensual (PE) generadas en la aplicación del modelo.

**Tabla 37: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple**

| Mes       | Qt-1   | P Et   | $\hat{Q}_t$ |
|-----------|--------|--------|-------------|
| Enero     | 80.36  | 101.97 | 88.39       |
| Febrero   | 90.41  | 109.05 | 96.36       |
| Marzo     | 94.60  | 128.37 | 107.53      |
| Abril     | 108.13 | 77.73  | 89.40       |
| Mayo      | 77.73  | 30.87  | 53.08       |
| Junio     | 63.22  | 11.25  | 37.06       |
| Julio     | 23.03  | 5.46   | 16.00       |
| Agosto    | 12.49  | 8.98   | 12.89       |
| Setiembre | 13.17  | 27.91  | 22.28       |
| Octubre   | 30.37  | 69.34  | 49.98       |
| Noviembre | 54.89  | 70.27  | 61.59       |
| Diciembre | 73.16  | 80.36  | 74.74       |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 38: Series y coeficientes estadísticos para la regresión múltiple**

| Coeficientes Estadísticos<br>(Regresión Múltiple) |            |
|---|------------|
| B <sub>1</sub>                                    | 5.727      |
| B <sub>2</sub>                                    | 0.322      |
| B <sub>3</sub>                                    | 0.583      |
| S <sup>2</sup> <sub>Qt</sub>                      | 1097.551   |
| S   | 8.885      |
| r   | 0.9634     |
| $(S) * \sqrt{(1 - r^2)}$                          | 2.38292434 |
| n   | 12         |
| p   | 3          |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 39: Generación de número aleatorio para cada mes**

| Mes       | z      |
|-----------|--------|
| Enero     | -0.357 |
| Febrero   | -0.525 |
| Marzo     | 0.459  |
| Abril     | -0.308 |
| Mayo      | -2.054 |
| Junio     | 0.280  |
| Julio     | 0.072  |
| Agosto    | 0.054  |
| Setiembre | -0.381 |
| Octubre   | 0.761  |
| Noviembre | -0.749 |
| Diciembre | 0.808  |

**Fuente: Elaboración propia**

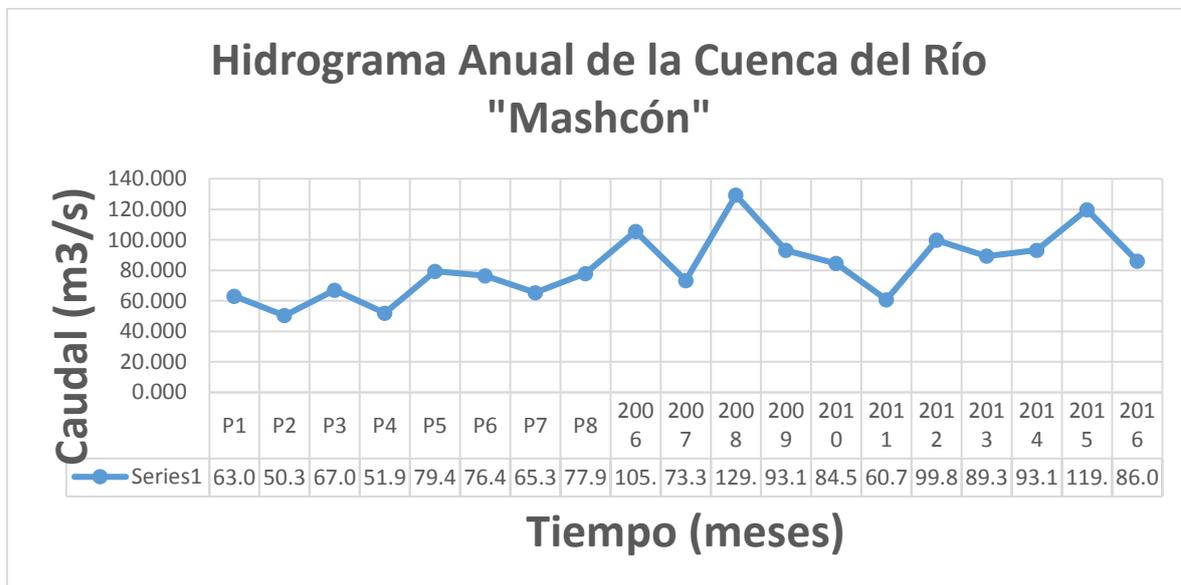
**Tabla 40: Caudales de correlación múltiple generados con el modelo**

| Mes       | z      | Qt-1   | P Et   | Qm (mm) |
|-----------|--------|--------|--------|---------|
| Enero     | 0.287  | 80.36  | 101.97 | 89.13   |
| Febrero   | 0.078  | 90.41  | 109.05 | 96.56   |
| Marzo     | -0.618 | 94.60  | 128.37 | 105.94  |
| Abril     | 2.663  | 108.13 | 77.73  | 96.24   |
| Mayo      | -0.662 | 77.73  | 30.87  | 51.38   |
| Junio     | 1.160  | 63.22  | 11.25  | 40.04   |
| Julio     | -1.030 | 23.03  | 5.46   | 13.35   |
| Agosto    | -0.259 | 12.49  | 8.98   | 12.22   |
| Setiembre | -0.128 | 13.17  | 27.91  | 21.95   |
| Octubre   | -0.202 | 30.37  | 69.34  | 49.46   |
| Noviembre | -1.049 | 54.89  | 70.27  | 58.89   |
| Diciembre | 0.020  | 73.16  | 80.36  | 74.80   |

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla se deduce que las series entre los caudales del mes anterior, los caudales actuales y la precipitación efectiva actual utilizando la regresión múltiple, alcanzan una buena correlación ( $r = 0.9634$ ).

Para la cuenca del Río Mashcón, se ha generado caudales desde 1968 hasta 2016 (Ver anexo A.8). En las tablas (57 y 58) se muestran los caudales generados por el periodo extendido. El promedio mensual anuales de estos caudales se muestra a continuación, en la (figura 34).



**Figura 22: Caudales para un periodo extendido en la cuenca del Río “Mashcón”.**

**Fuente: Elaboración propia**

## **VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN:**

### **Caudales medidos en el Río Mashcón**

El control de descargas de los aforos realizados en los meses de septiembre y Octubre se detalla en la (tabla 38).

Los caudales aforados durante los meses de marzo y abril del 2017 arrojaron valores de 0.31 m³/s y 0.51 m³/s, respectivamente como valores promedio.

Cabe recalcar que el método del Tubo de Pitop fue el más indicado. sin embargo, existe un margen de error que se pudo haber cometido, estos aforos han proporcionado una visión acerca de la aplicación del modelo, evaluando si dicho modelo se justifica o no, para la aplicación en la cuenca “Mashcón”

**Tabla 41: Caudales Aforados en en la cuenca del rio Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz**

| <b>CUADRO DE RESUMÉN DE AFOROS</b> |               |                                 |
|------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| <b>AFORO N°</b>                    | <b>FECHAS</b> | <b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b> |
| 1                                  | 11/09/2017    | 0.20                            |
| 2                                  | 12/09/2017    | 0.36                            |
| 3                                  | 13/09/2017    | 0.34                            |
| 4                                  | 15/09/2017    | 0.35                            |
| 5                                  | 16/09/2017    | 0.35                            |
| 6                                  | 18/09/2017    | 0.34                            |
| 7                                  | 20/09/2017    | 0.27                            |
| 8                                  | 22/09/2017    | 0.26                            |
| 9                                  | 25/09/2017    | 0.35                            |
| 10                                 | 27/09/2017    | 0.3                             |
| 11                                 | 30/09/2017    | 0.33                            |
| 12                                 | 01/10/2017    | 0.26                            |
| 13                                 | 03/10/2017    | 0.36                            |
| 14                                 | 05/10/2017    | 0.6                             |
| 15                                 | 08/10/2017    | 0.4                             |
| 16                                 | 10/10/2017    | 0.54                            |
| 17                                 | 11/10/2017    | 0.47                            |
| 18                                 | 14/10/2017    | 0.51                            |
| 19                                 | 15/10/2017    | 0.54                            |
| 20                                 | 19/10/2017    | 0.49                            |
| 21                                 | 22/10/2017    | 0.21                            |
| 22                                 | 29/10/2017    | 1.2                             |

**Fuente: Elaboración propia**

Del cuadro resumen se tiene que el caudal aforado en el mes de septiembre es de 0.31 m<sup>3</sup>/s y el caudal para el mes de Octubre es de 0.51 m<sup>3</sup>/s.

#### **Inventario de impactos aguas arriba del unto de aforo.**

Con la finalidad de que los datos sean más precisos, se buscó información de los impactos existentes aguas arriba del punto de aforo, teniendo como resultado canales de derivación, tomas laterales y bocatomas, las cuales se encuentran dentro de nuestra zona de estudio.

A continuación, se muestra un inventario de los canales de derivación, ver tabla (41.42.43,44,45,46), tomas laterales, ver Anexo () y bocatomas ver tabla (), estructuras que se encuentran aguas arriba de nuestro punto de aforo (Captación Huacaríz), con sus

respectivos caudales, esta información fue proporcionada por la junta de usuarios del Río Mashcón.

**Tabla 42: Inventario de Canales de derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz.**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                         |          |           |            |                        |         |   |   |      |      |     |      |      |       |            |           |      |        |             |        |                 |
|--|-------------------------|----------|-----------|------------|------------------------|---------|---|---|------|------|-----|------|------|-------|------------|-----------|------|--------|-------------|--------|-----------------|
| NOMBRE   | FUENTE                  | CLASI F. | M AR GE N | PRO G (Km) | Q (m <sup>3</sup> /s.) | SECCION |   |   |      |      |     |      |      | STAD  | LON G (Km) | REVESTIDO |      |        | NO REV EST. | Nº USU | AREA SERV (Hás) |
|  |                         |          |           |            |                        | TP      |   |   | R    |      | C   | I    |      |       |            | C°        | Mamp | Ge om. |             |        |                 |
|  |                         |          |           |            |                        | B       | b | h | b    | h    | Ø   | b    | h    |       |            |           |      |        |             |        |                 |
| LAS FLORES   | RÍO PORCONCILLO         | CD       | D         | 2+375      | 0.016                  | -       | - | - | 0.40 | 0.25 | 8"  | 0.60 | 0.30 | B-B-M | 3+003      | 0+053     | -    | -      | 2+734       | 108    | 39.00           |
| TUNASPAMPA   | RÍO PORCONCILLO         | CD       | I         | 2+399      | 0.004                  | -       | - | - | 0.40 | 0.30 | -   | 0.40 | 0.30 | R-R   | 0+748      | 0+063     | -    | -      | 0+685       | 29     | 8.00            |
| BRICEÑO  | RÍO PORCONCILLO         | CD       | D         | 1+205      | 0.011                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.70 | 0.50 | R     | 2+402      | -         | -    | -      | 2+402       | 86     | 25.00           |
| POLLITO EL TINGO   | RÍO PORCONCILLO         | CD       | D         | 0+787      | 0.007                  | -       | - | - | 0.40 | 0.30 | -   | 0.50 | 0.40 | R-R   | 1+153      | 0+041     | -    | -      | 1+112       | 34     | 7.36            |
| CAHUIÑA CAGAMARCA  | RÍO HORNOMAYO           | CD       | I         | 3+967      | 0.020                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.50 | 0.50 | M     | 3+310      | -         | -    | -      | 3+310       | 125    | 50.00           |
| FLORES   | CAHUIÑA CAGAMARCA       | 1º ORDEN | I         | 1+325      | 0.010                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.30 | 0.30 | M     | 0+610      | -         | -    | -      | 0+610       | 12     | 9.00            |
| CUEVA  | CAHUIÑA CAGAMARCA       | 1º ORDEN | I         | 1+914      | 0.010                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.35 | 0.40 | M     | 0+490      | -         | -    | -      | 0+490       | 15     | 8.00            |
| CACHI  | CAHUIÑA CAGAMARCA       | 1º ORDEN | D         | 3+017      | 0.010                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.30 | 0.40 | M     | 1+163      | -         | -    | -      | 1+163       | 15     | 8.00            |
| FLORES HUARIPATA   | CAHUIÑA CAGAMARCA       | 1º ORDEN | D         | 3+309      | 0.020                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.50 | 0.50 | M     | 0+621      | -         | -    | -      | 0+621       | 10     | 5.00            |
| POLLITO  | RÍO HORNOMAYO           | CD       | I         | 0+860      | 0.015                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.50 | 0.60 | R     | 0+981      | -         | -    | -      | 0+981       | 36     | 9.86            |
| PEÑA COLORADA  | RÍO PORCON              | CD       | I         | 2+216      | 0.008                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.50 | 0.70 | M     | 1+474      | -         | -    | -      | 1+474       | 32     | 5.77            |
| HUAMBOCANCHA BAJA  | RÍO PORCON              | CD       | I         | 2+730      | 0.040                  | -       | - | - | 0.45 | 0.40 | 9"  | 0.40 | 0.55 | R-R-R | 1+386      | 0+389     | -    | -      | 0+979       | 110    | 49.9            |
| HUAMBOCANCHA PARTE ALTA  | HUAMBOCANCHA BAJA       | 1º ORDEN | D         | 1+386      | 0.015                  | -       | - | - | 0.50 | 0.40 | 10" | 0.50 | 0.40 | B-B-R | 2+038      | 0+363     | -    | -      | 1+536       | 25     | 15              |
| HUAMBOCANCHA PARTE ALTA  | HUAMBOCANCHA PARTE ALTA | 2º ORDEN | I         | 1+295      | 0.008                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.20 | 0.30 | M     | 0+822      | 0+548     | -    | -      | 0+274       | 5      | 7               |
| HUAMBOCANCHA PARTE BAJA  | HUAMBOCANCHA BAJA       | 1º ORDEN | I         | 1+386      | 0.020                  | -       | - | - | -    | -    | -   | 0.40 | 0.40 | M     | 1+066      | -         | -    | -      | 1+066       | 18     | 12              |

**Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 43: Inventario de Canales de derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz.**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                         |          |           |            |           |         |     |     |      |      |       |      |      |         |            |           |        |        |             |        |                 |
|--|-------------------------|----------|-----------|------------|-----------|---------|-----|-----|------|------|-------|------|------|---------|------------|-----------|--------|--------|-------------|--------|-----------------|
| NOMBRE   | FUENTE                  | CLASI F. | M AR GE N | PRO G (Km) | Q (m³/s.) | SECCION |     |     |      |      |       |      |      | STAD    | LON G (Km) | REVESTIDO |        |        | NO REV EST. | N° USU | AREA SERV (Hás) |
|  |                         |          |           |            |           | TP      |     |     | R    |      | C     | T    |      |         |            | C°        | Mamp . | Ge om. |             |        |                 |
|  |                         |          |           |            |           | B       | b   | h   | b    | h    | Ø     | b    | h    |         |            |           |        |        |             |        |                 |
| HUAMBOCANCHA ALTA EL B   | RIO PORCON              | CD       | D         | 5+209      | 0.05      | -       | -   | -   | 0.4  | 0.40 | -     | 0.40 | 0.40 | B-B-M   | 1+753      | 1+020     | 0+133  | -      | 0+600       | 74     | 65              |
| DE LA CRUZ   | HUAMBOCANCHA ALTA EL B  | 1° ORDEN | D         | 0+814      | 0.003     | -       | -   | -   | 0.40 | 0.50 | -     | 0.40 | 0.50 | B-M     | 0+592      | -         | 0+021  | -      | 0+571       | 16     | 20              |
| SAN ANTONIO PLAN DE TUA  | RIO QUILISH             | CD       | I         | 2+150      | 0.016     | -       | -   | -   | 0.4  | 0.4  | -     | 0.60 | 0.30 | B-B-M   | 1+908      | 0+224     | 0+043  | -      | 1+641       | 140    | 30              |
| HERRERA  | SAN ANTONIO PLAN DE TUA | 1° ORDEN | I         | 0+966      | 0.008     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.40 | 0.30 | R       | 0+302      | -         | -      | -      | 0+302       | 18     | 6               |
| LA COLPA   | RIO QUILISH             | CD       | D         | 6+221      | 0.038     | 0.7     | 0.5 | 0.4 | 0.5  | 0.6  | -     | 0.80 | 0.40 | R-R-R   | 5+368      | 0+470     | -      | -      | 4+898       | 117    | 79.46           |
| CASTREJON  | LA COLPA                | 1° ORDEN | D         | 4+649      | 0.005     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.40 | 0.30 | R       | 0+504      | -         | -      | -      | 0+504       | 12     | 6.54            |
| CALUA  | CASTREJON               | 2° ORDEN | D         | 0+075      | 0.003     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.30 | 0.30 | R       | 0+187      | -         | -      | -      | 0+187       | 6      | 2.45            |
| TRES MOLINOS   | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | CD       | I         | 0+880      | 0.098     | -       | -   | -   | 0.5  | 1.5  | -     | 0.40 | 0.50 | R-B-R   | 4+983      | 0+316     | 0+026  | -      | 4+641       | 175    | 195             |
| CAMACHO  | TRES MOLINOS            | 1° ORDEN | D         | 2+978      | 0.008     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.50 | 0.80 | R       | 1+060      | -         | -      | -      | 1+060       | 8      | 5.85            |
| AGUILAR  | CAMACHO                 | 2° ORDEN | I         | 0+011      | 0.005     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.60 | 0.45 | R       | 0+592      | -         | -      | -      | 0+592       | 10     | 5.25            |
| LOS ALPES  | TRES MOLINOS            | 1° ORDEN | D         | 3+394      | 0.021     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.70 | 0.50 | B-R     | 1+980      | -         | -      | -      | 1+980       | 12     | 6.25            |
| TRES MOLINOS   | LOS ALPES               | 2° ORDEN | I         | 0+119      | 0.003     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.60 | 0.70 | R       | 1+782      | -         | -      | -      | 1+782       | 9      | 5.45            |
| TRES MOLINOS   | TRES MOLINOS            | 1° ORDEN | D         | 3+504      | 0.021     | -       | -   | -   | 0.50 | 0.40 | -     | 0.40 | 0.40 | B-R     | 1+404      | 0+016     | -      | -      | 1+388       | 13     | 11.06           |
| LAS VIZCACHAS  | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | CD       | I         | 1+825      | 0.031     | -       | -   | -   | 0.4  | 0.3  | 8"    | 0.40 | 0.50 | R-B-R-F | 4+228      | 0+211     | 0+014  | -      | 3+990       | 62     | 15.97           |
| LLUSHCAPAMPA   | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | CD       | D         | 3+247      | 0.050     | -       | -   | -   | 0.4  | 0.4  | -     | 0.50 | 0.50 | R-M-B   | 2+384      | 0+093     | -      | -      | 2+291       | 69     | 60              |
| VILLANUEVA   | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | 1° ORDEN | I         | 1+654      | 0.030     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.70 | 0.50 | R       | 1+079      | -         | -      | -      | 1+079       | 8      | 12              |
| TAFUR  | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | 1° ORDEN | D         | 1+815      | 0.030     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.50 | 0.50 | M       | 0+417      | -         | -      | -      | 0+417       | 10     | 15              |
| ATUNMAYO   | RIO GRANDE 6 LLUSHCAPAN | CD       | D         | 6+200      | 0.050     | -       | -   | -   | 0.5  | 0.4  | -     | 0.40 | 0.40 | B-R     | 6+916      | 0+933     | -      | -      | 5+983       | 113    | 90              |
| SAMBARBAMBA  | RIO SAMBARBAMBA         | CD       | I         | 8+125      | 0.017     | -       | -   | -   | 0.4  | 0.25 | 2"-18 | 0.50 | 0.40 | B-B-R   | 6+354      | 0+275     | -      | -      | 6+068       | 160    | 119.83          |
| QUIRAYQUERO  | SAMBARBAMBA             | 1° ORDEN | I         | 2+975      | 0.008     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.40 | 0.25 | M       | 0+643      | -         | -      | -      | 0+643       | 26     | 12              |
| CANAL N° 1   | QUIRAYQUERO             | 2° ORDEN | I         | 0+258      | 0.005     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.50 | 0.25 | M       | 0+180      | -         | -      | -      | 0+180       | 9      | 4.8             |
| DILAS  | SAMBARBAMBA             | 1° ORDEN | I         | 3+466      | 0.006     | -       | -   | -   | 0.50 | 0.25 | -     | -    | -    | M       | 0+208      | -         | -      | -      | 0+208       | 12     | 8               |
| COLCAPAMPA   | SAMBARBAMBA             | 1° ORDEN | I         | 3+848      | 0.006     | -       | -   | -   | -    | -    | -     | 0.40 | 0.30 | M       | 0+213      | -         | -      | -      | 0+213       | 32     | 18              |

Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón

**Tabla 44: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz.**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                  |          |           |            |           |         |     |      |      |      |     |      |      |            |           |        |        |             |        |                 |       |
|--|------------------|----------|-----------|------------|-----------|---------|-----|------|------|------|-----|------|------|------------|-----------|--------|--------|-------------|--------|-----------------|-------|
| NOMBRE   | FUENTE           | CLASI F. | M AR GE N | PRO G (Km) | Q (m³/s.) | SECCION |     |      |      |      |     |      | STAD | LON G (Km) | REVESTIDO |        |        | NO REV EST. | N° USU | AREA SERV (Hás) |       |
|  |                  |          |           |            |           | TP      |     |      | R    |      | C   | T    |      |            | C°        | Mamp . | Ge om. |             |        |                 |       |
|  |                  |          |           |            |           | B       | b   | h    | b    | h    | Ø   | b    |      |            |           |        |        |             |        |                 | h     |
| SANTA BARBARA  | SAMBARBAMBA      | 1° ORDEN | D         | 5+705      | 0.004     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.40 | R          | 0+778     | -      | -      | -           | 0+778  | 33              | 26    |
| VALIENTE   | SAMBARBAMBA      | 1° ORDEN | I         | 6+205      | 0.004     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.30 | M          | 0+323     | -      | -      | -           | 0+323  | 12              | 10    |
| HERMANOS CUEVA   | QDA. QULISH      | CD       | I         | 7+087      | 0.030     | 0.9     | 0.4 | 0.45 | 0.65 | 0.5  | -   | 0.50 | 0.50 | B-B-R      | 8+123     | 1+400  | -      | -           | 6+723  | 390             | 248   |
| CANAL N° 1   | HNOS. CUEVA      | 1° ORDEN | I         | 3+546      | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.30 | 0.30 | R          | 1+056     | -      | -      | -           | 1+056  | 25              | 15    |
| YUN YUN  | HNOS. CUEVA      | 1° ORDEN | D         | 5+501      | 0.035     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.30 | 0.50 | R          | 1+217     | -      | -      | -           | 1+217  | 15              | 9.5   |
| LOS CHALANES   | HNOS. CUEVA      | 1° ORDEN | D         | 6+893      | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.30 | R          | 0+474     | -      | -      | -           | 0+474  | 10              | 12    |
| QULISH CHILNCAGA   | QDA. QULISH      | CD       | D         | 7+998      | 0.034     | 0.8     | 0.4 | 0.4  | 0.45 | 0.4  | 24" | 0.70 | 0.35 | B-B-B-F    | 5+680     | 1+166  | -      | -           | 4+501  | 90              | 80    |
| PORCON BAJO  | QULISH CHILNCAGA | 1° ORDEN | D         | 3+950      | 0.011     | 0.6     | 0.3 | 0.4  | 0.4  | 0.3  | -   | 0.40 | 0.40 | B-B-M      | 5+482     | 0+089  | -      | -           | 5+393  | 67              | 49.25 |
| SAN JOSE SAN ANTONIO   | QDA. TUAL        | CD       | I         | 1+117      | 0.01      | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.50 | M          | 1+258     | -      | -      | -           | 1+258  | 44              | 16    |
| LA PLANTA  | QDA. TUAL        | CD       | D         | 1+857      | 0.020     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.40 | 0.40 | R          | 0+925     | -      | -      | -           | 0+925  | 32              | 27    |
| LA SHITA   | QDA. TUAL        | CD       | I         | 2+247      | 0.008     | -       | -   | -    | 0.35 | 0.50 | -   | 0.40 | 0.50 | B-R        | 2+143     | 0+005  | -      | -           | 2+138  | 38              | 24    |
| YERBA SANTA  | QDA. TUAL        | CD       | I         | 2+849      | 0.03      | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.40 | M          | 1+468     | -      | -      | -           | 1+468  | 53              | 30    |
| SOTO   | YERBA SANTA      | 1° ORDEN | I         | 0+673      | 0.015     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.40 | 0.40 | R          | 0+702     | -      | -      | -           | 0+702  | 13              | 8     |
| TOTORILLA  | QDA. TUAL        | CD       | I         | 3+098      | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.60 | 0.40 | R          | 1+696     | -      | -      | -           | 1+696  | 70              | 25    |
| PURUMARCA  | QDA. MISHACCHA   | CD       | I         | 0+066      | 0.016     | -       | -   | -    | 0.6  | 0.35 | -   | -    | -    | M          | 1+707     | -      | -      | -           | 1+707  | 32              | 12    |
| TRANCA SAUCE PAMPA   | QDA. LA TRANCA   | CD       | I         | 1+450      | 0.015     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.40 | 0.30 | M          | 1+845     | -      | -      | -           | 1+845  | 29              | 25.38 |
| TRANCA EL HUAYLULO   | QDA. LA TRANCA   | CD       | I         | 1+718      | 0.032     | -       | -   | -    | -    | -    | 4"  | 0.50 | 0.30 | M-R        | 3+919     | -      | -      | -           | 3+587  | 41              | 160   |
| ZIN ZIN LLUSHPILACO  | QDA. LLUSHPILACO | CD       | I         | 0+995      | 0.014     | -       | -   | -    | 0.25 | 0.3  | 7"  | 0.30 | 0.30 | B-B-M      | 4+474     | 0+084  | -      | -           | 4+384  | 49              | 32    |
| TINGO EL INGENIO   | QDA. EL ARPA     | CD       | I         | 0+301      | 0.027     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.50 | 0.40 | R          | 3+542     | -      | -      | -           | 3+542  | 28              | 40    |
| TINGO TUYOLOMA   | QDA. PURHUAY     | CD       | I         | 0+706      | 0.06      | -       | -   | -    | 0.50 | 0.40 | -   | 0.50 | 0.40 | B-M        | 2+683     | 1+345  | -      | -           | 1+338  | 41              | 14.65 |
| ROJAS  | TINGO TUYOLOMA   | 1° ORDEN | I         | 1+704      | 0.004     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.60 | 0.30 | R          | 0+401     | -      | -      | -           | 0+401  | 8               | 3.45  |
| CHUNQUE  | QDA. CARHUAQUERO | CD       | I         | 2+144      | 0.031     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.60 | 0.30 | R          | 1+932     | -      | -      | -           | 1+932  | 42              | 20.88 |
| CARHUAQUERO YACUSHILLA   | QDA. CARHUAQUERO | CD       | D         | 2+492      | 0.019     | -       | -   | -    | -    | -    | -   | 0.70 | 0.70 | R          | 1+212     | -      | -      | -           | 1+212  | 30              | 77.15 |

**Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 45: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                         |          |           |            |           |         |     |      |     |     |        |      |            |           |        |       |             |        |                 |        |        |
|--|-------------------------|----------|-----------|------------|-----------|---------|-----|------|-----|-----|--------|------|------------|-----------|--------|-------|-------------|--------|-----------------|--------|--------|
| NOMBRE   | FUENTE                  | CLASI F. | M AR GE N | PRO G (Km) | Q (m³/s.) | SECCION |     |      |     |     |        | STAD | LON G (Km) | REVESTIDO |        |       | NO REV EST. | N° USU | AREA SERV (Hás) |        |        |
|  |                         |          |           |            |           | TP      |     |      | R   |     | C      |      |            | T         |        | C°    |             |        |                 | Mamp . | Ge om. |
|  |                         |          |           |            |           | B       | b   | h    | b   | h   | Ø      |      |            | b         | h      |       |             |        |                 |        |        |
| LLANOS   | CARHUAQUERO YACUSHILLA  | 1° ORDEN | I         | 0+442      | 0.005     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.40   | 0.40 | R          | 0+401     | -      | -     | -           | 0+401  | 7               | 4.55   |        |
| CARHUAQUERO YACUSHILLA   | QDA. CARHUAQUERO        | CD       | I         | 2+925      | 0.036     | -       | -   | -    | -   | 6"  | 0.40   | 0.30 | B-R        | 6+039     | -      | -     | -           | 6+025  | 96              | 58     |        |
| CANAL N° 1   | CARHUAQUERO YACUSHILLA  | 1° ORDEN | D         | 0+996      | 0.012     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.20   | 0.20 | M          | 0+607     | -      | -     | -           | 0+607  | 20              | 14     |        |
| CANAL N° 2   | CARHUAQUERO YACUSHILLA  | 1° ORDEN | I         | 4+124      | 0.008     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | M          | 0+907     | -      | -     | -           | 0+907  | 10              | 8      |        |
| YANACOA LLAGAMARCA   | QDA. ENCAJON            | CD       | D         | 3+772      | 0.037     | 0.5     | 0.3 | 0.35 | -   | -   | 0.55   | 0.40 | B-R        | 19+682    | 3+585  | -     | -           | 16+097 | 43              | 30     |        |
| VILLANUEVA   | YANACOA LLAGAMARCA      | 1° ORDEN | I         | 18+984     | 0.012     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.40   | 0.30 | R          | 0+670     | -      | -     | -           | 0+670  | 11              | 8      |        |
| SAN JOSE SALVADOR DE CO  | QDA. COREMAYO           | CD       | D         | 1+494      | 0.040     | -       | -   | -    | 0.5 | 0.5 | 24"    | 0.60 | 0.40       | B-R-B-F   | 15+616 | 1+125 | 0+026       | -      | 14+380          | 79     | 50.78  |
| CASTREJON I  | SAN JOSE SALVADOR DE CO | 1° ORDEN | D         | 13+398     | 0.008     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.50   | 0.40 | R          | 0+580     | -      | -     | -           | 0+580  | 6               | 4.1    |        |
| CASTREJON II   | SAN JOSE SALVADOR DE CO | 1° ORDEN | I         | 14+131     | 0.008     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.60   | 0.20 | M          | 0+405     | -      | -     | -           | 0+405  | 10              | 6.75   |        |
| ARCUYOC EL POTRERO   | QDA. COREMAYO           | CD       | D         | 3+292      | 0.039     | 0.6     | 0.4 | 0.4  | -   | -   | 10"    | 0.50 | 0.30       | B-B-M     | 14+950 | 0+092 | -           | -      | 14+761          | 168    | 178.96 |
| YOP LA   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 11+016     | 0.007     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.45 | R          | 0+344     | -      | -     | -           | 0+344  | 7               | 3.49   |        |
| CALUA I  | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | D         | 11+853     | 0.007     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.45 | R          | 0+265     | -      | -     | -           | 0+265  | 8               | 16.55  |        |
| VALDIVIA   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 12+985     | 0.006     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.50   | 0.50 | R          | 0+100     | -      | -     | -           | 0+100  | 8               | 6.64   |        |
| JULCAMORO  | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 13+243     | 0.006     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.40   | 0.30 | R          | 0+087     | -      | -     | -           | 0+087  | 7               | 4.81   |        |
| ZONAC  | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 13+307     | 0.005     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | R          | 0+309     | -      | -     | -           | 0+309  | 6               | 6.79   |        |
| VILLANUEVA   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 13+670     | 0.006     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | R          | 0+104     | -      | -     | -           | 0+104  | 10              | 8.6    |        |
| CALUA II   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 13+848     | 0.008     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | R          | 0+770     | -      | -     | -           | 0+770  | 16              | 23.4   |        |
| VALDIVIA II  | CALUA II                | 2° ORDEN | I         | 0+679      | 0.004     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | R          | 0+037     | -      | -     | -           | 0+037  | 7               | 4.46   |        |
| VALENCIA   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | D         | 13+917     | 0.005     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.30 | R          | 0+388     | -      | -     | -           | 0+388  | 7               | 7.87   |        |
| CULQUI   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | D         | 13+941     | 0.004     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.30 | R          | 0+387     | -      | -     | -           | 0+387  | 16              | 12.17  |        |
| ANTIGUO  | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 14+093     | 0.004     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.30 | R          | 0+604     | -      | -     | -           | 0+604  | 10              | 11.1   |        |
| LOS ALISOS   | ARCUYOC EL POTRERO      | 1° ORDEN | I         | 14+380     | 0.004     | -       | -   | -    | -   | -   | 0.30   | 0.40 | R          | 0+198     | -      | -     | -           | 0+198  | 11              | 11.50  |        |
| QUSHUAR  | QDA. MUNYUDEN           | CD       | I         | 0+582      | 0.035     | 0.5     | 0.3 | 0.45 | -   | -   | 8"-23" | 0.40 | 0.50       | B-B-R-    | 12+253 | 0+900 | -           | 0+337  | 10+773          | 104    | 85     |

**Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 46: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                         |          |        |           |           |         |     |      |      |      |        |      |      |       |            |           |       |       |             |        |                 |
|--|-------------------------|----------|--------|-----------|-----------|---------|-----|------|------|------|--------|------|------|-------|------------|-----------|-------|-------|-------------|--------|-----------------|
| NOMBRE   | FUENTE                  | CLASIF.  | MARGEN | PROG (Km) | Q (m³/s.) | SECCION |     |      |      |      |        |      |      | STAD  | LON G (Km) | REVESTIDO |       |       | NO REV EST. | N° USU | AREA SERV (Hás) |
|  |                         |          |        |           |           | TP      |     |      | R    |      | C      | T    |      |       |            | C°        | Mamp  | Geom. |             |        |                 |
|  |                         |          |        |           |           | B       | b   | h    | b    | h    | Ø      | b    | h    |       |            |           |       |       |             |        |                 |
| CHILON   | QUISHUAR                | 1° ORDEN | D      | 7+536     | 0.003     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.30 | 0.20 | R     | 0+596      | -         | -     | -     | 0+596       | 6      | 3               |
| ENCAJON COLLOTAN   | QDA. MUNYUDEN           | CD       | I      | 0+629     | 0.063     | 0.6     | 0.4 | 0.4  | 0.40 | 0.30 | 5"-24" | 0.40 | 0.30 | B-B-B | 1+137      | 0+487     | 0+007 | 0+094 | 0+417       | 70     | 48              |
| CANAL N° 1   | ENCAJON COLLOTAN        | 1° ORDEN | I      | 8+238     | 0.010     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.40 | 0.30 | M     | 0+498      | -         | -     | -     | 0+498       | 10     | 8               |
| APALIN LLUSHCAPAMPA EL   | QDA. APALIN             | CD       | D      | 0+482     | 0.035     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.40 | 0.30 | R     | 4+853      | -         | -     | -     | 4+853       | 84     | 50.3            |
| VARGAS   | APALIN LLUSHCAPAMPA EL  | 1° ORDEN | I      | 1+715     | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.30 | 0.20 | R     | 0+813      | -         | -     | -     | 0+813       | 8      | 4.85            |
| SANCHEZ  | APALIN LLUSHCAPAMPA EL  | 1° ORDEN | D      | 2+481     | 0.005     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.40 | 0.20 | R     | 0+252      | -         | -     | -     | 0+252       | 10     | 5.75            |
| CASTREJON  | APALIN LLUSHCAPAMPA EL  | 1° ORDEN | D      | 3+834     | 0.004     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.40 | 0.30 | R     | 0+571      | -         | -     | -     | 0+571       | 8      | 4.95            |
| YERBA BUENA  | QDA. SAMBARBAMBA        | CD       | D      | 9+654     | 0.016     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.50 | 0.30 | R     | 1+730      | -         | -     | -     | 1+730       | 33     | 14.63           |
| LA SHACSHA   | QDA. SAN JOSE           | CD       | I      | 6+541     | 0.034     | 0.8     | 0.4 | 0.4  | 0.45 | 0.4  | -      | 0.70 | 0.35 | B-B-R | 3+974      | 2+644     | -     | -     | 1+330       | 175    | 90              |
| LLUSHCAPAMPA LOS PEROS   | LA SHACSHA              | 1° ORDEN | I      | 1+814     | 0.012     | 0.6     | 0.5 | 0.4  | -    | -    | -      | 0.50 | 0.50 | B-R   | 1+675      | 1+473     | -     | -     | 0+202       | 54     | 32.5            |
| QUINUAMAYO   | LA SHACSHA              | 1° ORDEN | D      | 2+630     | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | 6"     | 0.40 | 0.30 | B-M   | 1+411      | -         | -     | -     | 1+390       | 24     | 12              |
| SAN MARTIN TUPAC AMARU   | QDA. HONDA              | CD       | I      | 13+706    | 0.035     | 0.8     | 0.4 | 0.45 | 0.65 | 0.65 | 32"    | 0.80 | 0.40 | B-B-B | 32+273     | 5+043     | 0+051 | 0+163 | 26+715      | 191    | 290.06          |
| HUALTIPAMPA I  | SAN MARTIN TUPAN AMARU  | 1° ORDEN | I      | 32+273    | 0.025     | -       | -   | -    | 0.50 | 0.40 | -      | 0.50 | 0.40 | B-R   | 3+328      | 0+556     | -     | -     | 2+772       | 20     | 12              |
| HUALTIPAMPA II   | HUALTIPAMPA I           | 2° ORDEN | D      | 0+381     | 0.015     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.40 | 0.40 | R     | 2+039      | -         | -     | -     | 2+039       | 18     | 10              |
| TUAL   | SAN MARTIN TUPAC AMARU  | 1° ORDEN | D      | 32+273    | 0.015     | 0.7     | 0.5 | 0.4  | 0.5  | 0.5  | -      | 0.80 | 0.40 | B-B-R | 2+345      | 1+017     | -     | -     | 1+328       | 30     | 70              |
| HERRERA  | TUAL                    | 2° ORDEN | D      | 0+589     | 0.010     | -       | -   | -    | 0.6  | 0.4  | -      | -    | -    | B     | 0+729      | 0+729     | -     | -     | -           | 10     | 16.5            |
| COÑOR  | TUAL                    | 2° ORDEN | D      | 0+993     | 0.015     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.50 | 0.40 | R     | 0+821      | -         | -     | -     | 0+821       | 20     | 25.61           |
| CHUPICARUMILA COLPA  | COÑOR                   | 3° ORDEN | D      | 0+384     | 0.006     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.60 | 0.50 | R     | 0+395      | -         | -     | -     | 0+395       | 14     | 17.15           |
| PEREZ  | TUAL                    | 2° ORDEN | D      | 1+653     | 0.006     | -       | -   | -    | 0.4  | 0.30 | -      | 0.40 | 0.30 | R     | 2+582      | -         | 0+032 | -     | 2+550       | 20     | 4.48            |
| HERRERA  | PEREZ                   | 3° ORDEN | D      | 0+835     | 0.008     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.30 | 0.30 | M     | 0+326      | -         | -     | -     | 0+326       | 12     | 7.2             |
| LA CORTADERA   | QDA, LA CORTADERA       | CD       | I      | 1+197     | 0.018     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.30 | 0.30 | R     | 2+678      | -         | -     | -     | 2+678       | 18     | 16.27           |
| MANZANILLA   | M° MANZANILLA I y II    | CD       | -      | -         | 0.010     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.50 | 0.30 | M     | 0+999      | -         | -     | -     | 0+999       | 60     | 24              |
| SAN JOSE DE CHONTAPACC   | M° SAN JOSE DE CHONTAPA | CD       | -      | -         | 0.004     | -       | -   | -    | -    | -    | -      | 0.60 | 0.30 | R     | 1+379      | -         | -     | -     | 1+379       | 43     | 21.28           |

**Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 47: Inventario de Canales de Derivación en la cuenca del río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz**

| CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                          |          |           |            |           |         |   |   |     |     |   |      |      |      |            |           |        |        |             |        |                 |
|--|--------------------------|----------|-----------|------------|-----------|---------|---|---|-----|-----|---|------|------|------|------------|-----------|--------|--------|-------------|--------|-----------------|
| NOMBRE   | FUENTE                   | CLASI F. | M AR GE N | PRO G (Km) | Q (m³/s.) | SECCION |   |   |     |     |   |      |      | STAD | LON G (Km) | REVESTIDO |        |        | NO REV EST. | N° USU | AREA SERV (Hás) |
|  |                          |          |           |            |           | TP      |   |   | R   |     | C | T    |      |      |            | C°        | Mamp . | Ge om. |             |        |                 |
|  |                          |          |           |            |           | B       | b | h | b   | h   | Ø | b    | h    |      |            |           |        |        |             |        |                 |
| MANZANAS CAPELLANIA  | M° EL PUQUIO             | CD       | -         | -          | 0.004     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.30 | R    | 0+521      | -         | -      | -      | 0+521       | 34     | 18              |
| SAUCO PUQUIO   | M° SAUCOPUQUIO I y II    | CD       | -         | -          | 0.013     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.40 | R    | 1+711      | -         | -      | -      | 1+711       | 15     | 7.65            |
| YOPLA  | SAUCOPUQUIO              | 1° ORDEN | D         | 0+486      | 0.003     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.30 | R    | 0+363      | -         | -      | -      | 0+363       | 8      | 6               |
| BACON  | SAUCOPUQUIO              | 1° ORDEN | D         | 0+844      | 0.002     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.30 | 0.30 | R    | 0+604      | -         | -      | -      | 0+604       | 6      | 4               |
| SUROCONGA COÑOR  | M° OGORIS I y II         | CD       | -         | -          | 0.015     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.30 | R    | 1+790      | -         | -      | -      | 1+790       | 54     | 28.13           |
| VALDIVIA   | SUROCONGA COÑOR          | 1° ORDEN | I         | 0+622      | 0.004     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.30 | 0.30 | R    | 0+442      | -         | -      | -      | 0+442       | 10     | 5.75            |
| TINGO EL COÑOR   | M° EL TINGO              | CD       | -         | -          | 0.005     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.60 | 0.50 | R    | 0+264      | -         | -      | -      | 0+264       | 18     | 9.05            |
| CASTREJON  | TINGO EL COÑOR           | 1° ORDEN | -         | 0+000      | 0.001     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.50 | 0.30 | R    | 0+158      | -         | -      | -      | 0+158       | 6      | 1.5             |
| QULISH CINCE LAS VIZCACHAS                                     | M° CINCE                 | CD       | -         | -          | 0.004     | -       | - | - | 0.4 | 0.4 | - | 0.80 | 0.60 | R-R  | 3+462      | 0+078     | -      | -      | 3+384       | 118    | 29.32           |
| MARAYNILLO   | M° MARAYNILLO            | CD       | -         | -          | 0.018     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.50 | 0.40 | R    | 4+271      | -         | -      | -      | 4+271       | 50     | 24.93           |
| SHALLUAYOC   | M° SHALLUAYOC            | CD       | -         | -          | 0.008     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.30 | R    | 1+534      | -         | -      | -      | 1+534       | 28     | 4.51            |
| UÑIGAN   | M° UÑIGAN I, II, III, IV | CD       | -         | -          | 0.012     | -       | - | - | -   | -   | - | 0.40 | 0.30 | R    | 0+672      | -         | -      | -      | 0+672       | 30     | 15.63           |

**Fuente: Junata de Usuarios del Río Mashcón**

| SECCION         | ESTADO      |
|-----------------|-------------|
| TP =TRAPEZOIDAL | B = BUENO   |
| R = RECTANGULAR | R = REGULAR |
| C = CIRCULAR    | M = MALO    |
| T = TIERRA      |             |

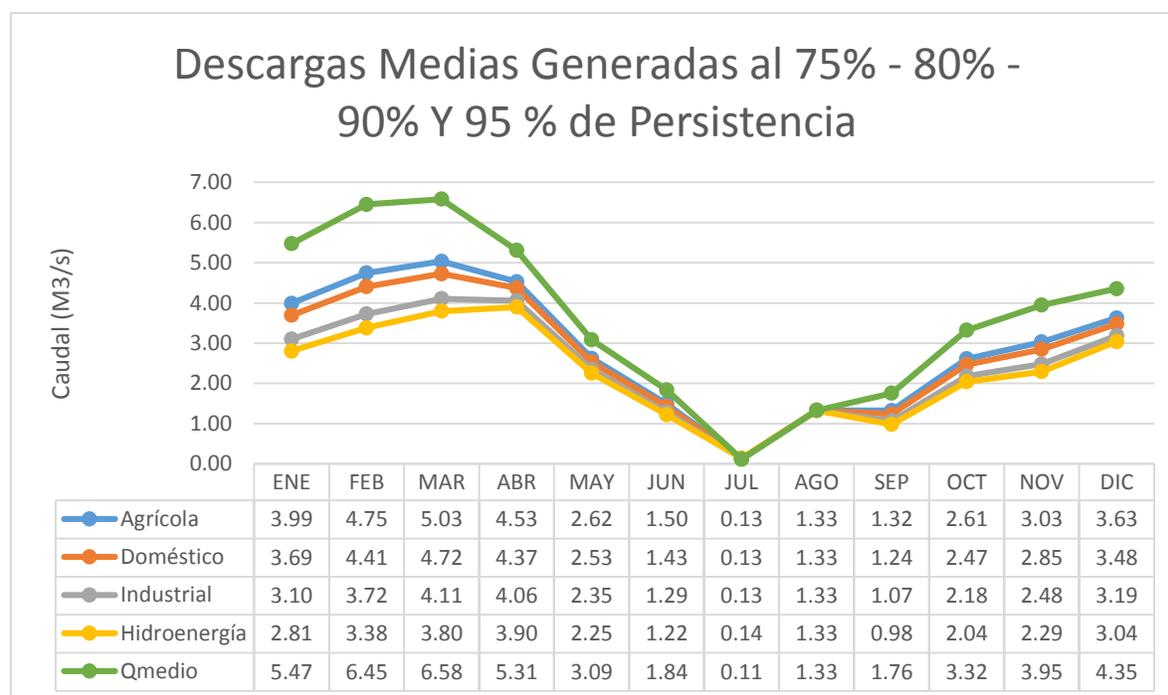
|                |             |             |
|----------------|-------------|-------------|
| <b>Qtotal=</b> | <b>1.31</b> | <b>m³/s</b> |
|----------------|-------------|-------------|

#### 4.5. OFERTAS HÍDRICAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO MASHCÓN

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

Analizando las descargas medias mensuales generadas se ha determinado que la masa anual media en la cuenca del Río Mashcón es de 34.57 m<sup>3</sup>/s, estando concentrado en la época de lluvias (octubre-abril) el 70 % de la misma y el 30% restante, en la época de estiaje.

Por otro lado, los caudales anuales promedio para oferta hídrica le corresponde: 2.87 m<sup>3</sup>/s para riego, 2.72 m<sup>3</sup>/s para uso doméstico, 2.42 m<sup>3</sup>/s para industrial y 2.27 m<sup>3</sup>/s para hidroenergía.



**Figura 23 : Disponibilidad Hídrica de la cuenca del Río Mashcón con punto de descarga en la captación Huacaríz.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Si bien es cierto, el registro de caudales generados por el modelo son hasta el año 2016 y los caudales aforados fueron en el año 2017, está es una limitante del presente trabajo; habiendo realizado las aclaraciones respectivas; se ha evaluado la oferta hídrica generada con el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz, dando como resultado para uso agrícola los siguientes valores, ver tabla (48); a los caudales aforados se le sumaría el caudal que se pierde en los canales de derivación aguas arriba del punto de aforo; esto solamente en los meses de estiaje, ya que en los meses de lluvia el caudal total no se ve afectado por dichos canales. Haciendo una breve comparación entre el caudal obtenido con el modelo realizado en el mes de septiembre que es de 1.32 m<sup>3</sup>/s, con el caudal final para el mismo mes se tiene 1.62 m<sup>3</sup>/s; los caudales no son iguales; sin embargo, cabe recalcar que el modelo tiene ciertas restricciones; teniendo en cuenta también que no se cuenta con información suficiente para realizar una comparación con mayor precisión; habiendo realizado dicha aclaración; en términos generales; la metodología del modelo tiene una tendencia no muy adecuada para la cuenca; sin embargo, resuelve de manera sencilla el problema de la falta de información hidrométrica en la cuenca del Río Mashcón, siendo a su vez muy útil para generar escorrentías medias mensuales y sirviendo como base de estudio para otras investigaciones posteriores.

**Tabla 48: Caudales finales descontando el caudal total de los canales de derivación**

| <b>Qagrícola generado con el modelo para la cuenca del Río Mashcón (m3/s)</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ene   | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
| 3.99  | 4.75 | 5.03 | 4.53 | 2.62 | 1.50 | 0.13 | 1.33 | 1.32 | 2.61 | 3.03 | 3.63 |
| <b>Qt total en los Canales de derivación aguas arriba del Pto. aforo (m3/s)</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ene   | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
| 1.31  | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 |
| <b>Caudal de aforos (m3/s)</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ene   | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
| *   | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | 0.31 | 0.5  | *    | *    |
| <b>Qfinal sumando Qaforado más Qt en los canales de derivación (m3/s)</b>       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ene   | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Agos | Sept | Oct  | Nov  | Dic  |
| *   | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | 1.62 | *    | *    | *    |

**Fuente: Elaboración propia.**

## CAPÍTULO V

### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La cuenca del Río Mashcón, con punto emisor en la Captación Huacaríz, tiene un área de 158.313 km<sup>2</sup>, coeficiente orográfico 0.074, relación de confluencias 2.005 e índice de Gravelius 1.528. El cauce principal se denomina Mashcón con una pendiente de 4.728 %, donde se ha observado que el agua es derivada principalmente para uso agrícola y pecuario.
- Los caudales medios mensuales (m<sup>3</sup>/s) generados por el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz período (1968-2016), varían en relación al régimen de precipitación pluvial de la cuenca del Río Mashcón; tal que en los meses lluviosos varía de 6.80 m<sup>3</sup>/s a 3.32 m<sup>3</sup>/s y en los meses de escasez varía de 3.19 m<sup>3</sup>/s a 0.99 m<sup>3</sup>/s, notándose una gran diferencia entre ambos períodos. Dichos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base.
- La oferta hídrica generada por la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz tiene las siguientes variaciones. Para uso agrícola y pecuario con una persistencia del 75 %, el volumen anual promedio es de 2.87 m<sup>3</sup>/s, el mayor volumen es 5.03 m<sup>3</sup>/s (Marzo) y el menor 0.13 m<sup>3</sup>/s (Julio); para consumo humano con una persistencia del 80 % el volumen anual promedio es 2.72 m<sup>3</sup>/s, el mayor volumen es 4.72 m<sup>3</sup>/s (Marzo) y el menor 0.13 m<sup>3</sup>/s (Julio); para uso industrial con una persistencia del 90 %, el volumen promedio anual es de 2.42 m<sup>3</sup>/s, el mayor es 4.11 m<sup>3</sup>/s (Marzo) y el menor 0.13 m<sup>3</sup>/s (Julio); para hidroenergía con una persistencia del 95 %, el volumen anual promedio es de 2.27 m<sup>3</sup>/s el mayor es 3.90 m<sup>3</sup>/s (Marzo) y el menor 0.14 m<sup>3</sup>/s (Julio).
- Los aforos se realizarán con la finalidad de tener un alcance de la oferta hídrica, generada por la cuenca del Río Mashcón, tomando como punto de aforo la Captación Huacaríz.
- Respecto a los modelos determinísticos empleados en el método de Lutz Scholz, el modelo matemático precipitación-escorrentía tiene una tendencia no muy adecuada para

la cuenca, sin embargo, resuelve de manera sencilla la falta de información hidrográfica en la cuenca del Río Mashcón, tomando como punto de aforo la captación Huacaríz.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Como no se cuenta con información de caudales en la cuenca del Río Mashcón (Captación Huacaríz), se recomienda la instalación de una estación hidrométrica, realizando campañas de aforos bimestrales para poder evaluar la variabilidad hídrica del río. De ser posible se podría instalar una regla limnimétrica en el lugar donde se realizó el aforo (100 m aguas arriba de la Captación Huacaríz), donde se realizarían observaciones diarias.
- Debido a que la red hidrológica y meteorológica en la microcuenca es básica, es necesario la instalación de estaciones pluviométricas dentro del área de estudio, para ello se recomienda que en coordinación con la Junta de Usuarios del Río Mashcón o comisión de regantes se evalúe la instalación de pluviómetros y pequeñas estaciones meteorológicas en las partes altas de la cuenca (por encima de los 2000 msnm); y necesariamente se tendría que contar con personal técnico y profesional, además de ello es necesario el cálculo de la demanda real.
- Con esta investigación se logró estimar la disponibilidad de agua en la cuenca del Río Mashcón, sin embargo, a este nivel de estudio no se puede profundizar con mayor detalle, por lo cual se recomienda que tomando como base la presente investigación, se elaboren estudios complementarios más detallados (validación y calibración del modelo, separación de flujo, tipo de suelo, infiltración, evaporación, etc.), las cuales deben ser las más representativas de la zona de estudio para luego poder realizar una extrapolación de estos resultados a otras cuencas con características similares.

## CAPITULO VI

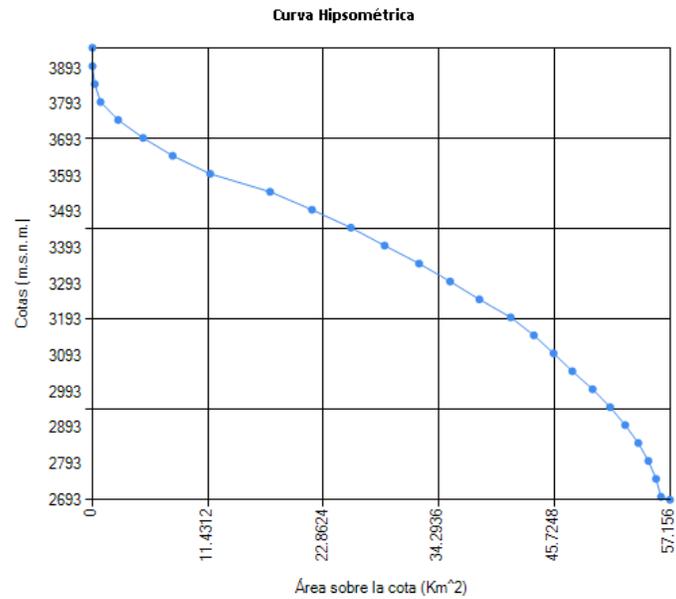
### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chávarri Velarde, E. A. (2004). Hidrología Aplicada: Análisis Probabilístico de las Variables Precipitación Total Anual y Caudal Medio Anual. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 60-68 pp.
2. López Cadenas de Llano, F. (1998). Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, TRANGSATEC, Ministerio de Medio Ambiente. Editorial Mundi Prensa. España: 945 p.
3. Aliaga Araujo, V. (1985). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Ediciones McGrawill, 330 pp.
4. Aliaga Araujo, V. (1985). Hidrología: Tratamiento de Datos. Lima, Perú: Ediciones MacGrawill, 330 pp.
5. Cahuana Andía, A. (2009). Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrología. Cochabamba. (Disponible en: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias>)
6. Chow, V. T. (2000). Hidrología Aplicada. Ediciones McGraw - Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia: 584 pp.
7. Henaos, J. E. (1988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Centro de enseñanza desescolarizada. Bogotá: 396 p.
8. Mejía Marcacuzco, J. A. (2006). Hidrología Aplicada. Lima, Perú: Publidrat, pp. 160-165.
9. Musy, A. (2001). Hydrologie Générale. Fédérale de Lausanne: Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement, pp. 180-185.
10. Ortiz Vera, O. (1995). Hidrología De Superficie. Cajamarca, Perú, pp. 1-97.
11. Scholz, L. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana. Cusco, Perú: Plan Meris II. (Disponible en <https://www.sites.google.com/site/mehepgirhunalm/clase-7>)
12. Vásquez Villanueva, A. (2000). Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río el Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de san miguel – cajamarca.

13. Huamán Vidaurre, F y Rodríguez, R. (2017). Generación de Caudales Medios Mensuales en la Cuenca Grande (Mashcón) por Impactada Actividad Minera. Universidad Nacional De Cajamarca. Perú.
14. Villón Béjar, M. (2002). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Editorial Villón, 430 pp.
15. Villón Béjar, M. (2002). Hidrología Estadística. Lima, Perú: Editorial Villón, 380 pp.
16. Terán, N. (2014) Volumen aprovechable en la microcuenca del río Tres Ríos, usando el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz, validado para los años hidrológicos 2008-2012. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

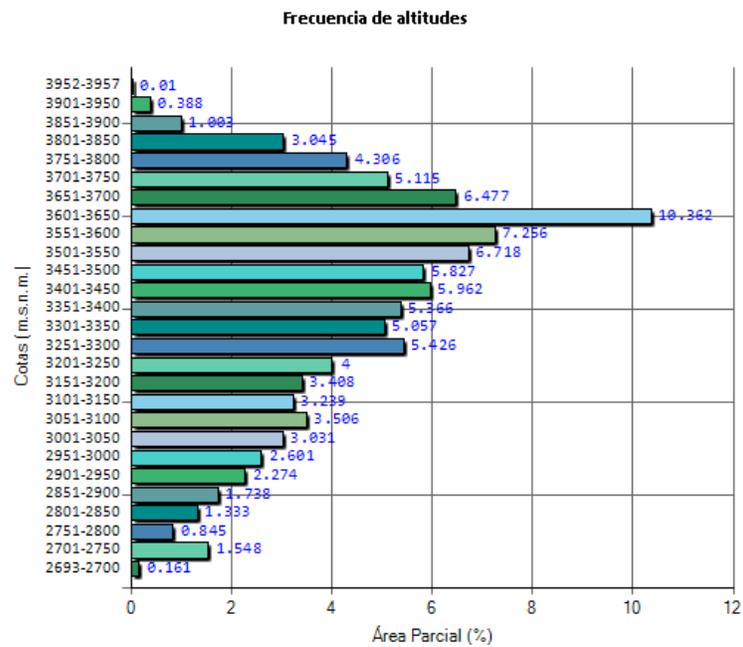
## ANEXOS

### A.1.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Figura 24: Curva hipsométrica.**

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 25: Frecuencia de altitudes.**

**Fuente: Elaboración propia**

## A.2. ANALISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

### GRUPO I:

**Tabla 49: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la Estación Augusto Weberbauer:**

| Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base La Estación Augusto Weberbauer |                                   |                 |                      |                 |
|---|-----------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Parametro Estadísticos  | Periodo 1                         | (1968-2011)     |                      |                 |
|   | Periodo 2                         | (2012-2016)     |                      |                 |
|   | Tamaño                            | n1              | 44                   |                 |
|   |                                   | n2              | 5                    |                 |
|   |                                   | n               | 49                   |                 |
|   | Media                             | X1              | 887.4                |                 |
|   |                                   | X2              | 914.8                |                 |
|   | Desv. Estan.                      | S1              | 135.19               |                 |
|   |                                   | S2              | 135.01               |                 |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup> | 18276.8              |                 |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 18228.58        |                      |                 |
| Consistencia de la Media  | Grados Libertad                   | G.L.            | 47                   |                 |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp              | 135.18               |                 |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd              | 63.80                |                 |
|   | "T" Calculado                     | Tc              | 0.43                 |                 |
|   | "T" Tabulado                      | Tt              | 1.645                |                 |
|   | Criterio de Desición              |                 |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Consistencia Varianza   | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> |                 | SI                   |                 |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.          | 43                   |                 |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.          | 4                    |                 |
|   | "F" Tabulado                      | Fc              | 1.00                 |                 |
|   | "F" Calculado                     | Ft              | 2.2                  |                 |
|   | Criterio de Desición              |                 |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Ecuación de Corrección  |                                   |                 | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 50: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la estación Granja Porcón:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base Granja Porcón</b> |                                   |                               |                 |  |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | <b>Periodo 1</b>                  | <b>(1968-1981; 2012-2016)</b> |                 |  |
|   | <b>Periodo 2</b>                  | <b>(1982-2011)</b>            |                 |  |
|   | Tamaño                            | n1                            | 19              |  |
|   |                                   | n2                            | 30              |  |
|   |                                   | n                             | 49              |  |
|   | Media                             | X1                            | 861.7           |  |
|   |                                   | X2                            | 908.3           |  |
|   | Desv. Estan.                      | S1                            | 125.54          |  |
|   |                                   | S2                            | 138.11          |  |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup>               | 15760.4         |  |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 19075.51                      |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                          | 47              |  |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                            | 133.44          |  |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                            | 39.12           |  |
|   | "T" Calculado                     | Tc                            | 1.19            |  |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                            | 1.645           |  |
|   | Criterio de Desición              |                               | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | NO                            |                 |  |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                        | 29              |  |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                        | 18              |  |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                            | 1.21            |  |
|   | "F" Calculado                     | Ft                            | 2.12            |  |
|   | Criterio de Desición              |                               | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Ecuación de Corrección</b>   |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b>          |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 51: Análisis de saltos y tendencias de la estación (HUACATAZ) tomando como estación base la estación Maqui Maqui:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base Maqui Maqui</b> |                                   |                               |                 |  |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | <b>Periodo 1</b>                  | <b>(1968-1980; 2008-2016)</b> |                 |  |
|   | <b>Periodo 2</b>                  | <b>(1981-2007)</b>            |                 |  |
|   | Tamaño                            | n1                            | 22              |  |
|   |                                   | n2                            | 27              |  |
|   |                                   | n                             | 49              |  |
|   | Media                             | X1                            | 886.2           |  |
|   |                                   | X2                            | 893.5           |  |
|   | Desv. Estan.                      | S1                            | 142.42          |  |
|   |                                   | S2                            | 129.43          |  |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup>               | 20284.2         |  |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 16751.89                      |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                          | 47              |  |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                            | 135.39          |  |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                            | 38.89           |  |
|   | "T" Calculado                     | Tc                            | 0.19            |  |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                            | 1.645           |  |
|   | <b>Criterio de Desición</b>       |                               | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | SI                            |                 |  |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                        | 21              |  |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                        | 26              |  |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                            | 1.21            |  |
|   | "F" Calculado                     | Ft                            | 1.98            |  |
|   | <b>Criterio de Desición</b>       |                               | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Ecuación de Corrección</b>   |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b>          |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**GRUPO II**

**Tabla 52: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA)**

**tomando como estación base la estación Augusto Weberbauer:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Magdalena<br/>tomando como estación Base La Estación Augusto</b> |                        |                                     |        |                 |
|--|------------------------|-------------------------------------|--------|-----------------|
| <b>Parametro Estadísticos</b>  | Periodo 1              | (1968-1981;1990-1998;<br>2012-2016) |        |                 |
|  | Periodo 2              | (1982-1989;1999-2011)               |        |                 |
|  | Tamaño                 | n1                                  | 28     |                 |
|  |                        | n2                                  | 21     |                 |
|  |                        | n                                   | 49     |                 |
|  | Media                  | X1                                  | 472.3  |                 |
|  |                        | X2                                  | 428.0  |                 |
|  | Desv. Estan.           | S1                                  | 202.54 |                 |
| S2   |                        | 176.28                              |        |                 |
| Varianza   | S1^2                   | 41023.5                             |        |                 |
|  | S2^2                   | 31074.22                            |        |                 |
| <b>Consistencia de la Media</b>  | Grados Libertad        | G.L.                                | 47     |                 |
|  | Desv. Estan. Pond.     | Sp                                  | 191.81 |                 |
|  | Desv. Estan. Promedios | Sd                                  | 55.37  |                 |
|  | "T" Calculado          | Tc                                  | 0.80   |                 |
|  | "T" Tabulado           | Tt                                  | 1.645  |                 |
|  | Criterio de Desición   |                                     |        | <b>NO SALTO</b> |
| <b>Consistencia Varianza</b>   | $S1^2 > S2^2$          | SI                                  |        |                 |
|  | G.L. Numerador         | G.L.N.                              | 27     |                 |
|  | G.L. Denominador       | G.L.D.                              | 20     |                 |
|  | "F" Tabulado           | Fc                                  | 1.32   |                 |
|  | "F" Calculado          | Ft                                  | 1.99   |                 |
|  | Criterio de Desición   |                                     |        | <b>NO SALTO</b> |
| <b>Ecuación de Corrección</b>  |                        | <b>NO SE CORRIGE</b>                |        |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 53: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA)  
tomando como estación base la estación Granja Porcón:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Magdalena<br/>tomando como estación Base Granja Porcón</b> |                                   |                      |                 |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>  | Periodo 1                         | (1968-1994)          |                 |  |
|  | Periodo 2                         | (1995-2016)          |                 |  |
|  | Tamaño                            | n1                   | 27              |  |
|  |                                   | n2                   | 22              |  |
|  |                                   | n                    | 49              |  |
|  | Media                             | X1                   | 457.6           |  |
|  |                                   | X2                   | 450.6           |  |
|  | Desv. Estan.                      | S1                   | 179.58          |  |
|  |                                   | S2                   | 200.99          |  |
|  | Varianza                          | S1 <sup>2</sup>      | 32249.8         |  |
| S2 <sup>2</sup>  |                                   | 40398.07             |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>  | Grados Libertad                   | G.L.                 | 47              |  |
|  | Desv. Estan. Pond.                | Sp                   | 189.45          |  |
|  | Desv. Estan. Promedios            | Sd                   | 54.41           |  |
|  | "T" Calculado                     | Tc                   | 0.13            |  |
|  | "T" Tabulado                      | Tt                   | 1.645           |  |
|  | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>   | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | NO                   |                 |  |
|  | G.L. Numerador                    | G.L.N.               | 21              |  |
|  | G.L. Denominador                  | G.L.D.               | 26              |  |
|  | "F" Tabulado                      | Fc                   | 1.25            |  |
|  | "F" Calculado                     | Ft                   | 1.98            |  |
|  | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| Ecuación de Corrección   |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 54: Análisis de saltos y tendencias de la estación (MAGDALENA)  
tomando como estación base la estación Maqui Maqui:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Magdalena<br/>tomando como estación Base Maqui Maqui</b> |                                   |                      |                 |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>  | Periodo 1                         | (1968-1981)          |                 |  |
|  | Periodo 2                         | (1982-2016)          |                 |  |
|  | Tamaño                            | n1                   | 14              |  |
|  |                                   | n2                   | 35              |  |
|  |                                   | n                    | 49              |  |
|  | Media                             | X1                   | 472.0           |  |
|  |                                   | X2                   | 445.8           |  |
|  | Desv. Estan.                      | S1                   | 184.55          |  |
|  |                                   | S2                   | 195.76          |  |
| Varianza   | S1 <sup>2</sup>                   | 34059.8              |                 |  |
|  | S2 <sup>2</sup>                   | 38322.68             |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>  | Grados Libertad                   | G.L.                 | 47              |  |
|  | Desv. Estan. Pond.                | Sp                   | 192.73          |  |
|  | Desv. Estan. Promedios            | Sd                   | 60.95           |  |
|  | "T" Calculado                     | Tc                   | 0.43            |  |
|  | "T" Tabulado                      | Tt                   | 1.645           |  |
|  | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>   | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | NO                   |                 |  |
|  | G.L. Numerador                    | G.L.N.               | 34              |  |
|  | G.L. Denominador                  | G.L.D.               | 13              |  |
|  | "F" Tabulado                      | Fc                   | 1.13            |  |
|  | "F" Calculado                     | Ft                   | 2.36            |  |
|  | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| Ecuación de Corrección   |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**GRUPO III:**

**Tabla 55: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando como estación base la estación Augusto Weberbauer:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Negritos tomando como estación Base La Estación Augusto</b> |                                   |                 |                      |                 |
|---|-----------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-2011)     |                      |                 |
|   | Periodo 2                         | (2012-2016)     |                      |                 |
|   | Tamaño                            | n1              | 44                   |                 |
|   |                                   | n2              | 5                    |                 |
|   |                                   | n               | 49                   |                 |
|   | Media                             | X1              | 894.8                |                 |
|   |                                   | X2              | 1007.0               |                 |
|   | Desv. Estan.                      | S1              | 150.98               |                 |
|   |                                   | S2              | 126.08               |                 |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup> | 22793.8              |                 |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 15895.68        |                      |                 |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.            | 47                   |                 |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp              | 149.02               |                 |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd              | 70.33                |                 |
|   | "T" Calculado                     | Tc              | 1.60                 |                 |
|   | "T" Tabulado                      | Tt              | 1.645                |                 |
|   | Criterio de Desición              |                 |                      | <b>NO SALTO</b> |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | SI              |                      |                 |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.          | 43                   |                 |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.          | 4                    |                 |
|   | "F" Tabulado                      | Fc              | 1.43                 |                 |
|   | "F" Calculado                     | Ft              | 5.7                  |                 |
|   | Criterio de Desición              |                 |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Ecuación de Corrección  |                                   |                 | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 56: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando como estación base la estación Granja Porcón:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Negritos<br/>tomando como estación Base Granja Porcón</b> |                                   |                        |                      |                 |
|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-1981; 1997-2016) |                      |                 |
|   | Periodo 2                         | (1982-1996)            |                      |                 |
|   | Tamaño                            | n1                     | 34                   |                 |
|   |                                   | n2                     | 15                   |                 |
|   |                                   | n                      | 49                   |                 |
|   | Media                             | X1                     | 930.1                |                 |
|   |                                   | X2                     | 915.3                |                 |
|   | Desv. Estan.                      | S1                     | 151.70               |                 |
|   |                                   | S2                     | 147.55               |                 |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup>        | 23013.5              |                 |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 21771.50               |                      |                 |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                   | 47                   |                 |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                     | 150.48               |                 |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                     | 46.64                |                 |
|   | "T" Calculado                     | Tc                     | 0.32                 |                 |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                     | 1.645                |                 |
|   | Criterio de Desición              |                        |                      | <b>NO SALTO</b> |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | SI                     |                      |                 |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                 | 33                   |                 |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                 | 14                   |                 |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                     | 1.06                 |                 |
|   | "F" Calculado                     | Ft                     | 2.30                 |                 |
|   | Criterio de Desición              |                        |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Ecuación de Corrección  |                                   |                        | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 57: Análisis de saltos y tendencias de la estación (NEGRITOS) tomando como estación base la estación Maqui Maqui:**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Negritos tomando como estación Base Maqui Maqui</b> |                                   |                        |                 |  |
|---|-----------------------------------|------------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-1990; 2005-2016) |                 |  |
|   | Periodo 2                         | (1991-2004)            |                 |  |
|   | Tamaño                            | n1                     | 35              |  |
|   |                                   | n2                     | 14              |  |
|   |                                   | n                      | 49              |  |
|   | Media                             | X1                     | 911.5           |  |
|   |                                   | X2                     | 909.0           |  |
|   | Desv. Estan.                      | S1                     | 160.02          |  |
|   |                                   | S2                     | 134.40          |  |
| Varianza  | S1 <sup>2</sup>                   | 25607.2                |                 |  |
|   | S2 <sup>2</sup>                   | 18063.45               |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                   | 47              |  |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                     | 153.36          |  |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                     | 48.50           |  |
|   | "T" Calculado                     | Tc                     | 0.05            |  |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                     | 1.645           |  |
|   | Criterio de Desición              |                        | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | SI                     |                 |  |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                 | 34              |  |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                 | 13              |  |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                     | 1.42            |  |
|   | "F" Calculado                     | Ft                     | 2.36            |  |
|   | Criterio de Desición              |                        | <b>NO SALTO</b> |  |
| Ecuación de Corrección  |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b>   |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**GRUPO IV:**

**Tabla 58: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando como estación base la estación Augusto Weberbauer :**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base La Estación Augusto</b> |                                   |                      |                 |  |
|---|-----------------------------------|----------------------|-----------------|--|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-2011)          |                 |  |
|   | Periodo 2                         | (2012-2016)          |                 |  |
|   | Tamaño                            | n1                   | 44              |  |
|   |                                   | n2                   | 5               |  |
|   |                                   | n                    | 49              |  |
|   | Media                             | X1                   | 1229.4          |  |
|   |                                   | X2                   | 1203.0          |  |
|   | Desv. Estan.                      | S1                   | 184.98          |  |
|   |                                   | S2                   | 200.77          |  |
| Varianza  | S1 <sup>2</sup>                   | 34218.6              |                 |  |
|   | S2 <sup>2</sup>                   | 40307.02             |                 |  |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                 | 47              |  |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                   | 186.38          |  |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                   | 87.96           |  |
|   | "T" Calculado                     | Tc                   | 0.30            |  |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                   | 1.645           |  |
|   | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | NO                   |                 |  |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.               | 4               |  |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.               | 43              |  |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                   | 1.18            |  |
|   | "F" Calculado                     | Ft                   | 2.2             |  |
|   | Criterio de Desición              |                      | <b>NO SALTO</b> |  |
| <b>Ecuación de Corrección</b>   |                                   | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 59: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando como estación base la estación Granja Porcón :**

| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base Granja Porcón</b> |                                   |                        |                      |                 |
|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-1981; 1993-2016) |                      |                 |
|   | Periodo 2                         | (1982-1992)            |                      |                 |
|   | Tamaño                            | n1                     | 38                   |                 |
|   |                                   | n2                     | 11                   |                 |
|   |                                   | n                      | 49                   |                 |
|   | Media                             | X1                     | 1229.6               |                 |
|   |                                   | X2                     | 1216.7               |                 |
|   | Desv. Estan.                      | S1                     | 187.39               |                 |
|   |                                   | S2                     | 183.04               |                 |
|   | Varianza                          | S1 <sup>2</sup>        | 35115.8              |                 |
| S2 <sup>2</sup>   |                                   | 33504.74               |                      |                 |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                   | 47                   |                 |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                     | 186.48               |                 |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                     | 63.85                |                 |
|   | "T" Calculado                     | Tc                     | 0.20                 |                 |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                     | 1.645                |                 |
|   | Criterio de Desición              |                        |                      | <b>NO SALTO</b> |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | SI                     |                      |                 |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                 | 37                   |                 |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                 | 10                   |                 |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                     | 1.05                 |                 |
|   | "F" Calculado                     | Ft                     | 2.10                 |                 |
|   | Criterio de Desición              |                        |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Ecuación de Corrección  |                                   |                        | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 60: Análisis de saltos y tendencias de la estación (PORCÓN I) tomando como estación base la estación Maqui Maqui:**

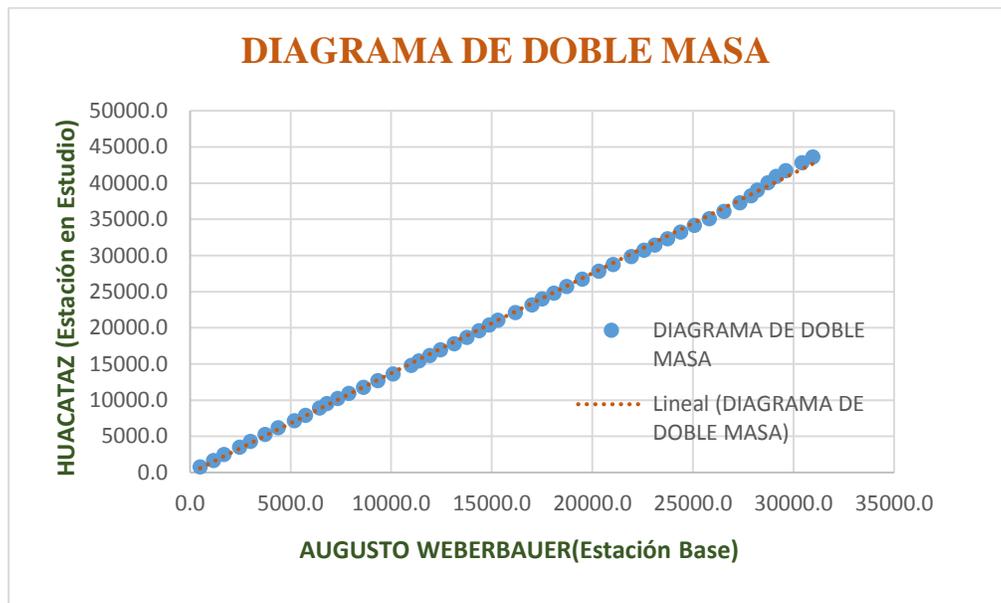
| <b>Análisis de Saltos y Tendencias de la Estación Huacataz tomando como estación Base Maqui Maqui</b> |                                   |                        |                      |                 |
|---|-----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| <b>Parametro Estadísticos</b>   | Periodo 1                         | (1968-1994; 2008-2016) |                      |                 |
|   | Periodo 2                         | (1995-2007)            |                      |                 |
|   | Tamaño                            | n1                     | 35                   |                 |
|   |                                   | n2                     | 14                   |                 |
|   |                                   | n                      | 49                   |                 |
|   | Media                             | X1                     | 1212.2               |                 |
|   |                                   | X2                     | 1262.9               |                 |
|   | Desv. Estan.                      | S1                     | 168.39               |                 |
| S2  |                                   | 222.93                 |                      |                 |
| Varianza  | S1 <sup>2</sup>                   | 28354.1                |                      |                 |
|   | S2 <sup>2</sup>                   | 49697.76               |                      |                 |
| <b>Consistencia de la Media</b>   | Grados Libertad                   | G.L.                   | 47                   |                 |
|   | Desv. Estan. Pond.                | Sp                     | 185.09               |                 |
|   | Desv. Estan. Promedios            | Sd                     | 58.53                |                 |
|   | "T" Calculado                     | Tc                     | 0.87                 |                 |
|   | "T" Tabulado                      | Tt                     | 1.645                |                 |
| Criterio de Desición  |                                   |                        | <b>NO SALTO</b>      |                 |
| <b>Consistencia Varianza</b>  | S1 <sup>2</sup> > S2 <sup>2</sup> | NO                     |                      |                 |
|   | G.L. Numerador                    | G.L.N.                 | 13                   |                 |
|   | G.L. Denominador                  | G.L.D.                 | 34                   |                 |
|   | "F" Tabulado                      | Fc                     | 1.75                 |                 |
|   | "F" Calculado                     | Ft                     | 2.03                 |                 |
|   | Criterio de Desición              |                        |                      | <b>NO SALTO</b> |
| Ecuación de Corrección  |                                   |                        | <b>NO SE CORRIGE</b> |                 |

**Fuente: Elaboración propia**

### A.3. CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

**Tabla 61: Análisis de doble masa por grupos.**

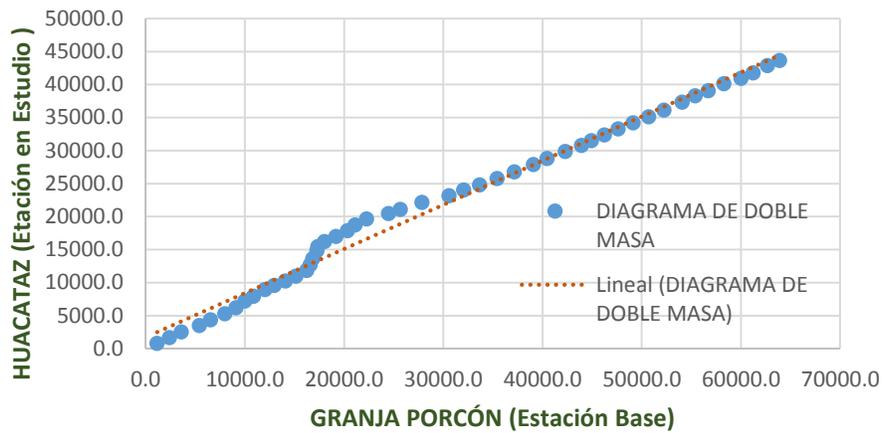
**GRUPO 1:** Estaciones Base con Estación en estudio HUACATAZ



| Periodos en Estudio |             |
|---------------------|-------------|
| Periodo 1           | (1968-2011) |
| Periodo 2           | (2012-2016) |

Fuente: Elaboración propia

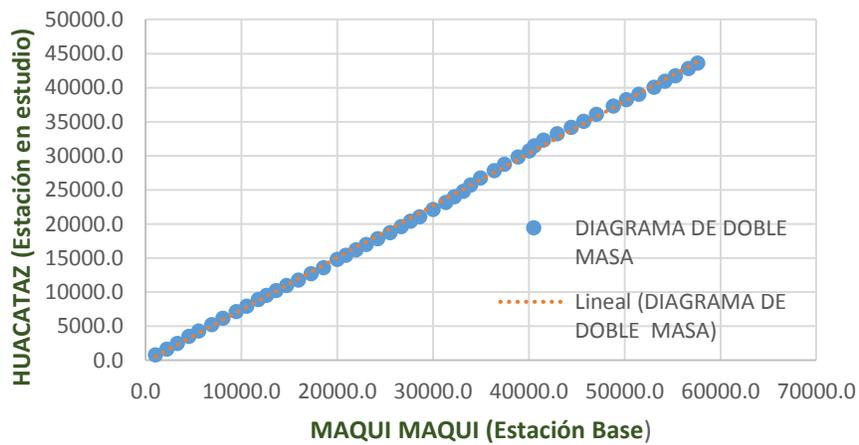
### DIAGRAMA DE DOBLE MASA



| Periodos en Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1981; 2012-2016) |
| Periodo 2           | (1982-2011)            |

Fuente: Elaboración propia

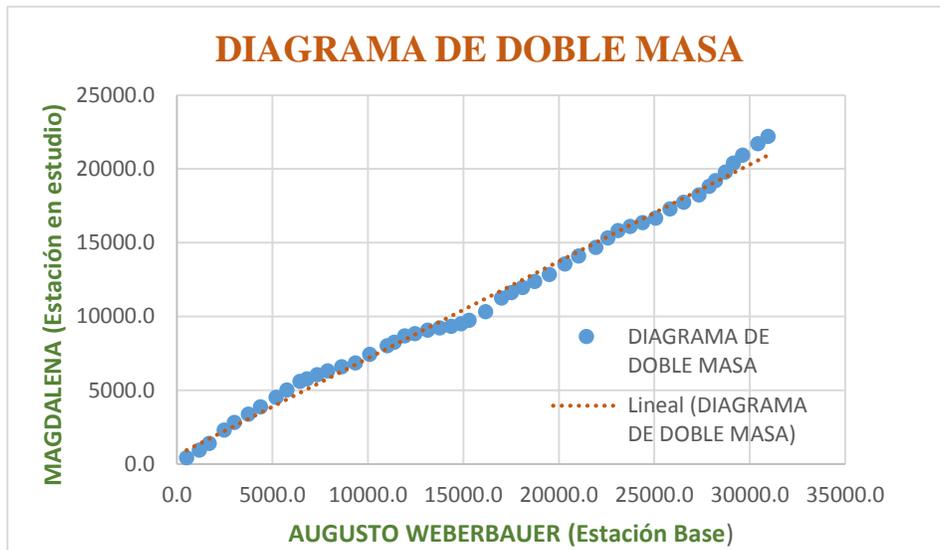
### DIAGRAMA DE DOBLE MASA



| Periodos en Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1980; 2008-2016) |
| Periodo 2           | (1981-2007)            |

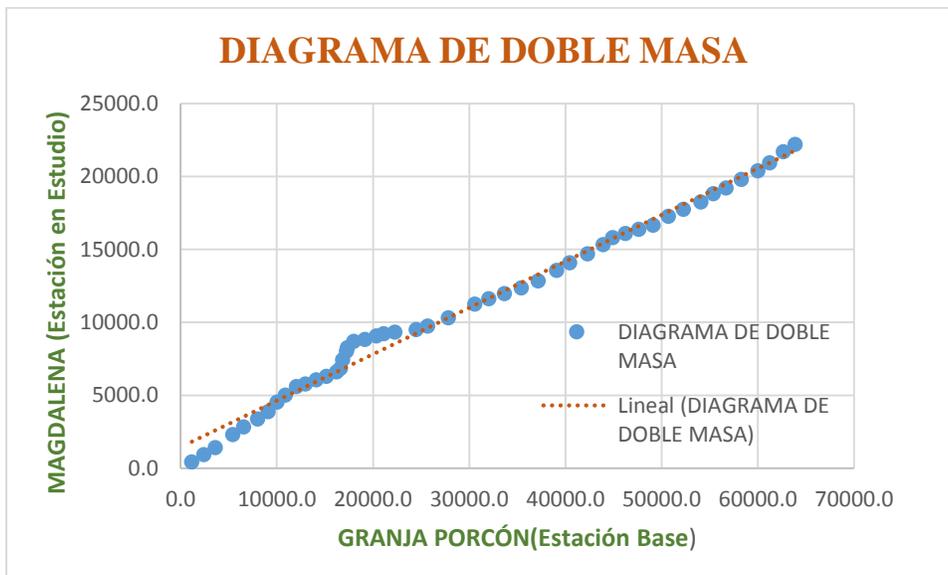
Fuente: Elaboración propia

**GRUPO 2:** Estaciones Base con Estación en estudio MAGDALENA



| Periodos en Estudio |   |
|---------------------|---|
| <b>Periodo 1</b>    | <b>(1968-1981;1990-1998; 2012-2016)</b> |
| <b>Periodo 2</b>    | <b>(1982-1989;1999-2011)</b>            |

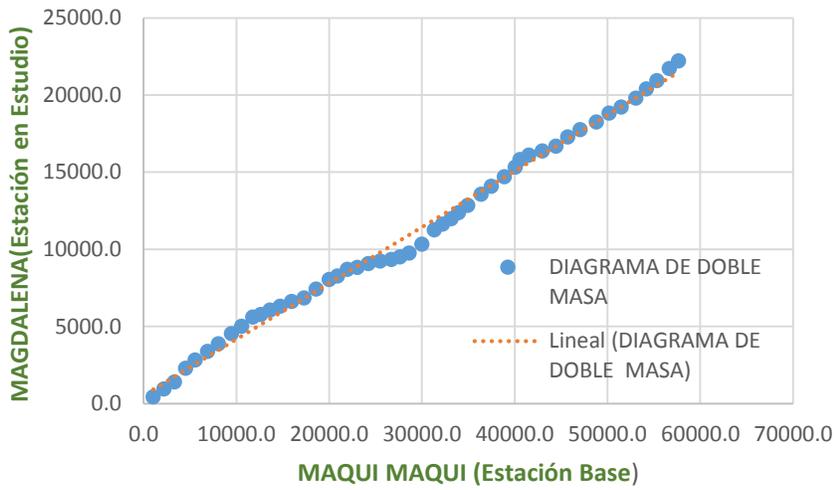
**Fuente: Elaboración propia**



| Periodos en Estudio |                    |
|---------------------|--------------------|
| <b>Periodo 1</b>    | <b>(1968-1994)</b> |
| <b>Periodo 2</b>    | <b>(1995-2016)</b> |

**Fuente: Elaboración propia**

### DIAGRAMA DE DOBLE MASA

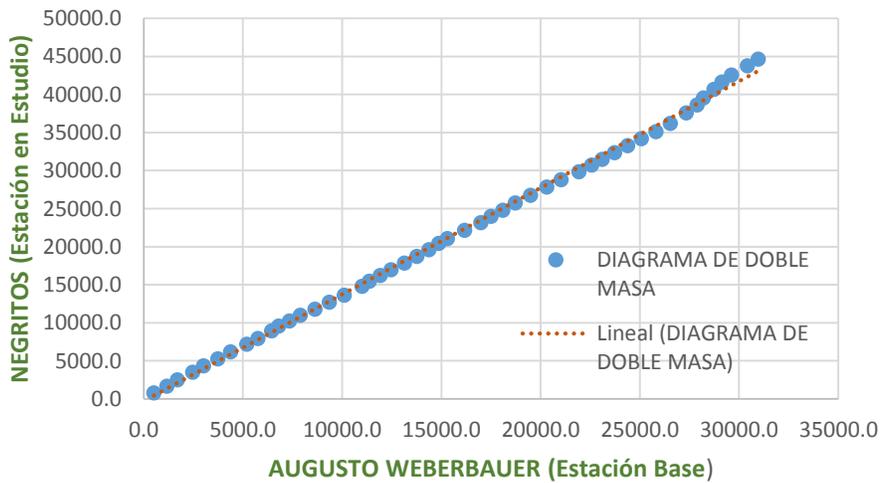


| Periodos en Estudio |             |
|---------------------|-------------|
| Periodo 1           | (1968-1981) |
| Periodo 2           | (1982-2016) |

Fuente: Elaboración propia

### GRUPO 3: Estaciones Base con Estación en estudio NEGRITOS

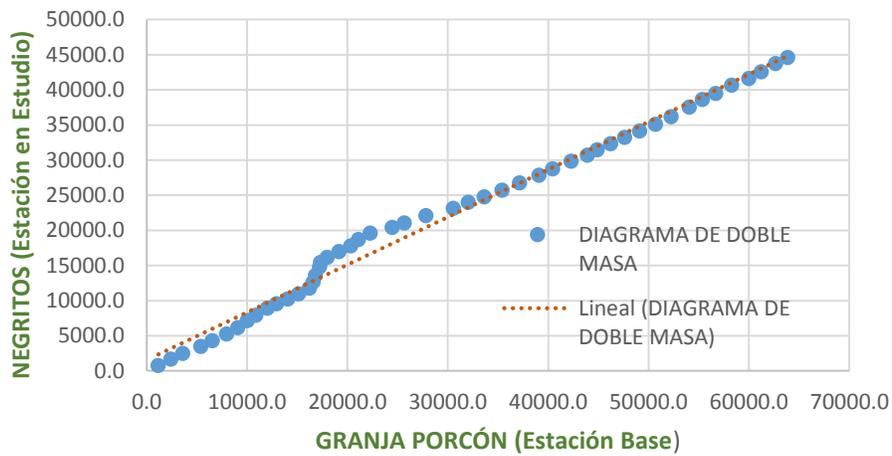
### DIAGRAMA DE DOBLE MASA



| Periodos de Estudio |             |
|---------------------|-------------|
| Periodo 1           | (1968-2011) |
| Periodo 2           | (2012-2016) |

Fuente: Elaboración propia

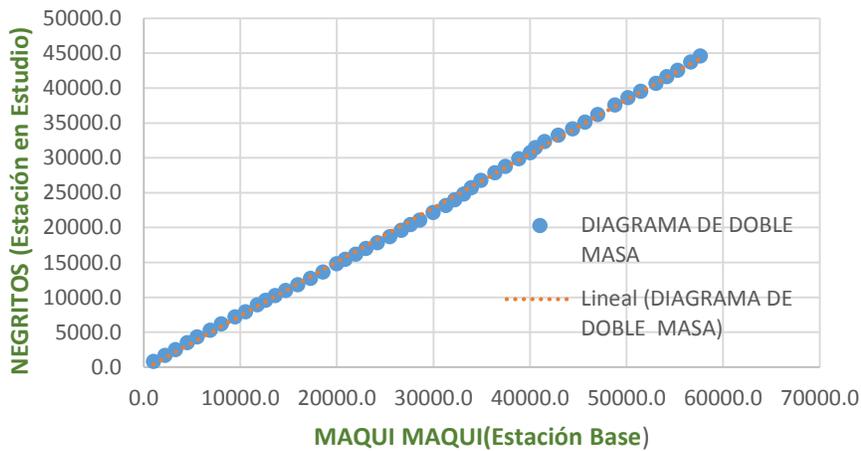
### DIAGRAMA DE DOBLE MASA



| Periodos de Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1981; 1997-2016) |
| Periodo 2           | (1982-1996)            |

Fuente: Elaboración propia

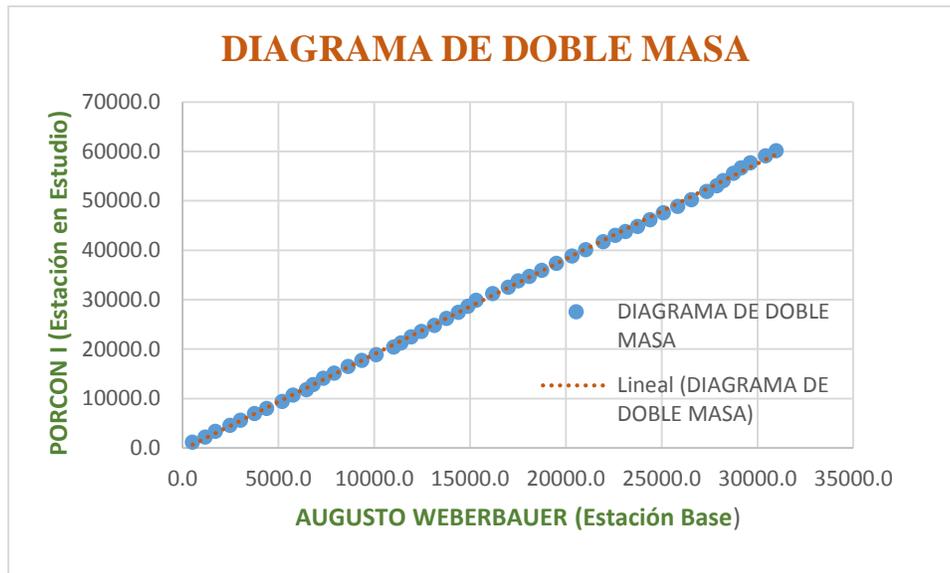
### DIAGRAMA DE DOBLE MASA



| Periodos de Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1990; 2005-2016) |
| Periodo 2           | (1991-2004)            |

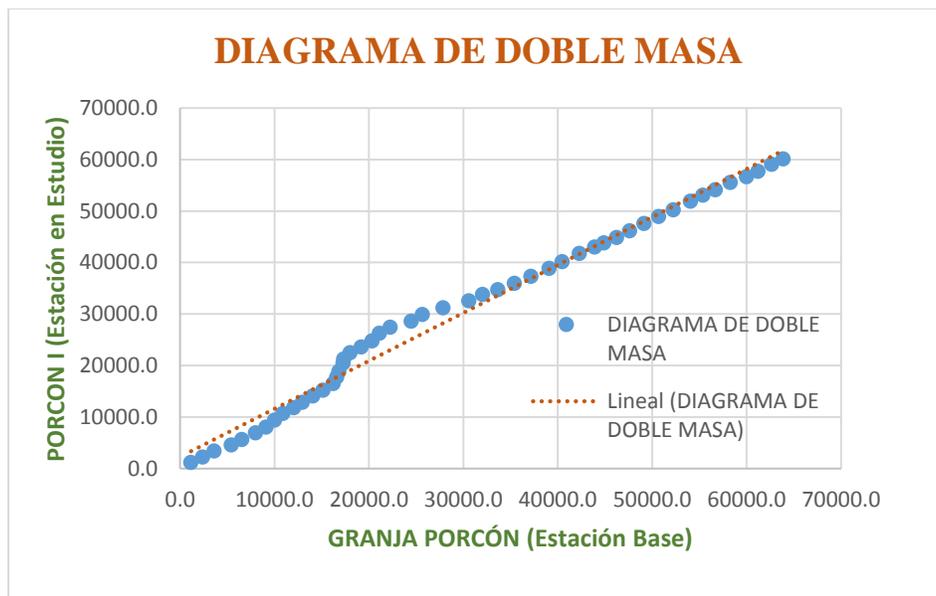
Fuente: Elaboración propia

**GRUPO 4:** Estaciones Base con Estación en estudio PORCÓN I



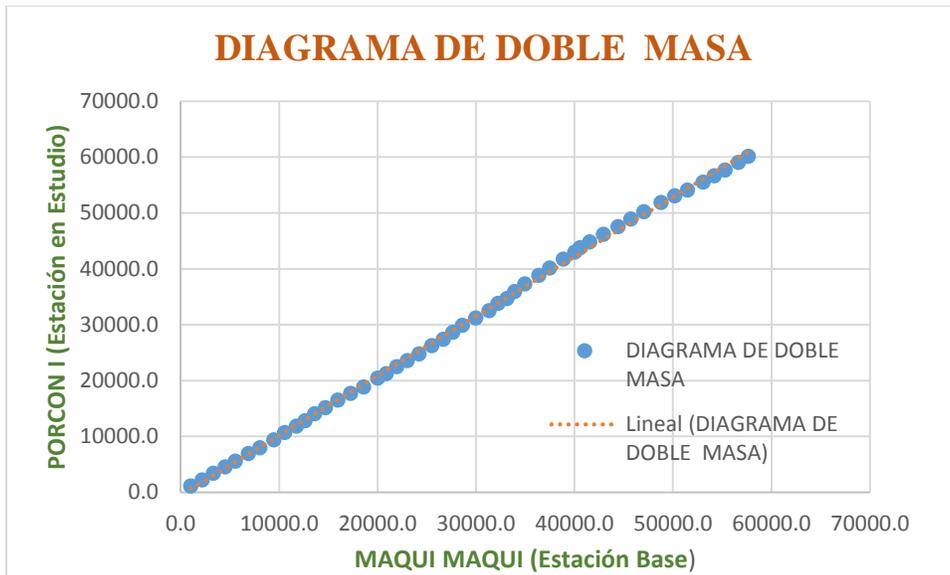
| Periodos de Estudio |             |
|---------------------|-------------|
| Periodo 1           | (1968-2011) |
| Periodo 2           | (2012-2016) |

**Fuente:** Elaboración propia



| Periodos de Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1981; 1993-2016) |
| Periodo 2           | (1982-1992)            |

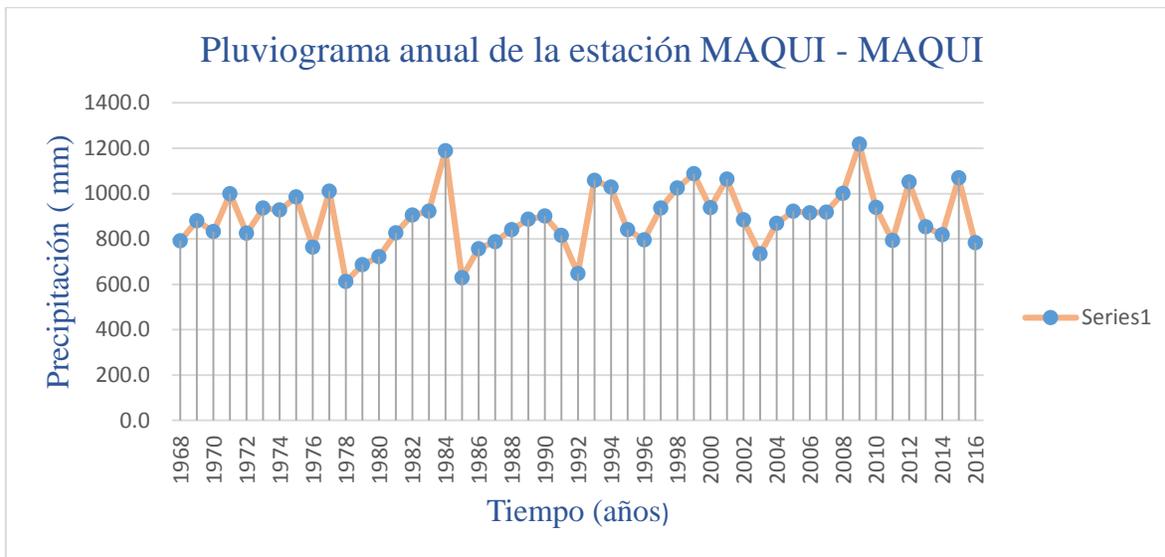
Fuente: Elaboración propia



| Periodos de Estudio |                        |
|---------------------|------------------------|
| Periodo 1           | (1968-1994; 2008-2016) |
| Periodo 2           | (1995-2007)            |

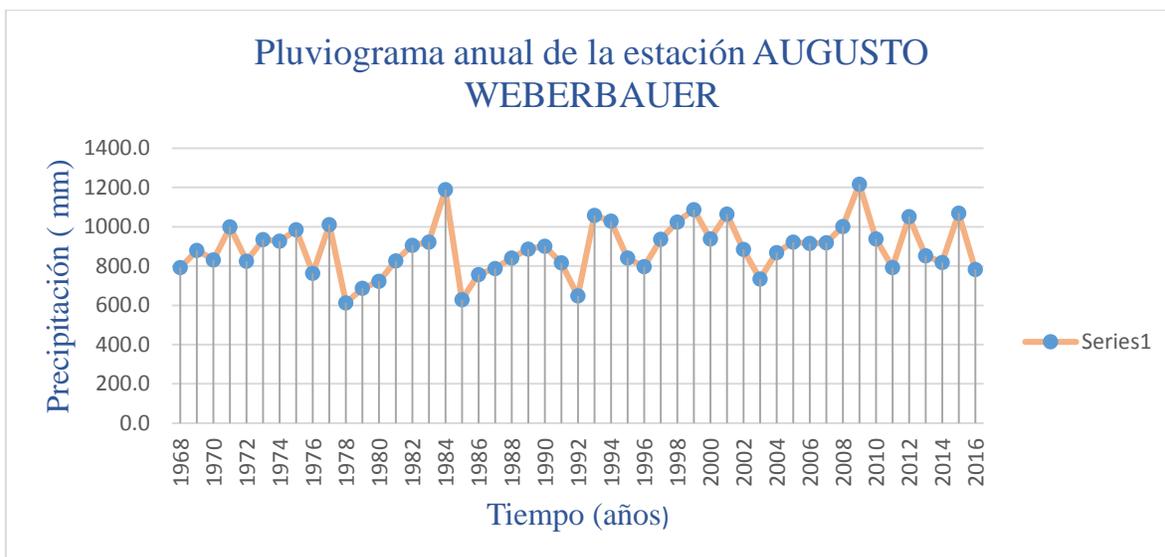
Fuente: Elaboración propia

#### A.4.COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA INFORMACIÓN



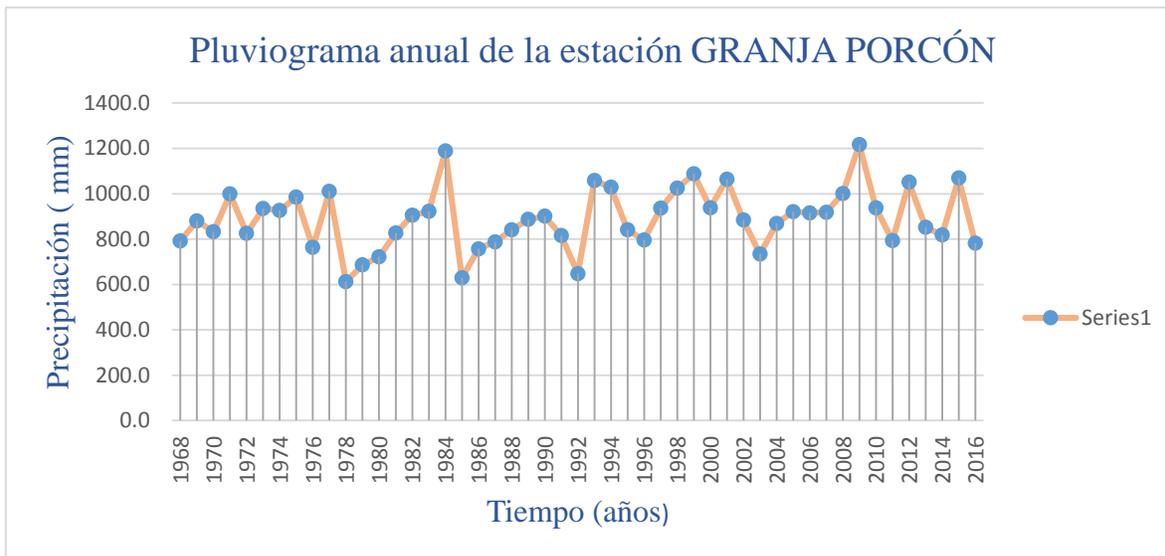
**Figura 26: Pluviograma anual de la estación MAQUI – MAQUI.**

**Fuente: Elaboración propia**



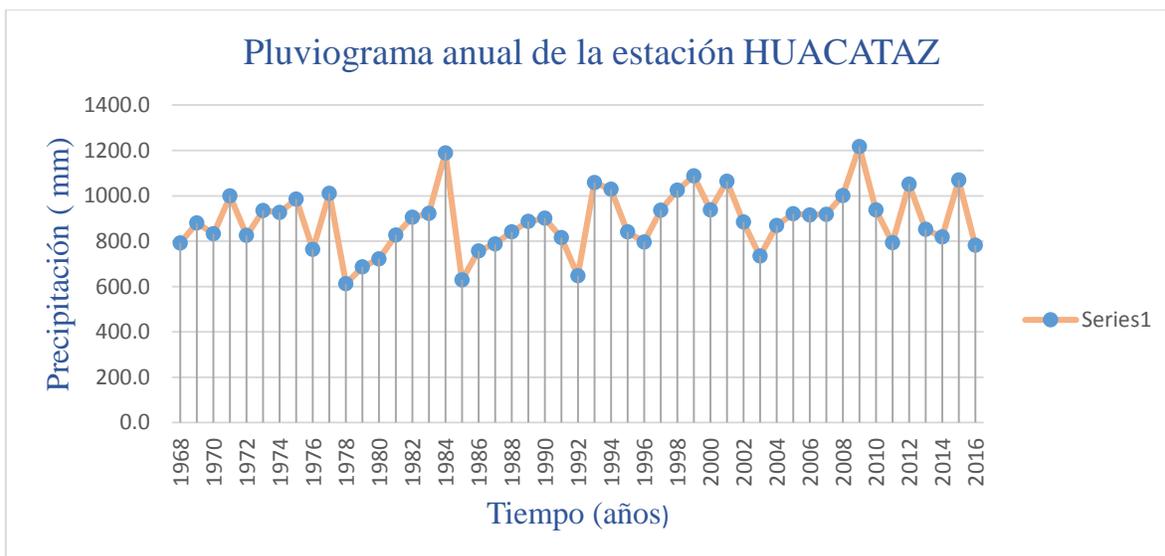
**Figura 27: Pluviograma anual de la estación AUGUSTO WEBERBAUER.**

**Fuente: Elaboración propia**



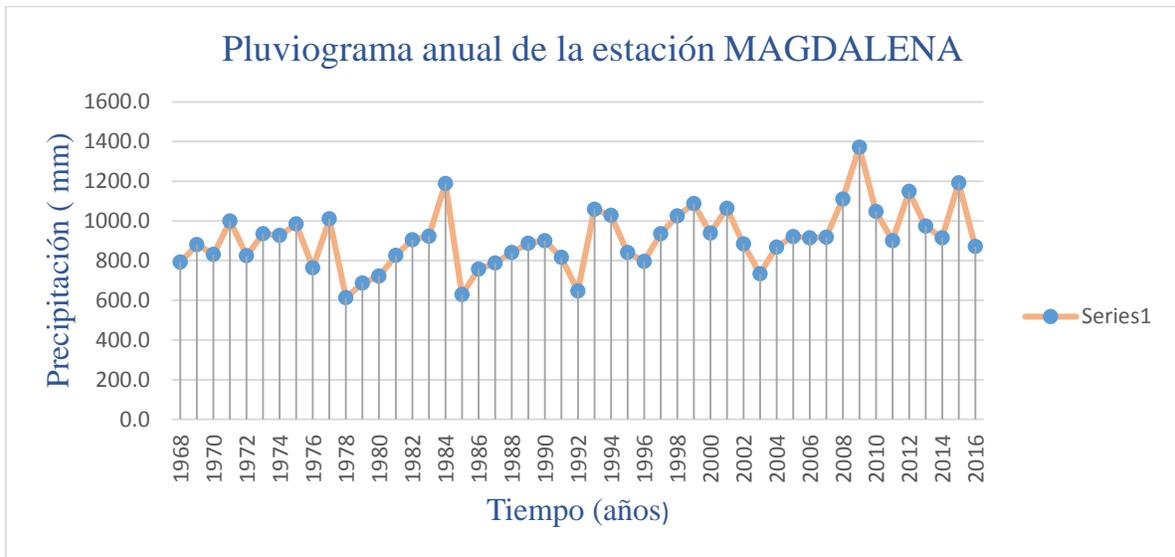
**Figura 28:Pluviograma anual de la estación GRANJA PORCÓN .**

**Fuente: Elaboración propia**



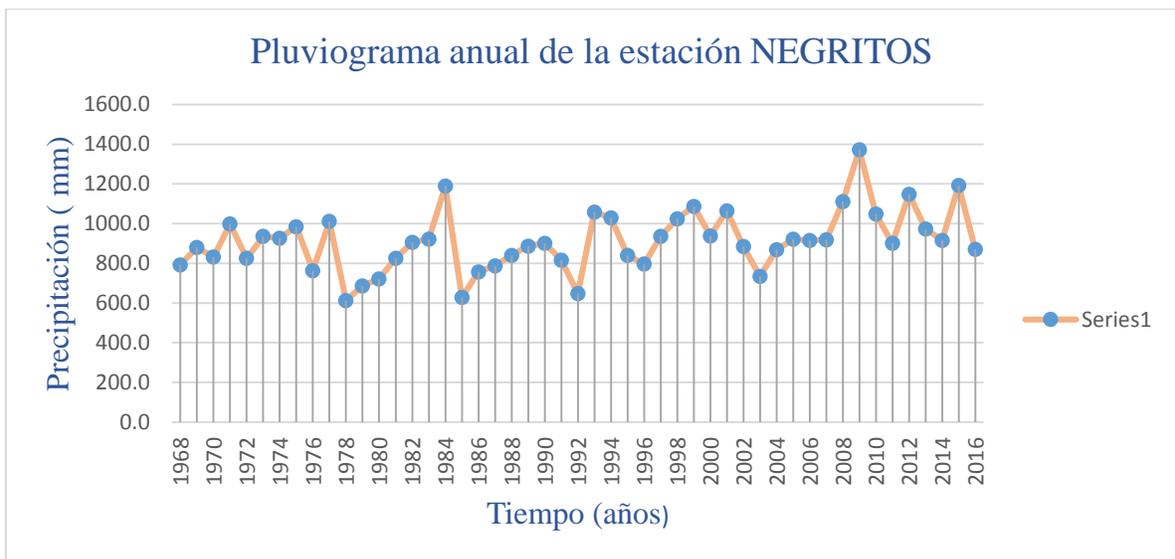
**Figura 29: Pluviograma anual de la estación HUACATAZ.**

**Fuente: Elaboración propia**



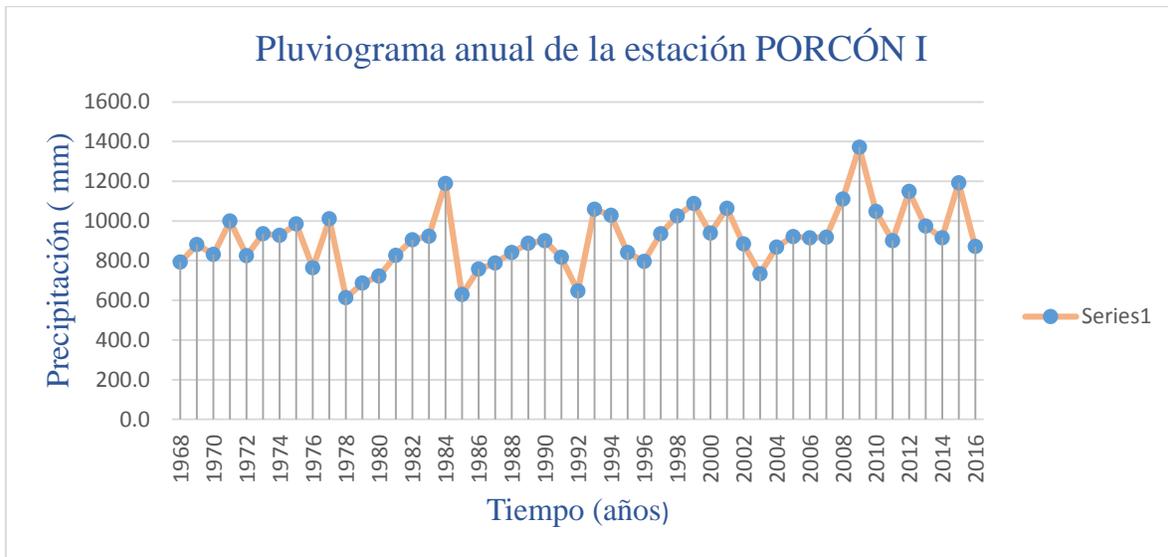
**Figura 30: Pluviograma anual de la estación MAGDALENA.**

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 31: Pluviograma anual de la estación NEGRITOS.**

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 32: Pluviograma anual de la estación PORCÓN I.**

**Fuente: Elaboración propia**

## A.5.PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN

**Tabla 62: Planilla de precipitaciones PROMEDIO (mm).**

| PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO (mm) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| AÑO                                 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1968                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1969                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1970                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P1                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1971                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1972                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1973                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1974                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1975                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P2                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1976                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1977                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1978                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1979                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1980                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P3                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1981                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1982                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1983                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1984                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1985                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P4                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1986                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1987                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1988                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1989                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1990                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P5                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1991                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1992                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1993                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1994                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1995                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P6                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1996                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1997                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1998                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 1999                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2000                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P7                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2001                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2002                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2003                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2004                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| 2005                                | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   |
| Promedio: P8                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2006                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2007                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2008                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2009                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2010                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2011                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2012                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2013                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2014                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2015                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2016                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 63: Planilla de precipitaciones media mensuales en la cuenca del Río “ Mashcón” (mm)**

| PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm) DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |        |        |        |        |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Periodo /Año  | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | ANUAL  |
| 1968 - 1970   | 109.07 | 127.23 | 130.41 | 141.27 | 30.69 | 30.00 | 10.05 | 19.84 | 58.88 | 137.06 | 21.38  | 142.13 | 958.0  |
| 1971 - 1975   | 146.84 | 148.53 | 165.09 | 134.04 | 31.95 | 29.74 | 19.60 | 31.52 | 89.95 | 131.04 | 46.25  | 105.16 | 1079.7 |
| 1976 - 1980   | 144.11 | 119.35 | 112.80 | 112.93 | 59.88 | 10.00 | 9.66  | 19.71 | 50.00 | 117.28 | 118.24 | 108.08 | 982.0  |
| 1981 - 1985   | 84.58  | 32.97  | 126.62 | 115.36 | 45.71 | 14.13 | 10.00 | 17.38 | 54.58 | 132.04 | 97.94  | 143.97 | 875.3  |
| 1986 - 1990   | 224.53 | 145.08 | 105.00 | 133.81 | 45.00 | 20.00 | 5.20  | 10.65 | 55.31 | 137.84 | 140.63 | 86.46  | 1109.5 |
| 1991 - 1995   | 140.96 | 175.97 | 229.01 | 156.57 | 77.75 | 17.38 | 18.12 | 17.53 | 60.76 | 124.52 | 143.77 | 150.34 | 1312.7 |
| 1996 - 2000   | 142.75 | 258.05 | 176.13 | 138.10 | 79.81 | 36.72 | 25.59 | 34.14 | 93.89 | 102.79 | 105.28 | 179.66 | 1372.9 |
| 2001 - 2005   | 145.90 | 186.84 | 256.48 | 89.45  | 54.72 | 39.78 | 10.41 | 9.93  | 40.95 | 136.52 | 119.25 | 165.37 | 1255.6 |
| 2006  | 140.94 | 238.10 | 316.74 | 151.31 | 33.43 | 33.28 | 13.07 | 0.00  | 52.30 | 76.96  | 124.29 | 193.28 | 1373.7 |
| 2007  | 205.05 | 76.36  | 295.35 | 181.31 | 40.90 | 13.32 | 29.66 | 15.00 | 24.74 | 192.48 | 192.86 | 118.94 | 1386.0 |
| 2008  | 178.51 | 326.32 | 261.80 | 139.40 | 41.20 | 32.85 | 0.00  | 15.00 | 61.67 | 162.85 | 118.69 | 82.90  | 1421.2 |
| 2009  | 343.02 | 212.31 | 293.29 | 164.41 | 69.57 | 16.53 | 0.00  | 15.00 | 14.79 | 164.58 | 178.59 | 180.09 | 1652.2 |
| 2010  | 75.00  | 210.36 | 293.90 | 142.00 | 57.04 | 44.19 | 13.49 | 13.50 | 15.00 | 90.06  | 149.47 | 174.22 | 1278.2 |
| 2011  | 116.42 | 145.76 | 196.86 | 187.53 | 36.13 | 14.10 | 13.19 | 14.22 | 26.29 | 74.46  | 110.32 | 175.42 | 1110.7 |
| 2012  | 347.99 | 331.30 | 188.30 | 136.30 | 53.66 | 0.00  | 0.00  | 14.61 | 29.32 | 156.05 | 215.71 | 53.86  | 1527.1 |
| 2013  | 110.91 | 292.18 | 284.05 | 136.30 | 91.95 | 14.54 | 0.00  | 14.98 | 30.00 | 144.92 | 46.27  | 164.58 | 1330.7 |
| 2014  | 125.20 | 186.66 | 241.86 | 51.36  | 43.85 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 39.87 | 73.21  | 100.72 | 194.61 | 1057.3 |
| 2015  | 375.58 | 170.62 | 318.24 | 110.66 | 82.98 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 42.42 | 59.83  | 148.40 | 114.49 | 1423.2 |
| 2016  | 166.52 | 170.76 | 192.38 | 111.75 | 30.00 | 0.00  | 0.00  | 29.59 | 69.03 | 45.69  | 112.51 | 85.89  | 1014.1 |
| Promedio  | 174.9  | 187.1  | 220.2  | 133.4  | 53.0  | 19.3  | 9.4   | 15.4  | 47.9  | 119.0  | 120.6  | 137.9  | 1237.9 |
| DESV EST  | 40.5   | 68.4   | 77.9   | 25.5   | 17.9  | 10.7  | 7.9   | 10.0  | 20.6  | 29.4   | 48.7   | 34.5   | 212.6  |
| MIN   | 84.58  | 32.97  | 105.00 | 112.93 | 30.69 | 10.00 | 5.20  | 10.65 | 50.00 | 117.28 | 21.38  | 86.46  | 875.29 |
| MAX   | 224.5  | 176.0  | 229.0  | 156.6  | 77.7  | 30.0  | 19.6  | 31.5  | 89.9  | 137.8  | 143.8  | 150.3  | 1312.7 |

Fuente: Elaboración propia

## A.6.PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN

Tabla 64: Planilla de precipitaciones Efectiva en la cuenca del Río “ Mashcón” (mm)

| PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm) DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |        |        |        |        |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Periodo /Año   | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | ANUAL  |
| 1968 - 1970  | 63.57  | 74.16  | 76.02  | 82.34  | 17.89 | 17.49 | 5.86  | 11.57 | 34.32 | 79.89  | 12.46  | 82.84  | 558.4  |
| 1971 - 1975  | 85.59  | 86.57  | 96.23  | 78.13  | 18.63 | 17.34 | 11.42 | 18.37 | 52.43 | 76.38  | 26.96  | 61.30  | 629.3  |
| 1976 - 1980  | 84.00  | 69.57  | 65.75  | 65.82  | 34.90 | 5.83  | 5.63  | 11.49 | 29.14 | 68.36  | 68.92  | 63.00  | 572.4  |
| 1981 - 1985  | 49.30  | 19.22  | 73.81  | 67.24  | 26.64 | 8.23  | 5.83  | 10.13 | 31.81 | 76.97  | 57.09  | 83.92  | 510.2  |
| 1986 - 1990  | 130.88 | 84.57  | 61.20  | 78.00  | 26.23 | 11.66 | 3.03  | 6.21  | 32.24 | 80.34  | 81.97  | 50.40  | 646.7  |
| 1991 - 1995  | 82.16  | 102.57 | 133.49 | 91.26  | 45.32 | 10.13 | 10.56 | 10.22 | 35.42 | 72.58  | 83.80  | 87.63  | 765.1  |
| 1996 - 2000  | 83.21  | 150.41 | 102.67 | 80.49  | 46.52 | 21.40 | 14.92 | 19.90 | 54.73 | 59.92  | 61.37  | 104.72 | 800.3  |
| 2001 - 2005  | 85.04  | 108.91 | 149.50 | 52.14  | 31.90 | 23.19 | 6.07  | 5.79  | 23.87 | 79.57  | 69.51  | 96.39  | 731.9  |
| 2006   | 82.15  | 138.78 | 184.63 | 88.19  | 19.48 | 19.40 | 7.62  | 0.00  | 30.49 | 44.86  | 72.45  | 112.66 | 800.7  |
| 2007   | 119.52 | 44.51  | 172.15 | 105.68 | 23.84 | 7.76  | 17.29 | 8.74  | 14.42 | 112.20 | 112.42 | 69.33  | 807.9  |
| 2008   | 104.05 | 190.21 | 152.60 | 81.25  | 24.01 | 19.15 | 0.00  | 8.74  | 35.95 | 94.93  | 69.18  | 48.32  | 828.4  |
| 2009   | 199.94 | 123.75 | 170.96 | 95.83  | 40.55 | 9.64  | 0.00  | 8.74  | 8.62  | 95.93  | 104.10 | 104.97 | 963.0  |
| 2010   | 43.72  | 122.62 | 171.31 | 82.77  | 33.25 | 25.76 | 7.86  | 7.87  | 8.74  | 52.49  | 87.13  | 101.55 | 745.1  |
| 2011   | 67.86  | 84.96  | 114.75 | 109.31 | 21.06 | 8.22  | 7.69  | 8.29  | 15.33 | 43.40  | 64.31  | 102.25 | 647.4  |
| 2012   | 202.84 | 193.11 | 109.76 | 79.45  | 31.28 | 0.00  | 0.00  | 8.52  | 17.09 | 90.96  | 125.73 | 31.39  | 890.1  |
| 2013   | 64.65  | 170.31 | 165.57 | 79.45  | 53.60 | 8.47  | 0.00  | 8.73  | 17.49 | 84.47  | 26.97  | 95.93  | 775.6  |
| 2014   | 72.98  | 108.80 | 140.98 | 29.94  | 25.56 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 23.24 | 42.67  | 58.71  | 113.43 | 616.3  |
| 2015   | 218.92 | 99.45  | 185.50 | 64.50  | 48.37 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 24.72 | 34.87  | 86.50  | 66.73  | 829.6  |
| 2016   | 97.06  | 99.53  | 112.14 | 65.14  | 17.49 | 0.00  | 0.00  | 17.25 | 40.24 | 26.63  | 65.58  | 50.06  | 591.1  |
| Promedio   | 102.0  | 109.1  | 128.4  | 77.7   | 30.9  | 11.2  | 5.5   | 9.0   | 27.9  | 69.3   | 70.3   | 80.4   | 721.6  |
| DESV EST   | 23.6   | 39.8   | 45.4   | 14.9   | 10.4  | 6.2   | 4.6   | 5.8   | 12.0  | 17.2   | 28.4   | 20.1   | 123.9  |
| MIN  | 49.30  | 19.22  | 61.20  | 65.82  | 17.89 | 5.83  | 3.03  | 6.21  | 29.14 | 68.36  | 12.46  | 50.40  | 510.20 |
| MAX  | 130.9  | 102.6  | 133.5  | 91.3   | 45.3  | 17.5  | 11.4  | 18.4  | 52.4  | 80.3   | 83.8   | 87.6   | 765.1  |

Fuente: Elaboración propia

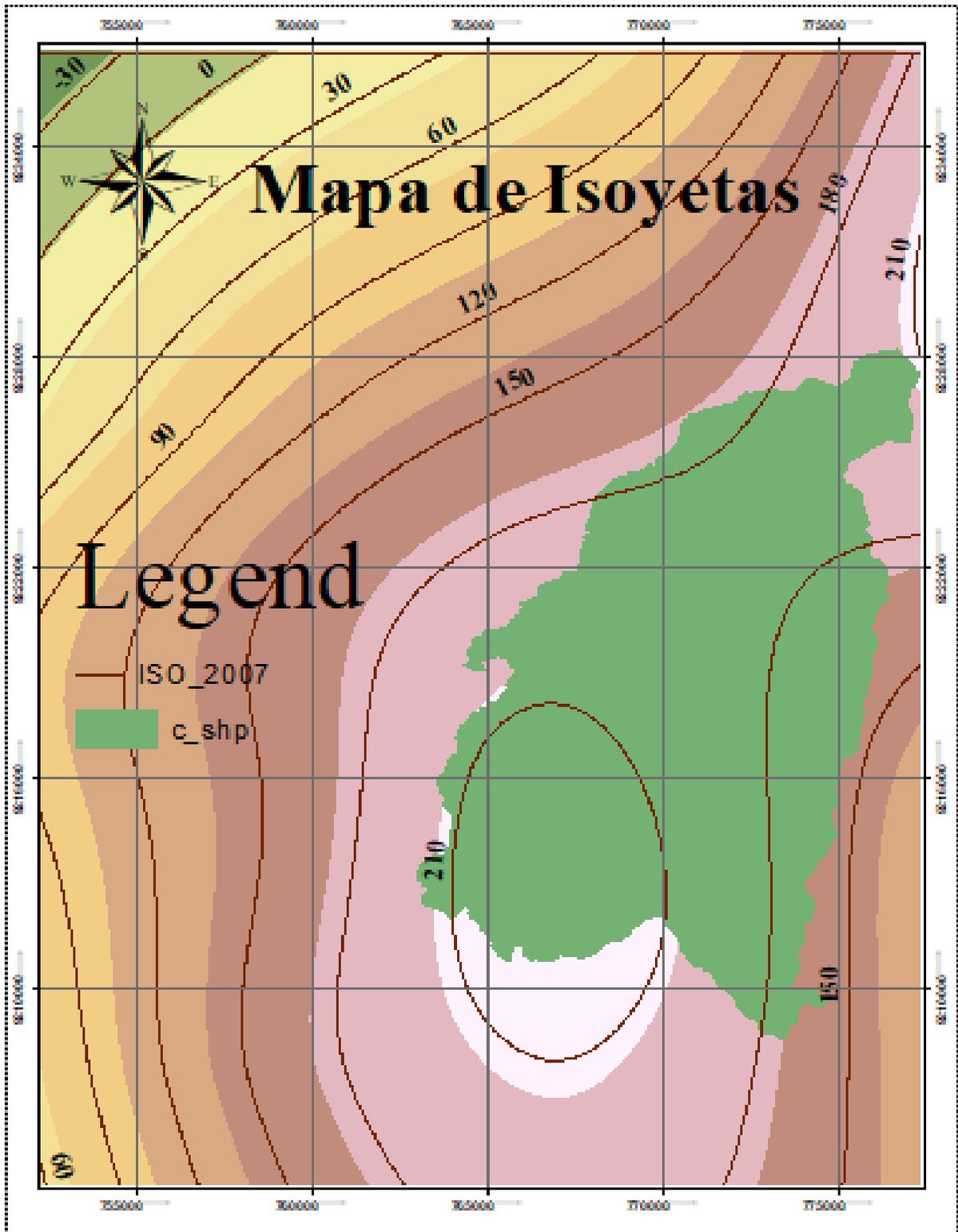


Figura 33 : Isoyeta con una  $e= 3$

Fuente: Elaboración propia

## A.7.GENERACIÓN DE DESCARGAS CON MODELO ESTOCÁSTICO

**Tabla 65: Números aleatorios con distribución Normal, con media 0 y desviación estándar 1 (z).**

| Periodo/Año | ENE         | FEB         | MAR         | ABR         | MAY         | JUN         | JUL         | AGO         | SEP         | OCT         | NOV         | DIC         |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1968 - 1970 | 0.13145836  | 0.71329850  | -0.27925012 | -0.52528776 | 2.46734999  | 0.63943844  | -0.69234034 | -0.41286171 | -0.84844260 | 0.65414838  | 0.21292522  | 0.30215233  |
| 1971 - 1975 | -0.30207275 | -0.28928639 | -0.45853994 | 0.43470436  | 0.33612423  | 1.02874765  | -1.44657861 | 0.46637069  | 0.78939138  | 1.22302481  | -0.66584789 | 0.90345793  |
| 1976 - 1980 | 0.28490149  | 1.35079063  | -2.21449227 | -1.76491540 | -0.06142841 | 0.28092018  | -0.20682592 | -0.79861593 | -1.20086270 | -0.68651843 | 0.67523388  | 0.83438408  |
| 1981 - 1985 | 0.56837507  | -1.52621396 | -0.31458740 | 1.22448000  | 1.36095423  | 1.25651468  | -1.52230314 | 1.21578523  | 1.29394493  | -0.05307584 | -1.00210400 | 0.22938821  |
| 1986 - 1990 | -0.56711542 | 0.03286232  | 0.07323592  | 2.04894604  | 0.99580348  | 2.68169970  | 0.50016070  | -0.03301466 | 1.02137392  | 1.10962901  | -2.67616997 | -2.06999175 |
| 1991 - 1995 | -1.11104555 | -0.04794401 | -0.37286327 | 0.06556775  | 0.01503281  | 1.82020813  | -0.69964926 | -0.28577801 | 0.53620852  | 1.79973995  | 0.38675807  | -0.23669827 |
| 1996 - 2000 | 0.12413011  | 0.90668436  | 0.34147092  | 0.48478796  | -0.15139335 | 0.55431428  | -2.40082954 | -0.94305506 | 1.01610340  | 0.86034333  | -1.50760116 | -1.05028221 |
| 2001 - 2005 | 1.76382855  | 1.33309641  | 0.54834800  | -0.14992338 | -0.92600658 | 0.49617711  | 1.35806204  | 0.43251930  | 0.04143544  | 2.29507350  | 1.50569576  | -0.70043143 |
| 2006        | 0.52827545  | -0.69672183 | -1.04472292 | -0.07277549 | -2.82692781 | 0.16014383  | 1.61183380  | -0.00003865 | 0.06947857  | -0.00852992 | 0.21089136  | -0.27360670 |
| 2007        | -1.24298367 | 2.45472620  | -0.28880777 | -1.14707518 | -0.18211267 | 0.31868922  | -0.73197043 | 0.79410029  | 0.20260700  | 0.19659865  | 0.52090172  | 0.64451342  |
| 2008        | 0.42941338  | -0.13222916 | 0.82897714  | -1.51142558 | 0.32779781  | -0.31651780 | 0.48040420  | -1.98357156 | 1.72800355  | 0.14342731  | -0.57711759 | 1.06797643  |
| 2009        | -0.16758577 | 0.36336814  | -0.93165909 | 0.48478796  | 0.12713826  | -1.43942998 | 0.62877461  | 0.81258577  | 0.83211035  | 1.25567112  | 0.98158580  | -1.50119831 |
| 2010        | -0.17472757 | -1.88847480 | -1.24099870 | 1.34396259  | 1.35288701  | 0.28338832  | -1.34076117 | -0.37007680 | 0.40263672  | -0.36050892 | -0.70033366 | 0.52977157  |
| 2011        | -0.66355824 | 0.09457835  | -0.96915301 | -0.14535999 | 0.89406285  | 0.10734198  | 2.27835699  | 0.71043928  | 0.25862732  | 0.34357981  | -0.57983016 | -0.28745262 |
| 2012        | 0.25767804  | 1.04538231  | -0.14713805 | -1.42958470 | -0.89303740 | 0.36492111  | 1.51503173  | 0.04878757  | 0.08244342  | -0.73307092 | -0.51853704 | 1.53311248  |
| 2013        | 1.65933216  | -0.60196498 | -0.41177827 | -0.98817054 | 0.74563786  | 0.85162583  | -0.33847186 | -0.07116569 | 1.72022737  | -1.91603249 | 1.88349077  | 1.94716449  |
| 2014        | -1.34113634 | 2.38214852  | -1.06096650 | 0.85779902  | 1.24896815  | 0.34098434  | -0.71883278 | 1.48119852  | 1.60569471  | -0.57395710 | 0.21840606  | 1.01124442  |
| 2015        | 0.61023911  | -1.19944843 | -0.55994406 | 1.36599283  | 0.50884864  | 0.25641384  | 1.72971340  | 0.49972641  | -0.06158189 | -0.03967443 | 1.54637746  | 1.55094767  |
| 2016        | 1.39677923  | -0.49150913 | 0.92694791  | 0.45565230  | -1.36095423 | -1.59769570 | 0.57874558  | -2.76588253 | 1.20370032  | 1.03866796  | -1.00844318 | -2.18442437 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 66: Generación de descargas por el modelo estocástico (m<sup>3</sup>/s)**

| Periodo /Año    | ENE         | FEB         | MAR         | ABR         | MAY         | JUN         | JUL         | AGO         | SEP         | OCT         | NOV         | DIC         |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1968 - 1970     | 4.1         | 4.3         | 4.4         | 4.5         | 2.8         | 1.9         | 1.1         | 1.0         | 1.8         | 3.7         | 2.1         | 3.9         |
| 1971 - 1975     | 4.6         | 4.7         | 5.3         | 4.7         | 2.6         | 1.9         | 1.2         | 1.4         | 2.8         | 4.0         | 2.5         | 3.4         |
| 1976 - 1980     | 4.5         | 4.3         | 3.8         | 3.5         | 2.8         | 1.4         | 1.0         | 0.9         | 1.5         | 3.1         | 3.9         | 3.8         |
| 1981 - 1985     | 3.5         | 1.9         | 3.6         | 3.9         | 2.8         | 1.7         | 0.9         | 1.1         | 2.0         | 3.6         | 3.4         | 4.3         |
| 1986 - 1990     | 6.4         | 5.2         | 4.3         | 4.6         | 3.0         | 2.0         | 1.2         | 0.9         | 2.0         | 3.9         | 4.2         | 3.1         |
| 1991 - 1995     | 4.1         | 5.2         | 6.8         | 5.6         | 3.8         | 2.1         | 1.3         | 1.1         | 2.0         | 3.7         | 4.6         | 4.8         |
| 1996 - 2000     | 4.9         | 7.2         | 6.4         | 5.2         | 3.7         | 2.3         | 1.3         | 1.3         | 2.9         | 3.4         | 3.5         | 4.9         |
| 2001 - 2005     | 5.3         | 5.9         | 7.7         | 4.5         | 2.9         | 2.1         | 1.5         | 1.1         | 1.6         | 3.9         | 4.3         | 4.9         |
| 2006            | 5.0         | 6.6         | 9.0         | 6.2         | 2.7         | 1.9         | 1.5         | 0.8         | 1.7         | 2.4         | 3.8         | 5.4         |
| 2007            | 6.2         | 4.2         | 7.8         | 6.3         | 3.3         | 1.7         | 1.4         | 1.2         | 1.3         | 4.6         | 6.0         | 4.7         |
| 2008            | 5.7         | 8.6         | 8.8         | 5.7         | 3.1         | 1.9         | 1.1         | 0.7         | 2.1         | 4.3         | 4.2         | 3.4         |
| 2009            | 8.6         | 7.3         | 8.7         | 6.4         | 4.0         | 1.7         | 1.0         | 1.1         | 1.1         | 4.2         | 5.6         | 5.5         |
| 2010            | 3.7         | 5.5         | 8.1         | 5.9         | 3.7         | 2.4         | 1.2         | 0.9         | 1.0         | 2.4         | 4.2         | 5.2         |
| 2011            | 4.4         | 4.6         | 5.8         | 5.9         | 3.2         | 1.6         | 1.5         | 1.2         | 1.3         | 2.3         | 3.3         | 4.9         |
| 2012            | 9.2         | 10.0        | 7.6         | 5.2         | 3.1         | 1.3         | 1.0         | 1.0         | 1.3         | 3.8         | 6.0         | 3.5         |
| 2013            | 4.1         | 7.4         | 8.6         | 5.6         | 4.2         | 2.1         | 1.0         | 0.9         | 1.5         | 3.5         | 2.7         | 4.8         |
| 2014            | 4.3         | 5.8         | 7.1         | 3.7         | 2.7         | 1.2         | 0.7         | 0.7         | 1.7         | 2.2         | 3.2         | 5.4         |
| 2015            | 10.0        | 6.7         | 9.1         | 5.6         | 4.0         | 1.6         | 1.1         | 0.8         | 1.5         | 2.0         | 4.3         | 4.2         |
| 2016            | 5.4         | 5.4         | 6.3         | 4.6         | 2.3         | 0.8         | 0.7         | 0.8         | 2.2         | 2.1         | 3.2         | 2.8         |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>5.47</b> | <b>5.83</b> | <b>6.80</b> | <b>5.14</b> | <b>3.19</b> | <b>1.78</b> | <b>1.14</b> | <b>0.99</b> | <b>1.76</b> | <b>3.32</b> | <b>3.95</b> | <b>4.35</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 67: Generación de descargas por el modelo estocástico (MMC).**

| Periodo/Año | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT  | NOV  | DIC  |
|-------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 1968 - 1970 | 10.6 | 11.4 | 11.5 | 12.0 | 7.4  | 5.1 | 2.8 | 2.7 | 4.6 | 10.0 | 5.4  | 10.4 |
| 1971 - 1975 | 12.0 | 12.7 | 13.7 | 12.7 | 6.8  | 5.1 | 3.1 | 3.8 | 7.3 | 10.8 | 6.6  | 9.0  |
| 1976 - 1980 | 11.7 | 11.6 | 9.9  | 9.5  | 7.2  | 3.9 | 2.6 | 2.5 | 3.9 | 8.2  | 10.2 | 10.3 |
| 1981 - 1985 | 9.0  | 5.0  | 9.2  | 10.5 | 7.3  | 4.5 | 2.3 | 3.0 | 5.3 | 9.7  | 8.9  | 11.6 |
| 1986 - 1990 | 16.5 | 14.0 | 11.1 | 12.4 | 7.7  | 5.5 | 3.1 | 2.5 | 5.1 | 10.4 | 10.8 | 8.3  |
| 1991 - 1995 | 10.7 | 13.8 | 17.5 | 15.0 | 9.9  | 5.7 | 3.5 | 2.9 | 5.3 | 10.0 | 12.0 | 12.8 |
| 1996 - 2000 | 12.7 | 19.2 | 16.7 | 13.9 | 9.6  | 6.2 | 3.4 | 3.5 | 7.5 | 9.2  | 8.9  | 13.1 |
| 2001 - 2005 | 13.6 | 15.8 | 20.0 | 12.1 | 7.4  | 5.6 | 3.8 | 2.8 | 4.0 | 10.4 | 11.2 | 13.2 |
| 2006        | 12.9 | 17.6 | 23.2 | 16.5 | 6.9  | 5.0 | 3.8 | 2.1 | 4.4 | 6.5  | 9.8  | 14.3 |
| 2007        | 16.1 | 11.1 | 20.3 | 16.7 | 8.4  | 4.5 | 3.7 | 3.2 | 3.3 | 12.4 | 15.5 | 12.5 |
| 2008        | 14.7 | 23.1 | 22.7 | 15.2 | 8.1  | 5.2 | 2.8 | 1.9 | 5.5 | 11.5 | 10.8 | 9.2  |
| 2009        | 22.3 | 19.6 | 22.6 | 17.2 | 10.2 | 4.5 | 2.6 | 2.9 | 2.9 | 11.2 | 14.5 | 14.7 |
| 2010        | 9.6  | 14.6 | 20.9 | 15.8 | 9.6  | 6.5 | 3.2 | 2.5 | 2.7 | 6.5  | 10.8 | 13.9 |
| 2011        | 11.4 | 12.5 | 15.1 | 15.8 | 8.3  | 4.4 | 3.9 | 3.2 | 3.4 | 6.2  | 8.6  | 13.0 |
| 2012        | 23.9 | 26.8 | 19.6 | 14.0 | 8.0  | 3.6 | 2.6 | 2.6 | 3.3 | 10.1 | 15.6 | 9.4  |
| 2013        | 10.5 | 19.8 | 22.4 | 15.1 | 11.0 | 5.5 | 2.6 | 2.5 | 4.0 | 9.3  | 7.1  | 12.8 |
| 2014        | 11.2 | 15.5 | 18.5 | 9.9  | 6.9  | 3.3 | 1.7 | 2.0 | 4.3 | 6.0  | 8.3  | 14.4 |
| 2015        | 26.0 | 18.0 | 23.6 | 15.0 | 10.4 | 4.3 | 3.0 | 2.0 | 3.8 | 5.3  | 11.2 | 11.3 |
| 2016        | 14.0 | 14.4 | 16.2 | 12.3 | 6.0  | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 5.7 | 5.6  | 8.4  | 7.4  |

Fuente: Elaboración propia



**MES:****FEBRERO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.0819$   
 $X' = 5.83$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 1.83$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| <b>m</b> | <b>Q=X<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>P(X)<br/>m/n+1</b> | <b>Z=(X-<br/>X'')/S</b> | <b>F(Z)</b> | <b> F(Z)-<br/>P(X) </b> |
|----------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 1.87                             | 0.05                  | -2.1670                 | 0.0151      | 0.0349                  |
| 2        | 4.15                             | 0.10                  | -0.9178                 | 0.1794      | 0.0794                  |
| 3        | 4.27                             | 0.15                  | -0.8513                 | 0.1973      | 0.0473                  |
| 4        | 4.33                             | 0.20                  | -0.8206                 | 0.2059      | 0.0059                  |
| 5        | 4.65                             | 0.25                  | -0.6448                 | 0.2595      | 0.0095                  |
| 6        | 4.73                             | 0.30                  | -0.6026                 | 0.2734      | 0.0266                  |
| 7        | 5.15                             | 0.35                  | -0.3688                 | 0.3561      | 0.0061                  |
| 8        | 5.24                             | 0.40                  | -0.3219                 | 0.3738      | 0.0262                  |
| 9        | 5.38                             | 0.45                  | -0.2442                 | 0.4036      | 0.0464                  |
| 10       | 5.45                             | 0.50                  | -0.2067                 | 0.4181      | 0.0819                  |
| 11       | 5.77                             | 0.55                  | -0.0300                 | 0.4880      | 0.0620                  |
| 12       | 5.92                             | 0.60                  | 0.0473                  | 0.5189      | 0.0811                  |
| 13       | 6.57                             | 0.65                  | 0.4077                  | 0.6583      | 0.0083                  |
| 14       | 6.72                             | 0.70                  | 0.4865                  | 0.6867      | 0.0133                  |
| 15       | 7.18                             | 0.75                  | 0.7384                  | 0.7699      | 0.0199                  |
| 16       | 7.33                             | 0.80                  | 0.8203                  | 0.7940      | 0.0060                  |
| 17       | 7.39                             | 0.85                  | 0.8513                  | 0.8027      | 0.0473                  |
| 18       | 8.64                             | 0.90                  | 1.5370                  | 0.9378      | 0.0378                  |
| 19       | 10.01                            | 0.95                  | 2.2872                  | 0.9889      | 0.0389                  |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****MARZO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.1121$   
 $X' = 6.80$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 1.83$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| m  | Q=X<br>(m <sup>3</sup> /s) | P(X)<br>m/n+1 | Z=(X-<br>X'')/S | F(Z)   | F(Z)-<br>P(X) |
|----|----------------------------|---------------|-----------------|--------|---------------|
| 1  | 3.55                       | 0.05          | -1.7745         | 0.0380 | 0.0120        |
| 2  | 3.81                       | 0.10          | -1.6349         | 0.0510 | 0.0490        |
| 3  | 4.28                       | 0.15          | -1.3757         | 0.0845 | 0.0655        |
| 4  | 4.44                       | 0.20          | -1.2915         | 0.0983 | 0.1017        |
| 5  | 5.28                       | 0.25          | -0.8300         | 0.2033 | 0.0467        |
| 6  | 5.84                       | 0.30          | -0.5245         | 0.3000 | 0.0000        |
| 7  | 6.27                       | 0.35          | -0.2914         | 0.3854 | 0.0354        |
| 8  | 6.44                       | 0.40          | -0.1957         | 0.4224 | 0.0224        |
| 9  | 6.76                       | 0.45          | -0.0209         | 0.4917 | 0.0417        |
| 10 | 7.13                       | 0.50          | 0.1826          | 0.5725 | 0.0725        |
| 11 | 7.57                       | 0.55          | 0.4181          | 0.6621 | 0.1121        |
| 12 | 7.72                       | 0.60          | 0.5019          | 0.6921 | 0.0921        |
| 13 | 7.82                       | 0.65          | 0.5553          | 0.7107 | 0.0607        |
| 14 | 8.08                       | 0.70          | 0.6995          | 0.7579 | 0.0579        |
| 15 | 8.64                       | 0.75          | 1.0053          | 0.8426 | 0.0926        |
| 16 | 8.74                       | 0.80          | 1.0585          | 0.8551 | 0.0551        |
| 17 | 8.78                       | 0.85          | 1.0796          | 0.8598 | 0.0098        |
| 18 | 8.96                       | 0.90          | 1.1783          | 0.8807 | 0.0193        |
| 19 | 9.11                       | 0.95          | 1.2599          | 0.8961 | 0.0539        |

**Fuente: Elaboración propia**



**MES:****MAYO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.1282$   
 $X' = 3.19$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.55$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| m  | Q=X<br>(m <sup>3</sup> /s) | P(X)<br>m/n+1 | Z=(X-<br>X'')/S | F(Z)   | F(Z)-<br>P(X) |
|----|----------------------------|---------------|-----------------|--------|---------------|
| 1  | 2.30                       | 0.05          | -1.5994         | 0.0549 | 0.0049        |
| 2  | 2.64                       | 0.10          | -0.9976         | 0.1592 | 0.0592        |
| 3  | 2.68                       | 0.15          | -0.9266         | 0.1771 | 0.0271        |
| 4  | 2.68                       | 0.20          | -0.9208         | 0.1786 | 0.0214        |
| 5  | 2.76                       | 0.25          | -0.7721         | 0.2200 | 0.0300        |
| 6  | 2.80                       | 0.30          | -0.6948         | 0.2436 | 0.0564        |
| 7  | 2.84                       | 0.35          | -0.6370         | 0.2621 | 0.0879        |
| 8  | 2.85                       | 0.40          | -0.6075         | 0.2718 | 0.1282        |
| 9  | 2.97                       | 0.45          | -0.3885         | 0.3488 | 0.1012        |
| 10 | 3.07                       | 0.50          | -0.2102         | 0.4167 | 0.0833        |
| 11 | 3.13                       | 0.55          | -0.0996         | 0.4603 | 0.0897        |
| 12 | 3.19                       | 0.60          | 0.0063          | 0.5025 | 0.0975        |
| 13 | 3.25                       | 0.65          | 0.1120          | 0.5446 | 0.1054        |
| 14 | 3.69                       | 0.70          | 0.9063          | 0.8176 | 0.1176        |
| 15 | 3.71                       | 0.75          | 0.9379          | 0.8258 | 0.0758        |
| 16 | 3.83                       | 0.80          | 1.1515          | 0.8752 | 0.0752        |
| 17 | 3.95                       | 0.85          | 1.3741          | 0.9153 | 0.0653        |
| 18 | 4.01                       | 0.90          | 1.4724          | 0.9295 | 0.0295        |
| 19 | 4.24                       | 0.95          | 1.8936          | 0.9709 | 0.0209        |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****JUNIO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.0930$   
 $X' = 1.78$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.39$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| <b>m</b> | <b>Q=X<br/>(m3/s)</b> | <b>P(X)<br/>m/n+1</b> | <b>Z=(X-<br/>X'')/S</b> | <b>F(Z)</b> | <b> F(Z)-<br/>P(X) </b> |
|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 0.83                  | 0.05                  | -2.4378                 | 0.0074      | 0.0426                  |
| 2        | 1.22                  | 0.10                  | -1.4375                 | 0.0753      | 0.0247                  |
| 3        | 1.35                  | 0.15                  | -1.1112                 | 0.1332      | 0.0168                  |
| 4        | 1.44                  | 0.20                  | -0.8745                 | 0.1909      | 0.0091                  |
| 5        | 1.62                  | 0.25                  | -0.4044                 | 0.3430      | 0.0930                  |
| 6        | 1.63                  | 0.30                  | -0.3806                 | 0.3518      | 0.0518                  |
| 7        | 1.66                  | 0.35                  | -0.2977                 | 0.3830      | 0.0330                  |
| 8        | 1.67                  | 0.40                  | -0.2739                 | 0.3921      | 0.0079                  |
| 9        | 1.70                  | 0.45                  | -0.2084                 | 0.4174      | 0.0326                  |
| 10       | 1.86                  | 0.50                  | 0.2178                  | 0.5862      | 0.0862                  |
| 11       | 1.90                  | 0.55                  | 0.3154                  | 0.6238      | 0.0738                  |
| 12       | 1.91                  | 0.60                  | 0.3477                  | 0.6360      | 0.0360                  |
| 13       | 1.93                  | 0.65                  | 0.3872                  | 0.6507      | 0.0007                  |
| 14       | 2.04                  | 0.70                  | 0.6811                  | 0.7521      | 0.0521                  |
| 15       | 2.07                  | 0.75                  | 0.7484                  | 0.7729      | 0.0229                  |
| 16       | 2.10                  | 0.80                  | 0.8140                  | 0.7922      | 0.0078                  |
| 17       | 2.14                  | 0.85                  | 0.9169                  | 0.8204      | 0.0296                  |
| 18       | 2.31                  | 0.90                  | 1.3620                  | 0.9134      | 0.0134                  |
| 19       | 2.42                  | 0.95                  | 1.6357                  | 0.9490      | 0.0010                  |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****JULIO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.0679$   
 $X' = 1.14$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.24$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| m  | Q=X<br>(m <sup>3</sup> /s) | P(X)<br>m/n+1 | Z=(X-<br>X'')/S | F(Z)   | F(Z)-<br>P(X) |
|----|----------------------------|---------------|-----------------|--------|---------------|
| 1  | 0.65                       | 0.05          | -2.0121         | 0.0221 | 0.0279        |
| 2  | 0.71                       | 0.10          | -1.7678         | 0.0385 | 0.0615        |
| 3  | 0.89                       | 0.15          | -1.0210         | 0.1536 | 0.0036        |
| 4  | 0.99                       | 0.20          | -0.6221         | 0.2669 | 0.0669        |
| 5  | 1.00                       | 0.25          | -0.5823         | 0.2802 | 0.0302        |
| 6  | 1.01                       | 0.30          | -0.5523         | 0.2904 | 0.0096        |
| 7  | 1.02                       | 0.35          | -0.5022         | 0.3078 | 0.0422        |
| 8  | 1.06                       | 0.40          | -0.3243         | 0.3728 | 0.0272        |
| 9  | 1.09                       | 0.45          | -0.1896         | 0.4248 | 0.0252        |
| 10 | 1.14                       | 0.50          | 0.0021          | 0.5008 | 0.0008        |
| 11 | 1.18                       | 0.55          | 0.1564          | 0.5621 | 0.0121        |
| 12 | 1.21                       | 0.60          | 0.2869          | 0.6129 | 0.0129        |
| 13 | 1.24                       | 0.65          | 0.4006          | 0.6556 | 0.0056        |
| 14 | 1.30                       | 0.70          | 0.6532          | 0.7432 | 0.0432        |
| 15 | 1.33                       | 0.75          | 0.7971          | 0.7873 | 0.0373        |
| 16 | 1.41                       | 0.80          | 1.1165          | 0.8679 | 0.0679        |
| 17 | 1.46                       | 0.85          | 1.3153          | 0.9058 | 0.0558        |
| 18 | 1.48                       | 0.90          | 1.3774          | 0.9158 | 0.0158        |
| 19 | 1.50                       | 0.95          | 1.4683          | 0.9290 | 0.0210        |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****AGOSTO**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.0927$   
 $X' = 0.99$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.19$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| <b>m</b> | <b>Q=X<br/>(m3/s)</b> | <b>P(X)<br/>m/n+1</b> | <b>Z=(X-<br/>X'')/S</b> | <b>F(Z)</b> | <b> F(Z)-<br/>P(X) </b> |
|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 0.69                  | 0.05                  | -1.5553                 | 0.0599      | 0.0099                  |
| 2        | 0.75                  | 0.10                  | -1.2532                 | 0.1051      | 0.0051                  |
| 3        | 0.76                  | 0.15                  | -1.1793                 | 0.1191      | 0.0309                  |
| 4        | 0.76                  | 0.20                  | -1.1789                 | 0.1192      | 0.0808                  |
| 5        | 0.80                  | 0.25                  | -1.0057                 | 0.1573      | 0.0927                  |
| 6        | 0.92                  | 0.30                  | -0.3563                 | 0.3608      | 0.0608                  |
| 7        | 0.93                  | 0.35                  | -0.3137                 | 0.3769      | 0.0269                  |
| 8        | 0.94                  | 0.40                  | -0.2913                 | 0.3854      | 0.0146                  |
| 9        | 0.94                  | 0.45                  | -0.2619                 | 0.3967      | 0.0533                  |
| 10       | 0.96                  | 0.50                  | -0.1957                 | 0.4224      | 0.0776                  |
| 11       | 1.02                  | 0.55                  | 0.1317                  | 0.5524      | 0.0024                  |
| 12       | 1.05                  | 0.60                  | 0.3061                  | 0.6202      | 0.0202                  |
| 13       | 1.07                  | 0.65                  | 0.3682                  | 0.6436      | 0.0064                  |
| 14       | 1.07                  | 0.70                  | 0.3771                  | 0.6469      | 0.0531                  |
| 15       | 1.14                  | 0.75                  | 0.7316                  | 0.7678      | 0.0178                  |
| 16       | 1.19                  | 0.80                  | 1.0091                  | 0.8435      | 0.0435                  |
| 17       | 1.19                  | 0.85                  | 1.0127                  | 0.8444      | 0.0056                  |
| 18       | 1.30                  | 0.90                  | 1.5498                  | 0.9394      | 0.0394                  |
| 19       | 1.40                  | 0.95                  | 2.1051                  | 0.9824      | 0.0324                  |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****SEPTIEMBRE**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.1030$   
 $X' = 1.76$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.51$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| <b>m</b> | <b>Q=X<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>P(X)<br/>m/n+1</b> | <b>Z=(X-<br/>X'')/S</b> | <b>F(Z)</b> | <b> F(Z)-<br/>P(X) </b> |
|----------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 1.03                             | 0.05                  | -1.4220                 | 0.0775      | 0.0275                  |
| 2        | 1.13                             | 0.10                  | -1.2261                 | 0.1101      | 0.0101                  |
| 3        | 1.29                             | 0.15                  | -0.9205                 | 0.1787      | 0.0287                  |
| 4        | 1.29                             | 0.20                  | -0.9189                 | 0.1791      | 0.0209                  |
| 5        | 1.33                             | 0.25                  | -0.8400                 | 0.2004      | 0.0496                  |
| 6        | 1.48                             | 0.30                  | -0.5525                 | 0.2903      | 0.0097                  |
| 7        | 1.52                             | 0.35                  | -0.4586                 | 0.3232      | 0.0268                  |
| 8        | 1.53                             | 0.40                  | -0.4359                 | 0.3315      | 0.0685                  |
| 9        | 1.56                             | 0.45                  | -0.3933                 | 0.3470      | 0.1030                  |
| 10       | 1.66                             | 0.50                  | -0.1883                 | 0.4253      | 0.0747                  |
| 11       | 1.71                             | 0.55                  | -0.0889                 | 0.4646      | 0.0854                  |
| 12       | 1.79                             | 0.60                  | 0.0617                  | 0.5246      | 0.0754                  |
| 13       | 1.95                             | 0.65                  | 0.3894                  | 0.6515      | 0.0015                  |
| 14       | 2.04                             | 0.70                  | 0.5654                  | 0.7141      | 0.0141                  |
| 15       | 2.05                             | 0.75                  | 0.5761                  | 0.7177      | 0.0323                  |
| 16       | 2.11                             | 0.80                  | 0.6985                  | 0.7576      | 0.0424                  |
| 17       | 2.21                             | 0.85                  | 0.8967                  | 0.8151      | 0.0349                  |
| 18       | 2.80                             | 0.90                  | 2.0511                  | 0.9799      | 0.0799                  |
| 19       | 2.88                             | 0.95                  | 2.2063                  | 0.9863      | 0.0363                  |

**Fuente: Elaboración propia**

**MES:****OCTUBRE**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.1629$   
 $X' = 3.32$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.83$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| m  | Q=X<br>(m <sup>3</sup> /s) | P(X)<br>m/n+1 | Z=(X-<br>X'')/S | F(Z)   | F(Z)-<br>P(X) |
|----|----------------------------|---------------|-----------------|--------|---------------|
| 1  | 1.99                       | 0.05          | -1.6060         | 0.0541 | 0.0041        |
| 2  | 2.09                       | 0.10          | -1.4884         | 0.0683 | 0.0317        |
| 3  | 2.24                       | 0.15          | -1.3027         | 0.0963 | 0.0537        |
| 4  | 2.30                       | 0.20          | -1.2407         | 0.1074 | 0.0926        |
| 5  | 2.42                       | 0.25          | -1.0963         | 0.1365 | 0.1135        |
| 6  | 2.42                       | 0.30          | -1.0934         | 0.1371 | 0.1629        |
| 7  | 3.07                       | 0.35          | -0.3039         | 0.3806 | 0.0306        |
| 8  | 3.42                       | 0.40          | 0.1175          | 0.5468 | 0.1468        |
| 9  | 3.46                       | 0.45          | 0.1619          | 0.5643 | 0.1143        |
| 10 | 3.62                       | 0.50          | 0.3600          | 0.6406 | 0.1406        |
| 11 | 3.73                       | 0.55          | 0.4907          | 0.6882 | 0.1382        |
| 12 | 3.74                       | 0.60          | 0.5039          | 0.6928 | 0.0928        |
| 13 | 3.77                       | 0.65          | 0.5408          | 0.7057 | 0.0557        |
| 14 | 3.87                       | 0.70          | 0.6629          | 0.7463 | 0.0463        |
| 15 | 3.89                       | 0.75          | 0.6829          | 0.7527 | 0.0027        |
| 16 | 4.01                       | 0.80          | 0.8350          | 0.7981 | 0.0019        |
| 17 | 4.17                       | 0.85          | 1.0276          | 0.8479 | 0.0021        |
| 18 | 4.29                       | 0.90          | 1.1647          | 0.8779 | 0.0221        |
| 19 | 4.63                       | 0.95          | 1.5834          | 0.9433 | 0.0067        |

**Fuente: Elaboración propia**



**MES:****DICIEMBRE**

$N = 19$                        $\Delta \text{ máx.} = 0.1509$   
 $X' = 4.35$                        $\alpha = 5\%$   
 $S = 0.83$                        $\Delta o = 0.301$

$\Delta \text{ máx.} < \Delta o$  (BUEN AJUSTE)

| <b>m</b> | <b>Q=X<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>P(X)<br/>m/n+1</b> | <b>Z=(X-<br/>X'')/S</b> | <b>F(Z)</b> | <b> F(Z)-<br/>P(X) </b> |
|----------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1        | 2.76                             | 0.05                  | -1.9076                 | 0.0282      | 0.0218                  |
| 2        | 3.08                             | 0.10                  | -1.5261                 | 0.0635      | 0.0365                  |
| 3        | 3.37                             | 0.15                  | -1.1781                 | 0.1194      | 0.0306                  |
| 4        | 3.45                             | 0.20                  | -1.0862                 | 0.1387      | 0.0613                  |
| 5        | 3.51                             | 0.25                  | -1.0159                 | 0.1548      | 0.0952                  |
| 6        | 3.85                             | 0.30                  | -0.6058                 | 0.2723      | 0.0277                  |
| 7        | 3.88                             | 0.35                  | -0.5685                 | 0.2848      | 0.0652                  |
| 8        | 4.20                             | 0.40                  | -0.1831                 | 0.4274      | 0.0274                  |
| 9        | 4.33                             | 0.45                  | -0.0239                 | 0.4905      | 0.0405                  |
| 10       | 4.68                             | 0.50                  | 0.3878                  | 0.6509      | 0.1509                  |
| 11       | 4.77                             | 0.55                  | 0.4950                  | 0.6897      | 0.1397                  |
| 12       | 4.77                             | 0.60                  | 0.4987                  | 0.6910      | 0.0910                  |
| 13       | 4.85                             | 0.65                  | 0.6006                  | 0.7259      | 0.0759                  |
| 14       | 4.87                             | 0.70                  | 0.6239                  | 0.7336      | 0.0336                  |
| 15       | 4.91                             | 0.75                  | 0.6691                  | 0.7483      | 0.0017                  |
| 16       | 5.21                             | 0.80                  | 1.0217                  | 0.8465      | 0.0465                  |
| 17       | 5.35                             | 0.85                  | 1.1990                  | 0.8847      | 0.0347                  |
| 18       | 5.39                             | 0.90                  | 1.2444                  | 0.8933      | 0.0067                  |
| 19       | 5.48                             | 0.95                  | 1.3551                  | 0.9123      | 0.0377                  |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 69: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón.**

| <b>TOMAS LATERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN</b> |                             |                |                  |                  |               |                  |                 |                        |
|---|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|------------------|-----------------|------------------------|
| <b>NOMBRE</b>                                       | <b>UBICACIÓN</b>            | <b>MARG EN</b> | <b>PROG (Km)</b> | <b>TIPO TOMA</b> | <b>ESTADO</b> | <b>TIPO COMP</b> | <b>MAT COMP</b> | <b>CAUDAL (m3/seg)</b> |
| FLORES  | CAHUIÑA CAGAMARCA           | I              | 1+326            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.010                  |
| CUEVA   | CAHUIÑA CAGAMARCA           | I              | 1+914            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.010                  |
| CACHI   | CAHUIÑA CAGAMARCA           | D              | 3+017            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.100                  |
| FLORES HUARIPATA                                    | CAHUIÑA CAGAMARCA           | D              | 3+309            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.020                  |
| HUAMBO CANCHA PARTE A                               | HUAMBO CANCHA BAJA          | D              | 1+391            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.015                  |
| HUAMBO CANCHA PARTE A                               | HUAMBO CANCHA PARTE ALTA    | I              | 1+295            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| HUAMBO CANCHA PARTE B                               | HUAMBO CANCHA PARTE BAJA    | I              | 1+386            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.020                  |
| DE LA CRUZ  | HUAMBO CANCHA ALTA EL BATAN | D              | 0+814            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.003                  |
| HERRERA   | SAN ANTONIO PLAN DE TUAL    | I              | 0+966            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| CASTREJON   | COLPA                       | D              | 4+649            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| CALUA   | COLPA                       | D              | 0+075            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.003                  |
| CAMACHO   | TRES MOLINOS                | D              | 2+978            | PERMANENTE       | REGULAR       | IZAJE            | FIERRO          | 0.008                  |
| AGUILAR   | CAMACHO                     | I              | 0+011            | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| LOS ALPES   | TRES MOLINOS                | D              | 3+394            | PERMANENTE       | BUENO         | IZAJE            | FIERRO          | 0.006                  |
| TRES MOLINOS  | LOS ALPES                   | I              | 0+119            | SEMI-RUSTICO     | MALO          | S/C              | S/C             | 0.003                  |
| TRES MOLINOS  | TRES MOLINOS                | D              | 3+504            | PERMANENTE       | REGULAR       | IZAJE            | FIERRO          | 0.021                  |
| VILLANUEVA  | LLUSHCAPAMPA                | I              | 1+655            | PERMANENTE       | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.030                  |
| TAFUR   | LLUSHCAPAMPA                | D              | 1+815            | RUSTICO          | MALO          | S/C              | S/C             | 0.030                  |
| QUIRAYQUERO   | SAMBARBAMBA                 | I              | 2+975            | RUSTICO          | REGULAR       | TARJETA          | FIERRO          | 0.008                  |
| CANAL N°1   | QUIRAYQUERO                 | I              | 0+258            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| DILAS   | SAMBARBAMBA                 | I              | 3+466            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                  |
| COLCAPAMPA  | SAMBARBAMBA                 | I              | 3+848            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                  |
| SANTA BARBARA                                       | SAMBARBAMBA                 | D              | 5+705            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                  |

**Fuente: Junta de usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 70: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón.**

| <b>TOMAS LATERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN</b> |                                  |                |                  |                  |               |                  |                 |                        |
|---|----------------------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|------------------|-----------------|------------------------|
| <b>NOMBRE</b>                                       | <b>UBICACIÓN</b>                 | <b>MARG EN</b> | <b>PROG (Km)</b> | <b>TIPO TOMA</b> | <b>ESTADO</b> | <b>TIPO COMP</b> | <b>MAT COMP</b> | <b>CAUDAL (m3/seg)</b> |
| VALIENTE  | SAMBARBAMBA                      | I              | 6+205            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                  |
| CANAL N°1   | HERMANOS CUEVA                   | I              | 3+546            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| YUN YUN   | HERMANOS CUEVA                   | D              | 5+501            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| LOS CHALANES  | HERMANOS CUEVA                   | D              | 6+893            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| QUILISH PORCON BAJO                                 | QUILISH CHILINCAGA               | D              | 3+950            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.011                  |
| SOTO  | YERBA SANTA                      | I              | 0+673            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.015                  |
| ROJAS   | TINGO TUYOLOMA                   | I              | 1+704            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                  |
| LLANOS  | CARHUAQUERO YACUSHILLA ALISO COL | I              | 0+442            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| CANAL N°1   | CARHUAQUERO YACUSHILLA LA SHACSH | D              | 0+996            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.012                  |
| CANAL N° 2  | CARHUAQUERO YACUSHILLA LA SHACSH | I              | 4+124            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| VILLANUEVA  | YANACOCHA LLAGAMARCA             | I              | 18+984           | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.012                  |
| CASTREJON I   | SAN JOSÉ SALVADOR DE COREMAYO    | D              | 13+398           | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| CASTREJON II  | SAN JOSÉ SALVADOR DE COREMAYO    | I              | 14+131           | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| YOPLA   | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 11+016           | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.007                  |
| CALUA I   | ARCUYOC EL POTRERO               | D              | 11+853           | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.007                  |
| VALDIVIA  | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 12+985           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                  |
| JULCAMORO   | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 13+243           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                  |
| ZONAC   | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 13+307           | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| VILLANUEVA  | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 13+670           | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.006                  |
| CALUA II  | ARCUYOC EL POTRERO               | I              | 13+848           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                  |
| VALDIVIA II   | CALUA II                         | I              | 0+679            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                  |
| VALENCIA  | ARCUYOC EL POTRERO               | D              | 13+917           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                  |
| CULQUI  | ARCUYOC EL POTRERO               | D              | 13+941           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                  |

**Fuente: Junta de usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 71: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón.**

| <b>TOMAS LATERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN</b> |                                    |                |                  |                  |               |                  |                 |                                   |
|---|------------------------------------|----------------|------------------|------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|
| <b>NOMBRE</b>                                       | <b>UBICACIÓN</b>                   | <b>MARG EN</b> | <b>PROG (Km)</b> | <b>TIPO TOMA</b> | <b>ESTADO</b> | <b>TIPO COMP</b> | <b>MAT COMP</b> | <b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/seg)</b> |
| LLUSHCAPAMPA LOS PERO                               | LA SHACSHA                         | I              | 1+814            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.012                             |
| QUINUAMAYO  | LA SHACSHA                         | D              | 2+630            | PERMANENTE       | BUENO         | TARJETA          | FIERRO          | 0.008                             |
| HUALIIPAMPA I                                       | SAN MARTIN TUPAC AMARU RIO COLORAI | I              | 32+273           | PERMANENTE       | BUENO         | IZAJE            | FIERRO          | 0.025                             |
| HUALIIPAMPA II                                      | HUALIIPAMPA I                      | D              | 0+381            | PERMANENTE       | BUENO         | IZAJE            | FIERRO          | 0.015                             |
| TUAL  | SAN MARTIN TUPAC AMARU RIO COLORAI | D              | 32+273           | PERMANENTE       | BUENO         | IZAJE            | FIERRO          | 0.015                             |
| HERRERA   | TUAL                               | D              | 0+589            | SEMI-RUSTICO     | BUENO         | S/C              | S/C             | 0.010                             |
| COÑOR   | TUAL                               | D              | 0+993            | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.015                             |
| CHUPICARUMI LA CONGA                                | COÑOR                              | D              | 0+384            | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                             |
| PEREZ   | TUAL                               | D              | 1+653            | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.006                             |
| HERRERA   | PEREZ                              | D              | 1+835            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                             |
| YOPLA   | SAUCOPUQUIO                        | D              | 0+486            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.003                             |
| BACON   | SAUCOPUQUIO                        | D              | 0+844            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.002                             |
| VALDIVIA  | SUROCONGA COÑOR                    | I              | 0+622            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                             |
| CASTREJON   | TINGO EL COÑOR                     | D              | 0+000            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.001                             |
| VARGAS  | APALIN LLUSHCAPAMPA EL GRANERO     | I              | 1+715            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.008                             |
| SANCHEZ   | APALIN LLUSHCAPAMPA EL GRANERO     | D              | 2+481            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.005                             |
| CASTREJON   | APALIN LLUSHCAPAMPA EL GRANERO     | D              | 3+834            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                             |
| ANTIGUO   | ARCUYOC EL POTRERO                 | I              | 14+093           | SEMI-RUSTICO     | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                             |
| LOS ALISOS  | ARCUYOC EL POTRERO                 | I              | 14+380           | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.004                             |
| CHILON  | QUISHUAR                           | D              | 7+536            | RUSTICO          | REGULAR       | S/C              | S/C             | 0.003                             |

|                |             |                        |
|----------------|-------------|------------------------|
| <b>Qtotal=</b> | <b>0.66</b> | <b>m<sup>3</sup>/s</b> |
|----------------|-------------|------------------------|

**Fuente: Junta se usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 72: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón.**

| BOCATOMAS EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                         |           |        |              |         |             |         |                        |            |              |             |
|--|-------------------------|-----------|--------|--------------|---------|-------------|---------|------------------------|------------|--------------|-------------|
| NOMBRE                                 | FUENTE                  | PROG (Km) | MARGEN | TIPO         | BARRAJE | MATERIAL    | ESTADO  | Q (m <sup>3</sup> /s.) | MAT. COMP. | ESTADO COMP. | EDAD (Años) |
| CAPA ROSA                              | QDA. ESPADA ARCUYOC     | 4+718     | -      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.03                   | S/C        | S/C          | 20          |
| LAS FLORES                             | RÍO PORCONCILLO         | 2+375     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.016                  | S/C        | S/C          | 25          |
| TUNASPAMPA                             | RÍO PORCONCILLO         | 2+399     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.004                  | S/C        | S/C          | 35          |
| BRICEÑO                                | RÍO PORCONCILLO         | 1+205     | D      | RUSTICO      | FIJO    | MAMPOSTERIA | REGULAR | 0.015                  | S/C        | S/C          | 35          |
| POLLITO EL TINGO                       | RÍO PORCONCILLO         | 0+787     | D      | SEMI-RUSTICO | FIJO    | MAMPOSTERIA | MALO    | 0.007                  | S/C        | S/C          | 21          |
| CAHUIÑA CAGAMARCA                      | RÍO HORNOMAYO           | 3+967     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.020                  | S/C        | S/C          | 20          |
| POLLITO                                | RÍO HORNOMAYO           | 0+860     | I      | SEMI-RUSTICO | FIJO    | CONCRETO    | MALO    | 0.015                  | S/C        | S/C          | 20          |
| PEÑA COLORADA                          | RÍO PORCON              | 2+516     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.008                  | S/C        | S/C          | 14          |
| HUAMBOCANCHA BAJA                      | RÍO PORCON              | 2+730     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.040                  | S/C        | S/C          | 30          |
| HUAMBOCANCHA ALTA EL BAT               | RÍO PORCON              | 5+209     | D      | RUSTICO      | FIJO    | TIERRA      | REGULAR | 0.050                  | S/C        | S/C          | 60          |
| SAN ANTONIO PLAN DE TUAL               | RÍO QUILISH             | 2+150     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.016                  | S/C        | S/C          | 100         |
| LA COLPA                               | RÍO QUILISH             | 6+221     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.017                  | FIERRO     | BUENO        | 35          |
| TRES MOLINOS                           | RÍO GRANDE O LLUSHCAPAN | 0+880     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.098                  | FIERRO     | BUENO        | 45          |
| LAS VIZCACHAS                          | RÍO GRANDE O LLUSHCAPAN | 1+825     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | REGULAR | 0.031                  | FIERRO     | BUENO        | 50          |
| LLUSHCAPAMPA                           | RÍO GRANDE O LLUSHCAPAN | 3+247     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | REGULAR | 0.050                  | S/C        | S/C          | 25          |
| ATUNMAYO                               | RÍO GRANDE O LLUSHCAPAN | 6+200     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.050                  | S/C        | S/C          | 25          |
| SAMBARBAMBA                            | RÍO SAMBARBAMBA         | 8+125     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.017                  | S/C        | S/C          | 75          |
| HERMANOS CUEVA                         | QDA. QUILISH            | 7+087     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.030                  | FIERRO     | BUENO        | 60          |
| QUILISH CHILINCAGA                     | QDA. QUILISH            | 7+998     | D      | PERMANENTE   | S/B     | CONCRETO    | BUENO   | 0.034                  | S/C        | S/C          | 38          |
| SAN JOSE SAN ANTONIO                   | QDA. TUAL               | 1+117     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.010                  | S/C        | S/C          | 80          |
| LA PLANTA                              | QDA. TUAL               | 1+857     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.020                  | S/C        | S/C          | 100         |
| LA SHITA                               | QDA. TUAL               | 2+247     | D      | SEMI-RUSTICO | S/B     | MAMPOSTERIA | MALO    | 0.008                  | S/C        | S/C          | 30          |
| YERBA SANTA                            | QDA. TUAL               | 2+849     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.030                  | S/C        | S/C          | 90          |

**Fuente: Junta se usuarios del Río Mashcón**

**Tabla 73: Inventario de las Tomas Laterales de la cuenca del Río Mashcón.**

| BOCATOMAS EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN |                        |           |        |              |         |             |         |                        |            |              |             |
|--|------------------------|-----------|--------|--------------|---------|-------------|---------|------------------------|------------|--------------|-------------|
| NOMBRE                                 | FUENTE                 | PROG (km) | MARGEN | TIPO         | BARRAJE | MATERIAL    | ESTADO  | Q (m <sup>3</sup> /s.) | MAT. COMP. | ESTADO COMP. | EDAD (Años) |
| TOTORILLA                              | QDA. TUAL              | 3+098     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.008                  | S/C        | S/C          | 30          |
| PURUMARCA                              | QDA. MISHACOCCHA YANUM | 0+066     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.016                  | S/C        | S/C          | 90          |
| TRANCA SAUCEPAMPA                      | QDA. LA TRANCA         | 1+450     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.015                  | S/C        | S/C          | 25          |
| TRANCA HUAYLULO                        | QDA. LA TRANCA         | 1+718     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | REGULAR | 0.032                  | FIERRO     | BUENO        | 23          |
| ZIN ZIN LLUSHPILLACO                   | QDA. LLUSHPILLACO      | 0+995     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.014                  | S/C        | S/C          | 50          |
| TINGO EL INGENIO                       | QDA. EL ARPA           | 0+301     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.027                  | S/C        | S/C          | 50          |
| TINGO TUYOLOMA                         | QDA. LAS QUINUAS       | 0+706     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | REGULAR | 0.060                  | FIERRO     | BUENO        | 10          |
| CHUNQUE                                | QDA. CARHUAQUERO       | 2+144     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.031                  | S/C        | S/C          | 20          |
| CARHUAQUERO YACUSHILLA A               | QDA. CARHUAQUERO       | 2+492     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.019                  | S/C        | S/C          | 18          |
| CARHUAQUERO YACUSHILLA L               | QDA. CARHUAQUERO       | 2+925     | I      | SEMI-RUSTICO | S/B     | TIERRA      | MALO    | 0.036                  | S/C        | S/C          | 45          |
| YANACOCCHA LLAGAMARCA                  | QDA. ENCAJON           | 3+772     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.037                  | FIERRO     | BUENO        | 25          |
| SAN JOSE SALVADOR DE COREM             | QDA. COREMAYO          | 1+494     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.040                  | S/C        | S/C          | 65          |
| ARCUYOC EL POTRERO                     | QDA. COREMAYO          | 3+292     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.039                  | S/C        | S/C          | 25          |
| QUISHUAR                               | QDA. MUNYUDEN          | 0+582     | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.035                  | S/C        | S/C          | 40          |
| ENCAJON COLLOTAN                       | QDA. MUNYUDEN          | 0+620     | I      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.063                  | S/C        | S/C          | 25          |
| APALIN LLUSHCAPAMPA EL GR              | QDA. APALIN            | 0+482     | D      | RUSTICO      | FIJO    | MAMPOSTERIA | REGULAR | 0.035                  | S/C        | S/C          | 15          |
| YERBA BUENA                            | QDA. SAMBARBAMBA       | 9+654     | D      | RUSTICO      | S/B     | TIERRA      | REGULAR | 0.016                  | S/C        | S/C          | 30          |
| LA SHACSHA                             | QDA. SAN JOSE          | 6+541     | D      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.034                  | FIERRO     | BUENO        | 100         |
| SAN MARTIN TUPAC AMARU RÍ              | QDA. HONDA             | 13+706    | I      | PERMANENTE   | FIJO    | CONCRETO    | BUENO   | 0.04                   | FIERRO     | BUENO        | 25          |

**Fuente: Junta se usuarios del Río Mashcón**

## PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 34: Captación Huacaríz



Figura 35: Tramo del Río Mashcón aguas arriba de la Captación Huacaríz



Figura 36: Ubicación de la sección de aforo a 2714 msnm



Figura 37: Sección de aforo del Río Mashcón .



Figura 38: Captación Huacaríz



Figura 39: Aforo del Río Mashcón con Punto de descarga la Captación Huacaríz

**A.9. PLANO DE CANALES DE DERIVACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO  
MASHCÓN**