

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS**

**“Estudio hidrológico de la microcuenca río Huayllumayo  
para la demanda agrícola de las comunidades  
campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de  
Espinar, región Cusco”**

*Para optar el título profesional de:*

*INGENIERO AGRÍCOLA*

*Autor(es):*

Bach. Castro Salazar, Marlon Miguel  
Bach. Tapia Marquina, Hugo Alejandro

*Asesor:*

Mg. Ing. Hernández Alcántara, Juan

Lambayeque - Perú  
2023



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

## TESIS

**"Estudio hidrológico de la microcuenca río Huayllumayo  
para la demanda agrícola de las comunidades  
campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de  
Espinar, región Cusco"**

*Para optar el título profesional de:*

*INGENIERO AGRÍCOLA*

*Autor(es):*

Bach. Castro Salazar, Marlon Miguel

Bach. Tapia Marquina, Hugo Alejandro

*Aprobado por:*

Ing. Juan Manuel Saavedra Tineo  
Presidente

Ing. Jamil Arvelino Sanchez Ayen  
Secretario

Ing. Victor Andres Jimenez Drago  
Vocal

Ing. Juan Hernández Alcántara  
Patrocinador.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios, quien me dio la fortaleza, sabiduría y guía para poder siempre ir por un buen camino, a mis padres Miguel y Medaly quienes con su apoyo incondicional me brindaron la ayuda necesaria para poder lograr cada una de mis metas y proyectos. A mis hermanos, familiares y amigos quienes estuvieron a mi lado siempre brindándome ese apoyo y confianza para poder lograr esta meta.

**Atte. Castro Salazar, Marlon Miguel**

Quiero dedicar este trabajo de investigación a Dios por guiarme en bien camino, a mis padres ya que de ellos aprendí que el estudio es un paso importante para el desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos y amigos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento para poder lograr cada una de mis metas y sueños que tengo trazados en la vida.

**Atte. Tapia Marquina, Hugo Alejandro**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero Agradecer a Dios por brindarnos la vida, salud y sabiduría para poder cumplir cada uno de nuestros objetivos tanto en estudios profesionales como metas personales; a nuestros padres por todo el apoyo incondicional y la formación que nos brindaron a cada uno de nosotros para ser personas de bien en la vida, agradecidos por su apoyo y fortaleza con esas ganas de salir adelante.

Asimismo, también agradecer a nuestro patrocinador y a los representantes del jurado por el apoyo que nos brindaron para poder lograr este objetivo de culminación del proyecto de tesis y así seguir cumpliendo muchas metas más proyectadas en cada una de nuestras vidas.

## **RESUMEN**

En el presente proyecto se realizó un estudio hidrológico, aplicación del método determinístico – estocástico Lotz-School para sí saber el caudal disponible anual como también se aplicó diferentes estudios tanto de pluviometría como ambientales a nivel de la microcuenca del río Huayllumayo, para determinar las ofertas disponibles y verificar si estas cubren o no, las demandas potenciales del recurso hídrico en el sector agrícola y pecuario de las Comunidades Campesinas Oquebamba y Pumahuasi que se ubican políticamente en el distrito de Coporaque, provincia de Espinar, del departamento de Cusco.

**Palabras Clave:** Determinístico, Hidrológico, Estocástico.

## **ABSTRACT**

In the present project, a hydrological study was carried out, application of the deterministic - stochastic Lotz-School method in order to know the annual available flow, as well as different studies of both rainfall and environmental at the level of the Huayllumayo river micro-basin, to determine the offers.

Available and verify whether or not they cover the potential demands of water resources in the agricultural and livestock sector of the Oquebamba and Pumahuasi Peasant Communities that are politically located in the district of Coporaque, province of Espinar, in the department of Cusco.

**Keywords:** Deterministic, Hydrological, Stochastic.

## ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA.....</i>	<i>3</i>
<i>AGRADECIMIENTO.....</i>	<i>4</i>
<i>RESUMEN .....</i>	<i>5</i>
<i>ABSTRACT .....</i>	<i>6</i>
<i>INTRODUCCIÓN .....</i>	<i>22</i>
<i>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>23</i>
<i>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</i>	<i>23</i>
<i>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</i>	<i>22</i>
<i>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</i>	<i>23</i>
<i>    1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....</i>	<i>24</i>
<i>    1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>24</i>
<i>1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</i>	<i>24</i>
<i>1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</i>	<i>25</i>
<i>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>26</i>
<i>2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....</i>	<i>26</i>
<i>2.2. BASES TEÓRICAS.....</i>	<i>26</i>
<i>    2.2.1. CUENCA HIDROGRAFICA.....</i>	<i>26</i>
<i>    2.2.2. PARAMETROS DE FORMA DE LA CUENCA .....</i>	<i>27</i>
<i>    2.2.3. CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA CUENCA .....</i>	<i>28</i>
<i>    2.2.4. INDICES REPRESENTATIVOS.....</i>	<i>28</i>
<i>    2.2.5. PARAMETREOS DE RELIEVE DE CUENCA.....</i>	<i>29</i>
<i>    2.2.6. PARAMETROS DE RED HIDROGRAFICA .....</i>	<i>30</i>
<i>    2.2.7. ELEMENTOS METEOROLOGICOS.....</i>	<i>32</i>
<i>        2.2.7.1. Temperatura .....</i>	<i>32</i>

2.2.7.2. Humedad Relativa .....	32
2.2.7.3. Viento .....	32
2.2.7.4. Horas de sol.....	33
2.2.7.5. Evaporación.....	33
2.2.7.6. Transpiración.....	33
2.2.7.7. Evapotranspiración.....	33
2.2.7.8. Precipitación .....	34
2.2.7.8.1. Medidas de la precipitación .....	35
2.2.7.8.2. Estimación de datos faltantes .....	35
2.2.7.8.3. Análisis de consistencia de la información.....	36
2.2.7.8.4. Análisis visual de hidrogramas.....	36
2.2.7.8.5. Análisis estadístico .....	36
2.2.7.8.6. Corrección de datos.....	40
2.2.7.8.7. Bondad de la información corregida .....	40
2.2.8. ECUACION REGIONAL .....	40
2.2.9. MODELO DETERMINISTICO – ESTOCASTICO LUTZ SCHOLZ .....	41
2.2.9.1. Ecuación de Balance Hídrico (CM).....	42
2.2.9.2. Coeficiente de escurrimiento (C) .....	43
2.2.9.3. Precipitación Efectiva (PE) .....	44
2.2.9.4. Retención de la Cuenca (R) .....	45
2.2.9.5. Almacenamiento Hídrico (h) .....	46
2.2.9.6. Coeficiente de Agotamiento (a) .....	47
2.2.9.7. Relación entre descargas y retención (Gi).....	48
2.2.9.8. Gasto de la retención (Gi).....	48
2.2.9.9. Abastecimiento de la retención (Ai) .....	49
2.2.9.10. Determinación del caudal mensual para el año promedio (CMi)	



.....	50
2.2.9.11. <i>Generación de caudales mensuales para periodos extendidos</i>	50
2.2.10. <i>CAUDAL ECOLOGICO</i>	51
2.2.10.1. <i>Metodología porcentual de la Autoridad Nacional del Agua – ANA</i>	51
2.2.11. <i>PERSISTENCIA DE CAUDALES</i>	52
2.2.12. <i>DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS</i>	53
2.2.12.1. <i>Cedula de cultivo</i>	54
2.2.12.2. <i>Kc de cultivo</i>	54
2.2.12.3. <i>Evapotranspiración real del cultivo (Eta)</i>	54
2.2.12.4. <i>Precipitación efectiva</i>	54
2.2.12.5. <i>Déficit de humedad</i>	54
2.2.12.6. <i>Eficiencia de riego</i>	54
2.2.12.7. <i>Requerimiento de agua (Demanda bruta)</i>	55
2.2.12.8. <i>Balance Hídrico</i>	55
2.2.13. <i>ANALISIS DE TORMENTAS</i>	55
2.2.13.1. <i>Elementos fundamentales en el análisis de tormentas</i>	56
2.2.14. <i>ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS (“OUTLIERS”)</i>	58
2.2.15. <i>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD</i>	59
2.2.15.1. <i>Distribución normal</i>	60
2.2.15.2. <i>Distribución Log Normal de 2 parámetros</i>	61
2.2.15.3. <i>Distribución Gamma de 3 parámetros o Pearson III</i>	62
2.2.15.4. <i>Distribución Log Pearson III</i>	63
2.2.15.5. <i>Distribución Gumbel</i>	65
2.2.15.6. <i>Distribución Log Gumbel</i>	65
2.2.16. <i>DETERMINACIÓN DE BONDAD DE AJUSTE</i>	66

2.2.17. ANÁLISIS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF):.....	68
2.2.17.1. Modelo de Dick – Peshcke .....	69
2.2.17.2. Construcción de las curvas IDF.....	69
2.2.17.3. Hietograma de diseño .....	70
2.2.18. ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	72
2.2.18.1. Método Racional.....	72
2.2.18.2. Método Mac Math.....	72
2.2.19. AVENIDA DE DISEÑO.....	73
2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	73
2.4.VARIABLES.....	74
2.4.1. Definición conceptual de la variable .....	74
2.4.1.1. Variable Independiente.....	74
2.4.1.2. Variable Dependiente .....	74
2.4.2. Definición operacional de la variable.....	75
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	76
3.1.TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	76
3.2.DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
3.3.POBLACIÓN Y MUESTRA .....	78
3.3.1. Población.....	78
3.3.2. Muestra .....	78
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	79
3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO .....	79
3.6.PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS .....	79
3.6.1. Enfoque Cualitativo .....	79
3.6.2. Enfoque Cuantitativo .....	80
3.6.3. Fase de Gabinete.....	80

CAPITULO IV: DESARROLLO DEL ESTUDIO HIDROLOGICO .....	81
4.1. RECOPIACION DE INFORMACION CARTOGRAFICA .....	81
4.2. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA .....	81
4.2.1. Ecología .....	82
4.2.2. Zonas de Vida .....	82
4.2.3. Geología .....	83
4.2.4. Ubicación de fuentes de agua en el área de estudio .....	85
4.2.5. Calidad de agua para riego .....	85
4.2.6. Clasificación del agua para riego .....	86
4.3. RECOPIACION DE INFORMACION METEOROLOGICA .....	86
4.3.1. Precipitación .....	87
4.3.2. Precipitación máxima 24 Hrs .....	88
4.3.3. Temperatura .....	89
4.3.4. Humedad relativa .....	90
4.3.5. Horas de sol .....	90
4.3.6. Velocidad media de viento .....	91
4.3.7. Evaporación .....	91
4.4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACION METEOROLOGICA .....	92
4.4.1. Precipitación .....	92
4.4.1.1. Completación y extensión de información .....	93
4.5. ANALISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACION .....	93
4.5.1. Análisis visual grafico .....	93
4.5.2. Análisis estadístico .....	98
4.6. CORRECCION DE LA INFORMACION .....	100
4.7. RELACION PRECIPITACION ALTITUD .....	100
4.8. GENERACION DE PRECIPITACION EN LAS QUEBRADAS CONSIDERADAS .....	101

4.9.	MODELAMIENTO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ.....	105
4.9.1.	Caudales generados en las subcuencas en estudio .....	105
4.10.	DEMANDA HIDRICA .....	112
4.10.1.	Área a regar con proyecto.....	112
4.10.2.	Cedula de cultivos y calendarios de siembra .....	112
4.10.3.	Evapotranspiración potencial (ETo) .....	113
4.10.4.	Kc del cultivo .....	114
4.10.5.	Precipitación efectiva .....	115
4.10.6.	Eficiencia de riego.....	116
4.11.	AVENIDAS MAXIMAS .....	117
4.11.1.	Información Pluviométrica .....	117
4.11.2.	Análisis de datos dudosos .....	119
4.12.	ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA Y PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE SMIRNOV – KOLMOGOROV .....	121
4.13.	PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO.....	128
4.14.	INTESIDAD DE LLUVIA .....	129
4.15.	CURVAS I-D-F.....	132
4.16.	HIETOGRAMA DE BLOQUE ALTERNO .....	134
4.17.	RIESGO DE EXCEDENCIA Y CAUDAL DE DISEÑO .....	136
	CAPITULO V: RESULTADOS.....	137
5.1.	PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA.....	137
5.2.	CURVAS HIPSOMÉTRICAS Y FRECUENCIAS DE ALTITUDES.....	139
5.3.	INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA COMPLETA Y CORREGIDA .....	143
5.4.	CAUDALES GENERADOS POR EL MÉTODO LUTZ – SCHOLZ .....	152
5.5.	CAUDALES ECOLÓGICOS SEGÚN NORMATIVA DEL ANA .....	158

5.6.	<i>DEMANDA DE HÍDRICA</i> .....	162
5.7.	<i>DISPONIBILIDAD HIDRICA</i> .....	166
5.8.	<i>BALANCE HIDRICO</i> .....	166
5.9.	<i>AVENIDAS MAXIMAS</i> .....	169
	<i>CAPITULO VI: CONCLUSIONES</i> .....	171
	<i>CAPITULO VII: RECOMENDACIONES</i> .....	172
	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i> .....	173
	<i>ANEXOS</i> .....	175
a)	<i>ANEXO A: Delimitación de la Microcuenca y Determinación de los parámetros geomorfológicos</i> .....	175
b)	<i>ANEXO B: Información Proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) Entre Los Años 1964 - 2020</i> .....	185
c)	<i>ANEXO C: Completación y Extensión de Datos mediante Hec-4</i> .....	197
d)	<i>ANEXO D: Análisis Estadístico</i> .....	201
e)	<i>ANEXO E: Generación de Caudales Mediante el Método Determinístico – Estocástico Lutz - Scholz</i> .....	204
f)	<i>ANEXO F: Generación de Datos para Curvas I-D-F</i> .....	216
g)	<i>ANEXO G: Panel Fotográfico</i> .....	220

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tamaño relativo de sistemas hidrológicos.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2: Método de la United States Bureau Of Reclamation (USBR).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 3: Coeficientes de abastecimiento.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 4: Valores k, para la prueba de datos dudosos, .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5: Valores críticos de <math>\Delta_0</math> del estadístico Smirnov – Kolmogorov .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 6: Vías de acceso a la zona de estudio.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 7: Descripción de zona de estudio .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 8: Descripción de zona de estudio .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 9: Ubicación de fuentes de agua .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 10: Cuadro comparativo de estándares de calidad .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 11: Áreas a regar con proyecto .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 12: Estaciones Hidrometeorológicas .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 13: Precipitación máxima 24 Hrs.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 14: Análisis estadístico – Estación Sicuani.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 15: Análisis estadístico – Estación Yauri.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 16: Análisis estadístico – Estación Chuquibambilla.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 17: Análisis estadístico – Estación La Angostura .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 18: Variación mensual de la Precipitación - Altitud.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 19: Precipitación generada – Estación Azulaje .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 20: Precipitación generada – Estación Huaca Human .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 21: Precipitación generada – Estación Área de Cultivos.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 22: Persistencia de precipitación generada – Estación Área de Cultivos..</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 23: Coordenadas de la generación de caudales - Azulaje .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 24: Características generales de la subcuenca.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 25: Generación de Caudales para el año promedio – Microcuenca Azulaje.....</i>	<i>107</i>

<i>Tabla 26: Calculo de los coeficientes de correlación múltiple para el año promedio</i>	107
<i>Tabla 27: Descargas medias mensuales generadas – Quebrada Azulaje</i>	108
<i>Tabla 28: Coordenadas de la generación de caudales – Huaca Human</i>	109
<i>Tabla 29: Características generales de la subcuenca</i>	109
<i>Tabla 30: Generación de Caudales para el año promedio – Quebrada Huaca Human</i>	109
<i>Tabla 31: Calculo de los coeficientes de correlación múltiple para el año promedio</i>	110
<i>Tabla 32: Descargas medias mensuales generadas – Quebrada Huaca Human</i>	111
<i>Tabla 33: Área a regar con proyecto</i>	112
<i>Tabla 34: Área a cultivar Con Proyecto</i>	112
<i>Tabla 35: Calendario de siembra – Sector Pumahuasi y Oquebamba</i>	112
<i>Tabla 36: Kc de cultivos con proyecto - Sector Pumahuasi y Oquebamba</i>	114
<i>Tabla 37: Evapotranspiración real de los cultivos (eta) - sector Pumahuasi y Oquebamba</i>	114
<i>Tabla 38: Conversión de la precipitación efectiva</i>	115
<i>Tabla 39: Conversión de la precipitación efectiva</i>	116
<i>Tabla 40: Resumen de eficiencias de riego</i>	116
<i>Tabla 41: Estadísticas de la serie anual de precipitaciones máximas</i>	119
<i>Tabla 42: Resumen de precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Sicuani</i>	120
<i>Tabla 43: Distribución Normal</i>	122
<i>Tabla 44: Distribución Log Normal</i>	123
<i>Tabla 45: Distribución Pearson Tipo III</i>	124
<i>Tabla 46: Distribución Log Pearson Tipo III</i>	125
<i>Tabla 47: Distribución Gumbel</i>	126

<i>Tabla 48: Distribución Log Gumbel .....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 49: Bondad de ajuste de precipitación máxima en 24 horas .....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 50: Precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno .....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 51: Factor de ajuste.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 52: Lluvias máximas (mm).....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 53: Intensidades máximas (mm/h) .....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 54: Resultados del Análisis de regresión.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 55: Datos de curvas I-D-F .....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 56: Intensidad máxima y precipitación – tiempo de retorno 50 años.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 57: Intensidad máxima y precipitación – tiempo de retorno 100 años.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 58: Parámetros morfológicos de la microcuenca Huayllumayo .....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 59: Altitudes y áreas parciales - Quebrada Azulaje .....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 60: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Huaca Human.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 61: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Pumahuasi.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 62: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Oquebamba .....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 63: Temperatura media mensual – Estación Yauri.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 64: Temperatura media mensual – Estación La Angostura.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 65: Humedad relativa – Estación Yauri .....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 66: Horas sol – Estación Yauri .....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 67: Velocidad media del viento – Estación Yauri.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 68: Precipitación Mensual corregida y extendida – Estación Yauri .....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 69: Precipitación Mensual corregida y extendida– Estación Chuquibambilla.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 70: Precipitación Mensual corregida y extendida – Estación Sicuani.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 71: Evaporación Mensual corregida y extendida – Estación La Angostura .....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 72: Descargas medias mensuales generadas - Quebrada Azulaje.....</i>	<i>152</i>



Tabla 73: <i>Descargas medias mensuales generadas – Quebrada Huaca Human</i>	155
Tabla 74: <i>Caudales Ecológicos – Quebrada Azulaje</i>	158
Tabla 75: <i>Variación multianual de caudales ecológicos y caudales generados – Quebrada Azulaje</i>	159
Tabla 76: <i>Caudales Ecológicos – Quebrada Huaca Human</i>	160
Tabla 77: <i>Variación multianual de caudales ecológicos y caudales generados – Quebrada Huaca Human</i>	161
Tabla 78: <i>Demanda de agua con proyecto – Sector Pumahuasi</i>	162
Tabla 79: <i>Demanda de agua con proyecto – Sector Oquebamba</i>	164
Tabla 80: <i>Disponibilidad hídrica – Microcuenca del Rio Huayllumayo</i>	166
Tabla 81: <i>Balance Hídrico Sin proyecto – Microcuenca rio Huayllumayo</i>	166
Tabla 82: <i>Balance Hídrico Con proyecto – Microcuenca rio Huayllumayo</i>	167
Tabla 83: <i>Precipitación Máxima en 24 horas – Estación Sicuani</i>	169
Tabla 84: <i>Precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno</i>	170
Tabla 85: <i>Riesgo de excedencia y caudal de diseño para diferentes periodos de retorno</i>	170

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Proceso de selección de una distribución teórica .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2: Distribución Normal.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 3: Distribución Log normal.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4: Ejemplo Curva Intensidad – Duración - Frecuencia .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5: Hietograma del método de bloques alternos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 6: Mapa geográfico del Perú .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 7: Mapa provincial - Espinar.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 8: Mapa distrital - Coporaque .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 9: Delimitación de la Microcuenca del río Huayllumayo .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 10: Mapa de zonificación ecológica de la zona de estudio.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 11: Mapa de zonificación geológica de la zona de estudio .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 12: Ubicación de estaciones meteorológicas .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 13: Evapotranspiración según Penman-Monteith.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 14: Precipitación efectiva (método USDA S.C.) - Azulaje .....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 15: Precipitación efectiva (método USDA S.C.) – Huaca Human .....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 16: Sub-delimitación de la microcuenca del Río Huayllumayo.....</i>	<i>137</i>

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Promedio mensual de la precipitación total mensual.....	88
Gráfico 2: Valores medios, máximos y mínimos de temperatura – Estación Yauri .....	89
Gráfico 3: Valores medios, máximos y mínimos de temperatura – Estación La Angostura.....	89
Gráfico 4: Valores medios de Humedad Relativa (%) – Estación Yauri .....	90
Gráfico 5: Valores medios y diarios de Horas de sol – Estación Yauri.....	90
Gráfico 6: Velocidad media de viento – Estación Yauri.....	91
Gráfico 7: Evaporación media en Estaciones Consideradas.....	92
Gráfico 8: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Yauri.....	94
Gráfico 9: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Sicuani.....	95
Gráfico 10: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Chuquibambilla..	96
Gráfico 11: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación La Angostura .....	97
Gráfico 12: Relación Precipitación - Altitud .....	100
Gráfico 13: Variación de 3 niveles de persistencia – Estación Área Cultivos.....	105
Gráfico 14: Variables Hidrometeorológica .....	114
Gráfico 15: Hidrograma de registros anuales.....	118
Gráfico 16: Análisis de confiabilidad de datos.....	120
Gráfico 17: Precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno.....	129
Gráfico 18: Curvas I-D-F .....	133
Gráfico 19: Hietograma de precipitación de diseño – Tiempo de retorno 50 años .....	134
Gráfico 20: Hietograma de precipitación de diseño – Tiempo de retorno 100 años .....	135
Gráfico 21: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Quebrada Azulaje ..	139

Gráfico 22: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes – Quebrada Huaca Human .....	140
Gráfico 23: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Quebrada Pumahuasi .....	141
Gráfico 24: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Oquebamba .....	142
Gráfico 25: Hidrograma de caudales mensuales generados – Quebrada Azulaje .....	153
Gráfico 26: Variación multianual de caudales generados - Quebrada Azulaje....	154
Gráfico 27: Variación de persistencia de caudales generados - Quebrada Azulaje .....	154
Gráfico 28: Hidrograma de caudales mensuales generados – Quebrada Huaca Human.....	156
Gráfico 29: Variación multianual de caudales generados - Quebrada Huaca Human .....	157
Gráfico 30: Variación de persistencia de caudales generados - Quebrada Huaca Human.....	157
Gráfico 31: Variación multianual de caudales ecológicos - Quebrada Azulaje....	159
Gráfico 32: Variación multianual de caudales ecológicos - Quebrada Huaca Human .....	161
Gráfico 33: Balance Hídrico Sin proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo .....	168
Gráfico 34: Balance Hídrico Con proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo .....	168

## ÍNDICE DE TERMINOS

Acrónimo:

ETP	Evapotranspiración Potencial
SC	Pendiente media de la Cuenca
CO	Coeficiente Orográfico
DD	Densidad de Drenaje
SM	Pendiente del Cauce Principal
TC	Tiempo de Concentración
P	Perímetro de la Cuenca
RE	Rectángulo Equivalente
E	Altitud Media de la Cuenca

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, el tema del manejo del recurso hídrico (agua) es un tema que cada vez se está tomando con mucha más importancia y dedicación, por eso el afianzamiento del riego en nuestros poblados de nuestros diversos departamentos y sectores está cumpliendo un aspecto de mucha prioridad el cual su desarrollo es sostenible pero se está viendo limitado por la escasez y calidad del agua la cual se ve reflejada en algunos de nuestros ríos ya sea en la costa peruana como en la sierra lo que perjudica tanto en el uso poblacional como agrícola de nuestro país.

Uno de los causales de la escasez y calidad de agua es dada por el mal manejo de las cuencas hidrográficas que hay en nuestro país debido a la falta de estudios de ingeniería ya que sin todos estos estudios no se podría saber a ciencia cierta el comportamiento de las cuencas, sin embargo hay posibilidades de mejorar las condiciones para satisfacer la escasez y calidad del recurso hídrico mediante una mejor conducción de los sistemas de operación, modernización de las infraestructuras, mejor mantenimiento con prácticas agrícolas adecuadas y lo más importante un adecuado y racional manejo del recurso hídrico con el fin de incrementar tanto la producción agrícola como el uso poblacional de agua.

Dado este contexto, la presente tesis consiste en analizar y corroborar si la microcuenca del río Huayllumayo abastece satisfactoriamente las necesidades hídricas de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, tanto en consumo agrícola, poblacional y ganadero; con la finalidad de plantear mejor distribución y manejo del agua; en caso contrario de que no cumpla los requisitos de demanda hídrica, se vería la necesidad de plantear el diseño de una presa.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

Los Recursos hídricos a nivel de las Cuenca Hidrográfica de la Vertiente del Atlántico se caracteriza por estacionalidad, definiéndose su disponibilidad en cuanto a su cantidad y tiempo en dos periodos, uno relacionado a la presencia de las precipitaciones, durante los meses de diciembre a abril, donde se concentra la mayor cantidad de agua disponible (70 %), y el otro periodo caracterizado por la ausencia de lluvias (sequía) durante los meses de mayo a noviembre.

Para la actividad agrícola se requiere de disponibilidad hídrica no solo en cantidad sino en oportunidad, el cual dado el ciclo hidrológico no lograr cubrir la demanda de manera oportuna el cual genera impactos negativos en la producción, rentabilidad y bienestar de los productores agrarios.

La oportunidad y sostenibilidad de los recursos hídricos se logra mediante la construcción de presas, que, de acuerdo a las características de la oferta hídrica, de emplazamiento y fundación, se logra tener un sistema de riego regulado.

Desde muchos años, las Comunidades Campesinas de Oquebamba y Pumahuasi habían solicitado la realización de proyectos de construcción de canales de riego, a partir de la quebrada denominada Huayllumayo y que por los propios comuneros se le conoce como zona de Azulaje, se analizará la disponibilidad de la oferta de agua del río Huayllumayo y de esta fuente es que se ubican aguas abajo puntos adecuados para el emplazamiento de una presa y aguas abajo dos bocatomas, una para el sector de Pumahuasi (margen derecha) y otra más abajo para el sector de Oquebamba (margen izquierda), y que podrá satisfacer las demandas requeridas para ambas comunidades campesinas.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo dar conocimiento del caudal de agua disponible para la demanda hídrica en las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un estudio hidrológico de microcuenca río Huayllumayo para determinar la demanda agrícola de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de Espinar, región Cusco.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros geomorfológicos de la Microcuenca
- Calcular el tratamiento de la información pluviométrica
- Calcular los caudales promedios mediante el método determinístico – estocástico Lotz-School
- Determinación de la disponibilidad hídrica de la microcuenca analizada
- Evaluar la demanda agrícola de los sectores de riego Pumahuasi y Oquebamba
- Determinación del Balance Hídrico del Área del Proyecto hídrico
- Determinar el caudal de diseño para avenidas máximas

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La presente investigación se justifica para poder saber con mayor claridad y precisión el caudal de agua disponible anual en las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi ubicadas en el departamento de Cusco a través de un estudio hidrológico.

Con este estudio hidrológico se logrará obtener un resultado para una mejor distribución del recurso hídrico en las comunidades campesinas con la finalidad en que la población tenga un óptimo abastecimiento del recurso hídrico durante todo el año para satisfacer las necesidades agrícolas y poblacionales.



### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Una de las limitaciones en la zona de estudio fue el relieve y ubicación del lugar a investigar ya que es de clima frío y apartado del lugar donde resido.

Otra limitación fue la situación que se vivió durante la ejecución del estudio con una pandemia la cual es el Covid-19.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Tesis publicada Tejada Espinoza, H. E. (2014): “Estudio Hidrológico de máximas avenidas de la subcuenca Juana Ríos – Cuenca Chancay – Lambayeque”. Repositorio Institucional:

<https://hdl.handle.net/20.500.12893/107>. El estudio está orientado para que puedan determinar los valores de descargas máximas del río Chancay-Lambayeque el cual se está enfocando especialmente a la subcuenca Juana Ríos en los cuales se han desarrollado evaluaciones tanto en trabajo en gabinete como en campo.

Tesis publicada Baldeon Jara, L. C (2016): “Modelamiento Hidrológico de la subcuenca del río Achamayo”. Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4588>. En este estudio se empleó sistemas de información geográfica para poder realizar un modelamiento hidrológico del río Achamayo en el cual dicho modelamiento se emplea como una alternativa para evaluar la cantidad de agua de la subcuenca.

Tesis publicada Hurtado Asto, J. S. J. (2019): “Análisis Hidrológico y estimación del balance hídrico para la presa de relaves Pataz – La Libertad – 2019”. Repositorio Institucional: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2926>. El estudio está orientado al desarrollo de un análisis de la hidrología y disponibilidad hídrica con la finalidad de realizar un buen balance hídrico con métodos estadísticos y estocásticos obteniendo caudales entre periodos de años convenientes para el estudio.

### **2.2. BASES TEÓRICAS**

#### **2.2.1. CUENCA HIDROGRAFICA**

Se le denomina cuenca hidrográfica al área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villón M. 2002).

### 2.2.2. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA

**Superficie de la cuenca (A).** Es la proyección que se da en un plano horizontal el cual presenta una forma irregular que es obtenido después de haber delimitado una cuenta.

El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas y se expresa en kilómetros cuadrados Km<sup>2</sup>

Tabla 1: Tamaño relativo de sistemas hidrológicos

Unidad Hidrográfica	Área (Km <sup>2</sup> )	Nº orden del Río
Microcuenca (pequeña)	Menos de 100	1°, 2°, 3°
Subcuenca (mediana)	100-700	4°, 5°
Cuenca (grande)	Más de 700	6° a más

**Perímetro de la cuenca (P):** El límite de una cuenca está definido por una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico, llamada divisoria, que divide las precipitaciones que caen en cuencas vecinas y que encamina la escorrentía superficial, además tiene que ver con los bordes de una cuenca proyectada en un plano horizontal siendo normalmente irregular de forma y siempre se obtiene después de haber delimitado la cuenca, dicha característica tiene influencia con el tiempo de concentración de la cuenca.

**Ancho promedio de la cuenca (L):** Relación entre el área de la cuenca y la longitud de máximo recorrido del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$\bar{L} = \frac{A}{L} \quad \text{ec. 01}$$

Donde:

$\bar{L}$  = Ancho promedio de la cuenca (Km)  
A = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)  
L = Longitud de máximo recorrido (Km)

### 2.2.3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA

**Curva Hipsométrica:** Es la curva que cuenta con una relación entre la superficie de una cuenca y la altitud de la misma. (Juan M.G. 2007).

**Curva de frecuencia de altitudes:** Se le denomina al gráfico representativo de porcentajes de altitudes ocupadas por diferentes superficies de terreno, se determinan las siguientes:

**1.- Altitud Media:** Esta altitud denomina por tener la mitad del porcentaje de la cuenca sobre la altitud y la otra mitad encontrándose debajo.

**2.- Altitud más frecuente:** Es el mayor valor de la curva en porcentajes. (Villón M. 2022).

### 2.2.4. ÍNDICES REPRESENTATIVOS

**Factor de forma (F):** Se le denomina factor de forma a la longitud del máximo del recorrido del cauce de una cuenca y su ancho, con el cual podemos medir las crecidas que tiende a tener la cuenca. (Reyes Rodríguez, T.M. 2017).

Su fórmula es la siguiente:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad \text{ec. 02}$$

Donde:

A	=	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )
F	=	Factor de Forma	(Adimensional)
L	=	Longitud de máximo recorrido	(Km)

**Índice de compacidad o de gravelius (KC):** Es el que relaciona el perímetro de una cuenca con una circunferencia igual a la misma para poder así describir geométricamente el tiempo del sistema hidrológico. (Reyes Rodríguez, T.M. 2017).

La expresión del índice es el siguiente:

$$K_c = \frac{P}{2\pi R} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{ec. 03}$$

Dónde:

$K_c$	=	Coeficiente de compacidad	(Adimensional)
$P$	=	Perímetro de la cuenca	(Km)
$A$	=	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )

### 2.2.5. PARÁMETROS DE RELIEVE DE CUENCA

El relieve de la cuenca tiene una incidencia mayor al que posee la escorrentía, dado que el menor tiempo de la concentración depende de una pendiente mayor. (Bejar, M.V. 2015).

**Altitud media de la cuenca (E):** La altitud media de una cuenca es muy importante ya que con una variación de ella es de suma importancia a la influencia que ejercen sobre una precipitación. (Baldeon Jara, L. 2016).

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i a_i)}{A} \quad \text{ec. 04}$$

Donde:

$E$	=	Elevación media de la cuenca	(m.s.n.m.)
$c_i$	=	Elevación media del área entre dos curvas de nivel	(m.s.n.m.)
$a_i$	=	Área i entre curvas de nivel	(Km <sup>2</sup> )

**Pendiente media de la cuenca (Sc):** Es un cumulo de promedios que están dados para una cuenca el cual podemos dar el tiempo de influencia y concentración en lo que es máximas avenidas y la potencia de degradación de una cuenca. Dentro de los métodos que se utilizan se recomienda usar el Método de HORTON. (Reyes Rodríguez, T.M. 2017).

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \quad \text{ec. 05}$$

Dónde:

$S_c$	=	Pendiente de la cuenca	(m/m)
$C$	=	Equidistancia entre curvas de nivel	(Km)
$A$	=	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )
$l_i$	=	Longitud de cada curva de nivel	(Km)

**Coeficiente Orográfico (Co):** Es la relación que se tiene entre la superficie en un plano horizontal con la altitud del relieve de una cuenca, con lo cual se puede expresar el potencial de una cuenca. (Javier, S.:R. 2006).

$$C_o = \frac{E^2}{A} \quad \text{ec. 06}$$

Dónde:

Co =	Coeficiente Orográfico	(Adimensional)
E =	Altitud media del Relieve	(Km)
A =	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )

## 2.2.6. PARÁMETROS DE RED HIDROGRÁFICA

**Tipo de corriente:** Una de las formas para poder identificar el tipo de corriente de una red es tomar el flujo del agua.

- **Ríos perennes.** – Ríos con recurso hídrico durante todo el año
- **Ríos intermitentes.** – Ríos que se encuentran abastecidos solo en épocas de lluvia
- **Ríos efímeros.** – Ríos que contienen agua solo cuando hay precipitación.

**Longitud de máximo recorrido del cauce principal (L):** Es el mayor recorrido en longitud que realiza el cauce desde el punto inicial de la cuenca (cabecera) hasta el punto emisor.

**Densidad de drenaje (Dd):** Es el que se encarga de dar conocimiento del grado en el que se encuentra el desarrollo de un sistema de drenaje el cual esta expresado en lo siguiente:

$$D_d = \frac{L}{A} \quad \text{ec. 07}$$

Dónde:

Dd =	Densidad de drenaje	(Km/Km <sup>2</sup> )
L =	Longitud total de la red de drenaje	(Km)
A =	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )

**Pendiente del cauce principal (Sm):** Es el parámetro utilizado para determinar la caída de corriente entre los 2 puntos de agua.

La pendiente media del cauce principal, según Taylor y Schwarz es la relación entre la diferencia de alturas y la longitud del curso principal. Su expresión es la siguiente:

$$S_m = \frac{(H_M - H_m)}{(1000 * L)} \quad \text{ec. 08}$$

Dónde:

Sm	=	Pendiente media del cauce principal	(m/m)
L	=	Longitud del cauce principal	(Km)
H <sub>M</sub>	=	Altura máxima del lecho del río principal	(m.s.n.m.)
H <sub>m</sub>	=	Altura mínima del lecho del río principal	(m.s.n.m.)

**Tiempo de Concentración (Tc):** Se le denomina al tiempo de caída de las gotas de lluvia al llegar al suelo y la escorrentía hasta la salida de la cuenca.

- **Tiempo de Concentración de Témez:** Este indicador fue creado por Témez (1978), y su expresión matemática es la siguiente:

$$t_c = 0.3 \left( \frac{L^3}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad \text{ec. 09}$$

Donde:

L	=	Longitud del cauce más largo	(Km).
S	=	Pendiente media del cauce del río principal.	(%)
Tc	=	Tiempo de concentración	(hr)

- **Tiempo de Concentración de Kirpich:** Su expresión matemática es la siguiente:

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{ec. 10}$$

Donde:

L	=	Longitud del cauce más largo	(m)
H	=	Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal	(m/m)
Tc	=	Tiempo de concentración	(min)

### 2.2.7. ELEMENTOS METEOROLOGICOS

La ciencia meteorológica, que estudia la atmósfera, es una disciplina que trata de establecer la relación existente entre los parámetros del ciclo hidrológico en base al análisis físico y matemático. Los elementos más importantes se describen a continuación (Mejía, A. 2001).

**2.2.7.1. Temperatura:** La temperatura es una medida del movimiento de traslación medio de las moléculas de un sistema, que en nuestro caso se trata del aire.

Para evitar perturbaciones por la incidencia directa de los rayos solares sobre los termómetros, se colocan dentro de un abrigo meteorológico, que permite el paso del aire a través de unas rendijas que forman parte de las paredes. Los valores máximos suelen ocurrir después del mediodía y los mínimos en la madrugada (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

**2.2.7.2. Humedad Relativa:** El contenido de humedad en la atmósfera se caracteriza a través del parámetro humedad relativa, el cual se define como la relación de la densidad del vapor de agua en un volumen de aire dividido por la densidad de vapor de agua en condiciones de saturación.

Generalmente se expresa en porcentaje y si la atmósfera presenta un alto contenido de humedad, la humedad relativa se aproximará al valor de 100%.

Este elemento climatológico también muestra un comportamiento temporal como la temperatura (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

**2.2.7.3. Viento:** Se genera cuando existen diferencias de temperatura en puntos geográficos cercanos o por cambios en la presión atmosférica. Así, se presentan variaciones fuertes en intervalos de tiempo cortos en un lugar particular.

Las montañas se enfrían más rápidamente que las partes bajas que las rodean, de modo que en la noche los vientos mostrarán una dirección descendente; en la mañana, la situación cambiará, de modo que al



recibir primero los rayos solares las partes altas, se provocarán vientos con dirección ascendente. En zonas cercanas a los mares ocurre que, durante el día, el viento se mueve del continente al cuerpo de agua, y conforme avanza la noche, la dirección se invierte (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

**2.2.7.4. Horas de sol:** El estudio de la radiación global que alcanza la superficie de la tierra supone un cierto número de medidas y, principalmente, la medida de la duración de la insolación.

Estas medidas se efectúan por medio de un heliógrafo, que permite determinar la duración total de la insolación cada hora o cada día. Las lecturas deben ser hechas con aproximación de la décima de hora (Monsalve Sáenz, G:1999).

**2.2.7.5. Evaporación:** Este fenómeno aparece como consecuencia del calentamiento que los rayos solares producen sobre la superficie líquida de mares, lagos y ríos, así como en los suelos húmedos, convirtiendo el agua en vapor, mientras la atmósfera no esté saturada de vapor a la temperatura ambiente.

En este fenómeno el agua toma calor de su alrededor, por lo que la evaporación siempre va acompañada de enfriamiento de la superficie líquida o del suelo (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

**2.2.7.6. Transpiración:** La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas (Riego y Drenaje, 2006).

**2.2.7.7. Evapotranspiración:** Se le denomina evapotranspiración a la pérdida de humedad del suelo por diferentes factores climatológicos lo cual hace que se evapore el recurso hídrico acumulado en la superficie (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006).

**1) Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>):** Es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua.

**2) Evapotranspiración potencial:** Es la pérdida de agua de una superficie cubierta completamente de vegetación, bajo óptimas condiciones de cobertura vegetal y humedad de suelo.

**Cálculo de la evapotranspiración potencial:**

Para su determinación se ha utilizado el método de Penman - Monteith de la FAO:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \quad \text{ec. 11}$$

Donde:

ET <sub>o</sub>	=	Evapotranspiración de referencia	(mm/día).
R <sub>n</sub>	=	Radiación neta en superficie del cultivo	(MJm <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> ).
R <sub>a</sub>	=	Radiación extraterrestre	(mm día <sup>-1</sup> ).
G	=	Flujo del calor de suelo	(MJm <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> ).
T	=	Temperatura media del aire a 2m	(°C).
u <sub>2</sub>	=	Velocidad del viento a 2 m de altura	(m s <sup>-1</sup> ).
es	=	Presión de vapor de saturación	(kPa).
ea	=	Presión real de vapor	(kPa).
es-ea	=	Déficit de presión de vapor	(kPa).
Δ	=	Pendiente de curva de presión de vapor	(kPa °C <sup>-1</sup> ).
γ	=	Constante psicométrica	(kPa °C <sup>-1</sup> ).

**2.2.7.8. Precipitación:** Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo).

Estos últimos diversos tipos de precipitación son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología (Segeer & Villodas, 2006).

**2.2.7.8.1. Medidas de la Precipitación:** La precipitación se mide en términos de la altura de la lámina de agua (hp), la cual se expresa en milímetros (mm). Esa altura de lámina de agua indica la altura de 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.

- **Pluviómetro:** Es un recipiente que permite medir la altura de lluvia con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta corresponde a un milímetro de altura de lluvia.
- **Pluviógrafos:** Indican la intensidad de la lluvia, la cual es un factor de importancia en muchos problemas.

**2.2.7.8.2. Estimación de Datos Faltantes:** Los datos faltantes de un registro de precipitaciones son muy frecuentes, teniendo una gran variedad de causas. Por ejemplo, los desperfectos en el equipo de mediciones, por enfermedad o sustitución del encargado de las observaciones, por interrupciones debidas a limitaciones presupuestales, etc.

En general los datos faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas, o bien en base al propio registro, a continuación, se describen métodos para la estimación de datos faltantes (Farías de Reyes, 2008):

- **Método del promedio aritmético:** Método más sencillo, en el cual se hace en simple promedio aritmético del valor registrado en las estaciones vecinas para obtener el dato faltante, pero solamente es recomendado cuando la precipitación total anual de las estaciones en cuestión no varía en más de un 10 %.
- **Uso de técnicas de regresión lineal** Para completar registros anuales en uno o más años, seguidos o intercalados, el uso de la regresión lineal entre la estación incompleta y otra u otras

cercanas, es de enorme ayuda para estimar los datos faltantes. La regresión lineal y la correlación entendida esta última, como una forma de medir el grado de asociación o dependencia entre los datos de las estaciones que se analizan.

- **Uso de modelos de regresión:** Las estaciones a ser correlacionadas, deben tener similitud en su ubicación (altitud, latitud, distancia a la divisoria) y ser cercanas. Entre los principales modelos de regresión usados en hidrología, debemos mencionar los siguientes:

Regresión lineal simple	:	$y = a + b X$	ec. 12
-------------------------	---	---------------	--------

Regresión logarítmica	:	$y = a + b \ln (X)$	ec. 13
-----------------------	---	---------------------	--------

Regresión potencial	:	$Y = a X^b$	ec. 14
---------------------	---	-------------	--------

Regresión exponencial	:	$Y = a \exp (bX)$	ec. 15
-----------------------	---	-------------------	--------

**2.2.7.8.3. Análisis de consistencia de la información:** El análisis de consistencia es una técnica que permite detectar, identificar, cuantificar, eliminar y corregir los errores sistemáticos de la no-homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrometeorológica. La no homogeneidad e inconsistencia en la serie histórica puede producir errores significativos en todos los análisis futuros y obtendría resultados altamente sesgados.

**2.2.7.8.4. Análisis visual de hidrogramas:** Este análisis se realiza para detectar e identificar la inconsistencia de la información pluviométrica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o “tendencias”.

**2.2.7.8.5. Análisis estadístico:** Obtenido de los hidrogramas originales y del análisis de doble masa los periodos de posible corrección y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales y cuales se modificarán, se procede a analizar estadísticamente tanto en la media como en la desviación estándar

- a) **Consistencia de la media:** La consistencia en la media se verifica mediante la prueba estadística “T” de Student. Se trata de analizar si las medias de los datos correspondientes a los periodos dudoso y confiable son equivalentes o diferentes estadísticamente, para cierto nivel de significación o preestablecido. (ORTIZ, O. 1995).

El procedimiento de la prueba “T” es el siguiente:

### Prueba estadística “T”:

Cálculo de la media y desviación Standard para cada período

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i, \quad S_1(x) = \left[ \left( \frac{1}{n_1-1} \right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \quad \text{ec.16 – 17}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j, \quad S_2(x) = \left[ \left( \frac{1}{n_2-1} \right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2} \quad \text{ec.18 – 19}$$

Dónde:

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

Planteamiento de las hipótesis:

$$HP \quad : \quad X_1 = X_2$$

$$HA \quad : \quad X_1 \neq X_2$$

### Determinación del T tabular “Tt”

Hallar el valor de “Tt” de las tablas de T de Student con:

Nivel de Confianza = con 95% de probabilidad

$$\alpha = 0.05$$

El número de grados de libertad total se expresa:

$$GL = n_1 + n_2 - 2 \quad \text{ec. 20}$$

### Determinación del T calculado “Tc”

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

$$T_c = \frac{(\overline{X_1} - \overline{X_2}) - (\overline{u_1} - \overline{u_2})}{S_d} \quad \text{ec. 21}$$

Dónde:  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ , por hipótesis.

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad \text{ec. 22}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{S_1^2(n_1-1) + S_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2}} \quad \text{ec. 23}$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \overline{X_1})^2 \quad \text{ec. 24}$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_2 - \overline{X_2})^2 \quad \text{ec. 25}$$

Donde:

$S_d$  : Desviación estándar de las diferencias de las medias.

$S_p$  : Desviación estándar ponderada.

$\overline{X_1}$ ;  $\overline{X_2}$  : Media muestral del periodo 1 y 2 respectivamente.

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

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

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

### Aceptación o rechazo de la hipótesis planteada y alterna.

Si  $ITcl \leq Tt$  (95%)  $\Rightarrow \overline{x_1} = \overline{x_2}$  (estadísticamente), la prueba es no significativa.

Si  $ITcl > Tt$  (95%)  $\Rightarrow \overline{x_1} \neq \overline{x_2}$  (estadísticamente), la prueba es significativa (corregir los datos del periodo dudoso)

- b) **Consistencia de la desviación estándar:** Se realiza con la prueba "F" o de Fisher. Esta prueba basa el análisis en el principio de homogeneidad de variancias y establece que si dos grupos de datos  $n_1$  y  $n_2$ , pertenecen a una misma población hidrológica, sus variancias deben ser estadísticamente equivalentes, para cierto nivel de significación dado.

**Prueba estadística "F":**

Cálculo de la varianza de ambos periodos:

$$S_1^2(x) = \left(\frac{1}{n_1-1}\right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{x}_1)^2 \quad \text{ec. 26}$$

$$S_2^2(x) = \left(\frac{1}{n_2-1}\right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_2 - \bar{x}_2)^2 \quad \text{ec. 27}$$

Planteamiento de las hipótesis:

$$HP \quad : \quad \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ (varianzas poblacionales)}$$

$$HA \quad : \quad \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

**Determinación del F calculado "Fc"**

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \Leftrightarrow \text{si: } S_1^2 > S_2^2 \quad \text{ec. 28}$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \Leftrightarrow \text{si: } S_2^2 > S_1^2 \quad \text{ec. 29}$$

**Determinación del F tabular "Ft"**

Hallar el valor de "Ft" en las tablas con:

Nivel de Confianza = con 95% de probabilidad

$$\alpha = 0.05$$

El número de grados de libertad se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Si: } S_1^2 > S_2^2; G.L.N = n_1 - 1; G.L.D = n_2 - 1 \quad \text{ec. 30}$$

$$\text{Si: } S_2^2 > S_1^2; G.L.N = n_2 - 1; G.L.D = n_1 - 1 \quad \text{ec. 31}$$

Dónde:

$$\begin{array}{ll} G.L.N. & : \text{ Grados de libertad del numerador.} \\ G.L.D. & : \text{ Grados de libertad del denominador.} \end{array}$$

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

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

Si  $IT_{cl} > T_t$  (95%)  $\Rightarrow S_1(X) \neq S_2(X)$  (La prueba es significativa)  
corregir los datos del periodo dudoso.

**2.2.7.8.6. Corrección de datos:** En los casos en que los parámetros media y desviación estándar resultasen estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con 95 % de probabilidades. Caso contrario se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del periodo más confiable.

Si el periodo  $n_1$  es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} * S_2(x) + \bar{x}_2 \quad \text{ec. 32}$$

Si el periodo  $n_2$  es el dudoso:

$$x'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} * S_1(x) + \bar{x}_1 \quad \text{ec. 33}$$

Dónde:

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

**2.2.7.8.7. Bondad de la información corregida:** Para comprobar la información corregida, comparando con el periodo confiable se repite el procedimiento ya descrito, vale decir desarrollando la prueba estadística T y F respectivamente, cuyos resultados deben ser confiables con 95% de probabilidad de aceptación.

### **2.2.8. ECUACIÓN REGIONAL**

Con datos hidrometeorológicos (Precipitación, Temperatura, Humedad relativa) y altitudes de estaciones meteorológicas en estudio, se puede determinar una ecuación lineal que relacione ambos parámetros mediante un análisis de regresión lineal, con la finalidad de generar isoyetas, isotermas e isohumas en la zona de estudio.



### **2.2.9. MODELO DETERMINÍSTICO – ESTOCÁSTICO: LUTZ SCHOLZ**

Según (Scholz, 1980), este método hace referencia al grado de certeza con el cuál se conocen los parámetros de un modelo matemático, es un modelo combinado debido a 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

Debido a los parámetros que son usados para caracterizar el modelo y variables presentes que son aleatorias y tienen comportamientos estimados, pero no se conoce con certidumbre previamente cuál será el valor que tomen. (Proceso Markoviano - Modelo Estocástico).

El modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca, que pueden ser obtenidos a través de las mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son la determinación de la precipitación efectiva hidrológica, el déficit de escurrimiento, la retención y agotamiento de la cuenca. (Scholz, 1980).

Tener en consideración:

1. El cálculo de parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
2. El 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.
3. Por último, 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.

## ❖ 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. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

### 2.2.9.1. Ecuación del Balance Hídrico (CM)

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

$$CM_i = (P_i - D_i) + G_i - A_i \quad \text{ec. 34}$$

Donde:

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 escurrimiento que puede ser medido o estimado y “P” es la precipitación total. (AGUIRRE, M. 2007).
- La ecuación se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR \quad \text{ec. 35}$$

La ecuación coincide con el método racional, donde:

Q	=	Caudal	(m <sup>3</sup> /s)
c'	=	Coeficiente de conversión de tiempo	(mes/s)
C	=	Coeficiente de escurrimiento	
P	=	Precipitación total mensual	(mm/mes)
AR	=	Área de la cuenca	(Km <sup>2</sup> )

#### 2.2.9.2. Coeficiente de Escurrimiento (C)

El coeficiente de escurrimiento es la relación que se tiene entre el caudal de agua que pasa por una sección de la cuenca y con la cantidad de volumen de agua que se a precipitado sobre ella con el transcurso del tiempo con diferentes tipos de factores como lo son la humedad relativa, la temperatura, las horas de sol y la velocidad de viento.

Fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad \text{ec. 36}$$

Donde:

C	=	Coeficiente de escurrimiento	(mm/año)
P	=	Precipitación total anual	(mm/año)
D	=	Déficit de escurrimiento	(mm/año)

Para la determinación de D y L se utiliza la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{(\frac{1}{2})}} \quad \text{ec. 37}$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \quad \text{ec. 38}$$

Donde:

L = Coeficiente de temperatura  
T = Temperatura media anual (°C)

### 2.2.9.3. Precipitación Efectiva (PE)

Tabla 2: Método de la United States Bureau of Reclamation (USBR)

Precipitación total mensual (límite superior) mm	Porción de la precipitación mm/mes													
	Aprovechable por las Plantas (mm)							Déficit o Escurrimiento (mm)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.40	25.40	22.90	20.40	17.90	15.40	12.90	10.40	0.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50	15.00
50.80	49.50	44.50	38.10	28.00	17.90	15.40	10.40	1.30	6.30	12.70	22.80	32.90	35.40	40.40
76.20	72.40	63.50	49.50	30.50	20.40	15.40	10.40	3.80	12.70	26.70	45.70	55.80	60.80	65.80
101.60	92.70	76.20	54.60	33.00	20.40	15.40	10.40	8.90	25.40	47.00	68.60	81.20	86.20	91.20
127.00	107.90	83.80	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	19.10	43.20	69.90	94.00	106.60	111.60	116.60
152.40	118.10	86.40	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	34.30	66.00	95.30	119.40	132.00	137.00	142.00
177.80	120.60	86.40	57.10	33.00	20.40	15.40	10.40	57.20	91.40	120.70	144.80	157.40	162.40	167.40
<b>Coefficiente de Escurrimiento "C"</b>								0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.00

Fuente: Lutz Scholz. (1980). Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – MERISS II.

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5 \quad \text{ec. 39}$$


Dónde:

PE	:	Precipitación efectiva	[mm/mes]
P	:	Precipitación total mensual	[mm/mes]
ai	:	Coefficiente del polinomio	

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y total, de manera que el volumen anual de la precipitación efectiva sea igual al caudal anual de la cuenca respectiva.

$$C = \frac{Q}{P} = \frac{\sum_{i=1}^{12} PE_i}{P} \quad \text{ec. 40}$$

Donde:

C	=	Coeficiente de escurrimiento
Q	=	Caudal anual
P	=	Precipitación total anual
	=	Suma de la precipitación efectiva mensual

De la ecuación 41, en su forma ampliada se puede obtener nuevas ecuaciones para hallar el coeficiente de escurrimiento parcial para cada curva.

$$C_{II} = \frac{C * \sum PT - \sum PE_{III}}{\sum PE_{II} - \sum PE_{III}} \quad \text{ec. 41}$$

$$C_{III} = \frac{C * \sum PT - \sum PE_{II}}{\sum PE_{III} - \sum PE_{II}} \quad \text{ec. 42}$$

Condición:  $C_{II} + C_{III} = 1$

Donde:

$C_{II}, C_{III}$	=	Coeficiente de escurrimiento parcial de las curvas II y III
$PE_{II}, PE_{III}$	=	Precipitación efectiva de las curvas II y III
PT	=	Precipitación total anual

Mediante una relación ponderada podemos hallar la Precipitación Efectiva Total Mensual, según la ecuación:

$$PE_{II} * C_{PE_{II}} + PE_{III} * C_{PE_{III}} = PE \quad \text{ec. 43}$$

Donde:

$C_{II}, C_{III}$	=	Coeficiente de escurrimiento parcial de las curvas II y III
$PE_{II}, PE_{III}$	=	Precipitación efectiva de las curvas II y III
PE	=	Precipitación efectiva total

#### 2.2.9.4. Retención de la Cuenca (R)

Suponiendo que en el año promedio existe un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y admitiendo, además, que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, se puede

calcular la contribución de la reserva hídrica al caudal según las siguientes fórmulas:

Sumando todos los valores G o A individualmente, se halla la retención total R de la cuenca durante el año promedio en las dimensiones de mm/año, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año). Esta ecuación se realiza básicamente para realizar la calibración de la retención de la cuenca.

$$R_i = CM_i - PE_i \quad \text{ec. 44}$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{ec. 45}$$

Dónde:

CMi	:	Caudal mensual	[mm/mes]
PEi	:	Precipitación Efectiva	[mm/mes]
Ri	:	Retención de la Cuenca	[mm/mes]
Gi	:	Gasto de la retención	[mm/mes]
Ai	:	Abastecimiento de la retención	[mm/mes]
Ri = Gi	:	Para valores mayores de cero	[mm/mes]
Ri = Ai	:	Para valores menores de cero	[mm/mes]

#### 2.2.9.5. Almacenamiento Hídrico (h)

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:

- **Lamina Retenida por Acuíferos**

$$LA = -750*(I) + 315 \text{ (mm/año)} \quad \text{ec. 46}$$

- **Lamina Retenida por Lagunas y Pantanos**

$$LL = 500 \text{ (mm/año)} \quad \text{ec. 47}$$

- **Lamina Retenida por Nevados**

$$LN = 500 \text{ (mm/año)} \quad \text{ec. 48}$$

Donde:

- LA = Lámina específica de acuíferos.
- I = Pendiente del desagüe;  $I \leq 15\%$ .
- LL = Lámina específica de lagunas y pantanos.
- LN = Lámina específica de nevados.

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. (AGUIRRE, M. 2006).

#### 2.2.9.6. Coeficiente de Agotamiento (a)

El coeficiente de agotamiento es el que se puede calcular con los datos hidrométricos que se obtienen por lo que no se considera como una constante durante épocas de sequía por la disminución que posee.

$$a = f(LnA) \quad \text{ec. 49}$$

Se puede determinar el coeficiente de agotamiento mediante la realización de aforos en los ríos durante temporadas secas, de lo contrario cuando no sea posible realizarlos podemos recurrir a la siguiente ecuación.

$$a = 0.00252(LnA) + K \quad \text{ec. 50}$$

Donde:

- a = Coeficiente de agotamiento
- A = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)
- K = Constante según las características de la cuenca:

**K = 0.034**, agotamiento elevado por temperaturas altas que son mayores a 10°.

**K = 0.030**, agotamiento rápido. Retención entre 50 y 80 mm/año.

**K = 0.026**, agotamiento mediano. Retención mediana (80 mm/año).

**K = 0.023**, agotamiento reducido. Debido a la alta retención (> 100 mm/año).

**K = 0.018**, Cuencas con agotamiento muy reducido.

#### 2.2.9.7. Relación entre Descargas y Retención (gi)

Durante la temporada de sequía, se agota la reserva de la cuenca al final de la temporada, durante ese tiempo se puede calcular la descarga para el primer mes con la siguiente ecuación:

$$G_t = G_o(e^{-a*t}) \quad \text{ec. 51}$$

$$\frac{G_t}{G_o} = g_t = (e^{-a*t}) \quad \text{ec. 52}$$

Donde:

$G_t$	=	Descarga en el tiempo t.
$G_o$	=	Descarga inicial.
$g_t$	=	Relación entre descarga y retención (primer mes)

También:

a	=	Coeficiente de agotamiento.
t	=	Tiempo (30 días)

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real.

En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación. descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$g_i = (e^{-a*30})^t \quad \text{ec. 53}$$

Donde:

$g_i$	=	Relación entre descarga y retención (primer mes de estación seca)
a	=	Coeficiente de agotamiento.
t	=	Número de orden de los meses de la estación seca

#### 2.2.9.8. Gasto de la Retención (Gi)

Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de



la retención se le denomina: **Coeficientes de Agotamiento “bi”**. (TARAZONA, E. 2005).

La contribución mensual de la retención durante la estación seca se puede determinar experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio por siguiente expresión:

$$G_i = R * g_i \quad \text{ec. 54}$$

Donde:

$G_i$  = Gasto de la retención (mm/mes)  
 $R$  = Retención de la cuenca (mm/año)  
 $g_i$  = Relación de descarga del mes actual y del mes anterior  
 $\sum g_i$  = Sumatoria de la relación de descarga del mes actual y del mes anterior

#### 2.2.9.9. Abastecimiento de la Retención (Ai)

Es la cantidad de agua que se puede almacenar en la cuenca en las temporadas de precipitación. **coeficientes de abastecimiento “ai”**. Se puede expresar en porcentajes dando así la suma de todos sus valores igual al 100% que sería la restitución de la cuenca. Se calcula:

$$A_i = a_i * R \quad \text{ec. 55}$$

Donde:

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes).  
 $a_i$  = Coeficiente de abastecimiento (%).  
 $R$  = Retención de la cuenca (mm/año).

El siguiente cuadro contiene los coeficientes de abastecimiento para las regiones de Cuzco, Huancavelica, Junín.

Tabla 3: Coeficientes de abastecimiento

Coeficiente de abastecimiento							
Región	Mes						Total
	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	
CUSCO	40%	20%	0.50%	0%	5%	35%	100%
HUANCVELICA	30%	20%	5%	10%	0%	35%	100%
JUNIN	30%	30%	5%	10%	0%	25%	100%

Fuente: Lutz Scholz. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – MERISS II.

#### 2.2.9.10. Determinación del Caudal Mensual para el Año Promedio (CMi)

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

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{ec. 56}$$

Donde:

$CM_i$	=	Caudal del Mes i	(mm/mes)
$PE_i$	=	Precipitación Efectiva del Mes i	(mm/mes)
$G_i$	=	Gasto De La Retención del Mes i	(mm/mes)
$A_i$	=	Abastecimiento del Mes i	(mm/mes)

#### 2.2.9.11. Generación de Caudales Mensuales para Períodos Extendidos

Para poder generar una serie de caudales para tiempos extendidos se ejecuta el modelo estocástico el cual combina el proceso Markoviano con primer orden con una precipitación efectiva:

Ecuación general del modelo Markoviano:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad \text{ec. 57}$$

- La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = g(PE_t) \quad \text{ec. 58}$$

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

$$Z = S(1 - R^2)^{1/2} Z_t \quad \text{ec. 59}$$

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

$$Q_t = b_1 + b_2 Q_{t-1} + b_3 PE_t + S(1 - R^2)^{1/2} Z_t \quad \text{ec. 60}$$

Donde:

$Q_t$	: Caudal del mes "t"	(m <sup>3</sup> /s)
$Q_{t-1}$	: Caudal del mes anterior	(m <sup>3</sup> /s)
$PE_t$	: Precipitación efectiva del mes "t".	(mm/mes)

- $B_1$  : Factor constante.
- $B_{2,3}$  : Parámetros del modelo para el año promedio.
- $S$  : Desviación estándar de los residuos.
- $R^2$  : Coeficiente de correlación múltiple.
- $Z_t$  : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año "t".

El cálculo de los parámetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $R^2$  y  $S$  sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio mediante un cálculo de regresión múltiple con  $Q_t$  como valor dependiente y  $Q_{t-1}$  y  $PE_t$ , como valores independientes. En lo que se refiere a los valores aleatorios, se pueden generar los números aleatorios con distribución normal con media cero y desviación estándar igual a 1.

El proceso de generación requiere de un valor inicial, 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 periodo generado.

## 2.2.10. CAUDAL ECOLÓGICO

Una gestión que nos permite tener un mejor manejo y sostenibilidad del recurso hídrico estableciendo así su calidad, la cantidad del recurso como también el flujo que requiere para mantener sus funciones y procesos en los ecosistemas que dan bienes y servicios para la población.

### 2.2.10.1. Metodología porcentual de la Autoridad Nacional del Agua – ANA

El área de evaluación de recursos hídricos de la DCPRH de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), definió los siguientes criterios (de tipo hidrológico) para el cálculo de caudal ecológico:

**Criterio 1.-** Caudales medios anuales  $\leq$  a  $20\text{m}^3/\text{s}$ , el caudal ecológico será como mínimo el 10% del caudal medio mensual para la época de

avenida, y para la época de estiaje será de un 15% del caudal medio mensual.

$$Q \leq 20 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q_e = 15\%(Q) \quad \text{ec. 61}$$

**Criterio 2.-** Caudales medios anuales entre 20m<sup>3</sup>/s y 50 m<sup>3</sup>/s, el caudal ecológico será el 10% para la época de avenida, y 12% para la época de estiaje, del caudal medio mensual.

$$20 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q \leq 50 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q_e = 12\%(Q) \quad \text{ec. 62}$$

**Criterio 3.-** Caudales medios anuales > a 50 m<sup>3</sup>/s, el caudal ecológico corresponderá al 10% del caudal medio mensual para todos los meses del año.

$$Q > 50 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q_e = 10\%(Q) \quad \text{ec. 63}$$

#### 2.2.11. PERSISTENCIA DE CAUDALES

La curva de duración de caudales también es conocida como curva de persistencia, tiene como propósito asignar a cada caudal una probabilidad de que la descarga sea igualada o excedida mediante el análisis de distribución de probabilidades según la fórmula de Weibull, debido a tiene mejor justificación estadística. Estas probabilidades emergen de los registros históricos.

$$P = \frac{m}{n+1} \quad \text{ec. 64}$$

Donde:

- P = Probabilidad de excedencia
- m = Número de orden de cada dato.
- n = Número total de valores de la muestra.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- ✓ Ordenar la serie de datos de caudales medias mensuales de mayor a menor de un mes específico.
- ✓ En una columna a la izquierda de las series de datos, se coloca el número de orden de cada dato (m), desde 1 hasta “n”, donde “n” es

el número total de valores de la muestra.

- ✓ En otra columna a la derecha calculamos la probabilidad con la ecuación de Weibull.
- ✓ Finalmente se calcula los datos que corresponden a un análisis de persistencia del 75 % y 95 % de probabilidad, en la columna de probabilidades si no se encuentra el valor exacto del 75 % y 95 %, se deberá interpolar con los valores adyacentes para calcular el valor.

## 2.2.12. DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS

La estimación de la demanda de agua de los cultivos es una de las necesidades básicas para el planteamiento de cualquier proyecto de riego. El volumen de agua requerido por los cultivos depende de las condiciones climatológicas y características fisiológicas del cultivo mismo. Las entradas de agua pueden ser debidas a la Precipitación (P) o al riego (R). Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración (ETP), la escorrentía (S) y la filtración profunda (Fp).

De esta forma, la cantidad de agua que necesita el cultivo y se ha de aportar con el riego o "Demanda neta" corresponderán con la diferencia entre la cantidad de agua que el conjunto suelo-planta pierde (la evapotranspiración) y parte de la lluvia que puede ser utilizada por los cultivos (Precipitación Efectiva)

$$D_n = ET_a - PE - G_w - \Delta W \quad \text{ec. 65}$$

$$ET_a = ET_o * K_c \quad \text{ec. 66}$$

Donde:

$D_n$	= Demanda neta	(mm/día)
$Pe$	= Precipitación efectiva	(mm/día)
$G_w$	= Aporte por capilaridad a la zona radicular	( $G_w \cong 0$ ).
$\Delta W$	= Agua que el suelo puede haber almacenado procedente de lluvias, riegos anteriores, etc. y que la planta puede ir agotando para satisfacer sus necesidades	( $\Delta W \cong 0$ ).
$ET_o$	= Evapotranspiración potencial	(mm/día)
$ET_a$	= Evapotranspiración real del cultivo	(mm/día)
$K_c$	= Coeficiente de cultivo	

- 2.2.12.1. Cedula de cultivo:** Se define como la distribución de los cultivos en el transcurso del año, de acuerdo a los factores: climatológicos, técnicos, rentabilidad, tamaño de la unidad agrícola, demanda de productos en el mercado, disponibilidad de agua, etc. La combinación de los cultivos para la estructuración de las cédulas de cultivos tiene en cuenta las fechas de siembra y cosecha, el período vegetativo y el tipo de cultivo.
- 2.2.12.2. Kc del cultivo:** El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), que se refiere a la evapotranspiración, es el coeficiente de un cultivo sano, en condiciones óptimas de disponibilidad de agua en el suelo y de fertilidad, y que puede alcanzar por completo el potencial de producción en las condiciones de crecimiento dadas.
- 2.2.12.3. Evapotranspiración real del cultivo ( $E_t$ ):** Es la cantidad de agua que necesitan los cultivos para cumplir con sus requerimientos fisiológicos. Se expresa en mm/día.
- 2.2.12.4. Precipitación efectiva:** Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizable para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Existen varios métodos como: Porcentaje fijo, Precipitación Fiable (FAO), Método del Servicio de Conservación de Suelos (USDA)
- 2.2.12.5. Déficit de humedad:** Es la lámina de agua que requieren los cultivos para cubrir sus necesidades, descontando la precipitación efectiva.
- 2.2.12.6. Eficiencia de riego:** La eficiencia de riego es la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada y se calcula teniendo en cuenta todos los factores que lo puedan afectar (edafológicos, culturales, meteorológicos, etc.); y las pérdidas que se producen durante la conducción, su distribución y aplicación en la parcela.

**2.2.12.7. Requerimiento de agua (Demanda Bruta):** Es la cantidad de agua final requerida en la toma, para satisfacer la demanda de los cultivos, la cual incluye todos los parámetros anteriores.

**2.2.12.8. Balance Hídrico:** El balance hídrico es un método de investigación del ciclo hidrológico, que analiza el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan y salen del sistema en un intervalo de tiempo determinado. Se basa en la ecuación de conservación de masa (UNESCO, 1982):

$$B.H = (Disponibilidad\ de\ agua\ total) - (Demanda\ de\ agua\ total) \quad ec. 67$$

En el caso de un suelo con vegetación, el balance hídrico simplificado se calcula como se presenta en la siguiente ecuación:

$$P = ET + \Delta HS + I + E \quad ec. 68$$

Donde:

P	=	Precipitación.	(mm/día)
ET	=	Evapotranspiración.	(mm/día)
$\Delta HS$	=	Almacenamiento en el suelo	(mm/día)
I	=	Infiltración de las capas profundas	(mm/día)
E	=	Escorrentía	(mm/día)

### 2.2.13. ANÁLISIS DE TORMENTAS

Villón (2002), señala que se entiende por tormenta, al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición, una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aún días, y puede abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas, hasta vastas regiones.

Según (Pérez, 2015) específica, el análisis de tormenta está íntimamente relacionada con los cálculos o estudios previos al diseño de obras de ingeniería hidráulica, como son:

- Estudio de drenaje urbano y de carreteras.
- Determinación de los caudales máximos, que deben pasar por el aliviadero de una presa o encausarse para impedir las inundaciones
- Determinar la luz de un puente.
- Conservación de suelos

### 2.2.13.1. Elementos fundamentales en el análisis de tormentas

- a) **Intensidad (I):** es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:

$$i_{mas} = P/t \quad \text{ec. 69}$$

Donde:

$I_{mas}$	=	Intensidad máxima	(mm/hr)
$P$	=	Precipitación en altura de agua	(mm)
$t$	=	Tiempo	(hr)

- b) **Duración (t):** corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas.
- c) **Frecuencia (f):** es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.
- d) **Periodo de retorno (T):** Villón (2006), define al periodo de retorno  $T$ , como el intervalo promedio de tiempo en años, dentro del cual un evento de magnitud  $x$  puede ser igual o excedido, por lo menos una en promedio. Así, si un evento igual o mayor a  $x$ , ocurre una vez en  $T$  años, su probabilidad de ocurrencia  $P$ , es igual a  $1/T$  en  $T$  casos, es



decir:

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T} \quad \text{ec. 70}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} \quad \text{ec. 70a}$$

La definición anterior, permite indicar que la probabilidad de que x no ocurra en cualquier año; es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento  $< x$ , se expresa como:

$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{T} \quad \text{ec. 71}$$

$$T = \frac{1}{1 - P(X < x)} \quad \text{ec. 71a}$$

Donde:

T	=	Período de retorno
P (X > x)	=	Probabilidad de excedencia
P (X < x)	=	Probabilidad de no excedencia

**e) Análisis de riesgo (R):** Villón (2006), Si se supone que la no ocurrencia de un evento en un año cualquiera, es independiente de la no ocurrencia del mismo, en los años anteriores y posteriores, entonces la probabilidad de que el evento no ocurra en n años sucesivos o confiabilidad, es:

$$\bar{P} * \bar{P} * \dots * \bar{P}^n = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{ec. 72}$$

La probabilidad de que el evento, ocurra al menos una vez en n años sucesivos, es conocida como riesgo o falla R, y se representa por:

$$R = 1 - (\bar{P})^n \quad \text{ec. 73}$$

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{ec. 74}$$

Donde:

T = período de retorno  
R = riesgo o fallas  
n = vida útil del proyecto

#### 2.2.14. ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS (“OUTLIERS”):

Los valores atípicos son puntos de datos que se apartan significativamente de los datos restantes. La retención modificación, eliminación de estos valores atípicos puede afectar significativamente a los parámetros estadísticos computados a partir de los datos, especialmente en el caso de muestras pequeñas. Todos los procedimientos para tratar los valores atípicos, requieren en última instancia, un juicio que incluya consideraciones tanto matemáticas como hidrológicas. **(Interagency advisory committee on wáter data – Bulletin #17B).**

- Si la asimetría (**coeficiente de sesgo**) de la estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.
- Si la asimetría de la estación es **menor** que -0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos bajos.
- Cuando la asimetría de la estación esta entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos.

La siguiente ecuación de frecuencias puede utilizarse para detectar datos dudosos:

$$x_H = \bar{X} + K_n * S \quad \text{ec. 75}$$

$$x_L = \bar{X} - K_n * S \quad \text{ec. 76}$$

Donde:

$x_H$  = Alto umbral atípico en unidades de registro

$x_L$  = Bajo umbral atípico en unidades de registro

$\bar{X}$  = Logaritmo medio de los picos sistemáticos (x's), excluyendo los eventos de inundación cero, los picos por debajo de la base del medidor y los valores atípicos detectados anteriormente.

$S$  = desviación estándar de x's

$K_N$  = valor K de la figura x para el tamaño de la muestra N

Tabla 4: Valores  $K_n$  para la prueba de datos dudosos

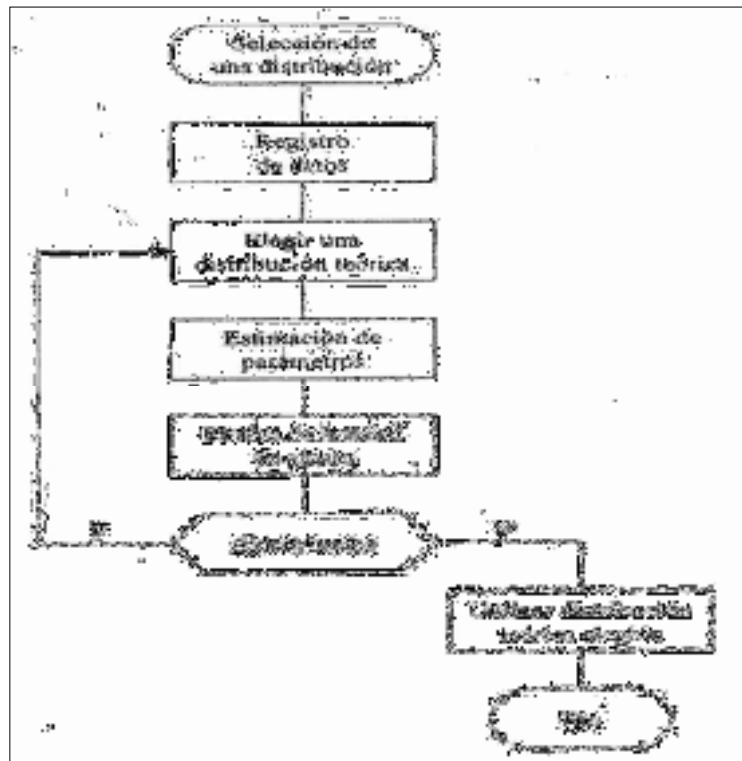
Valores $K_n$ para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U.S Water Resources Council. 1981. Esta tabla contiene valores de  $K_n$  de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal

## 2.2.15. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Aparicio (2003), menciona una selección apresurada de cualquiera de las funciones podría traducirse en una estructura sobre diseñada y costosa o subdiseñada y peligrosa. Por ello, se debe seleccionar la función con cuidado.

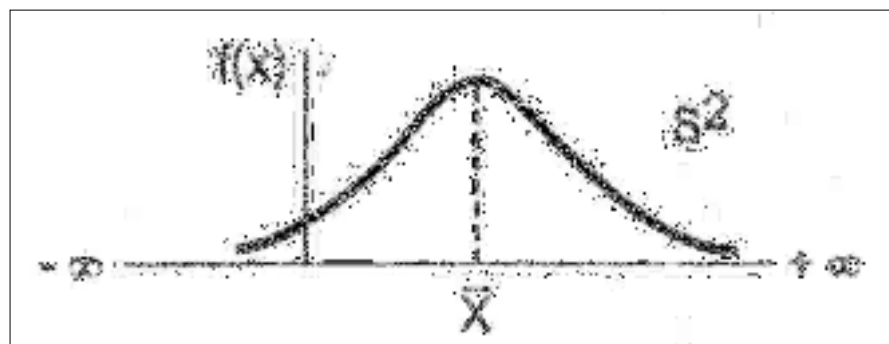
Figura 1: Proceso de selección de una distribución teórica



Fuente: Hidrología estadística. Villón 2006

**2.2.15.1. Distribución Normal:** Es el modelo más utilizado con mayor importancia en el campo de la estadística (Varas y Bois, 1998). Aunque, su uso es muy limitado en hidrología, dado que las variables raramente se comportan de esta forma. Es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como Campana de Gauss.

Figura 2: Distribución Normal



Fuente: Hidrología estadística. Villón 2006

**Función densidad:**

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{S}\right)^2}, -\infty < x < \infty \quad \text{ec. 77}$$

## Función acumulada

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{X}}{S}\right)^2} d(x) \quad \text{ec. 78}$$

$$\text{si, } Z = \frac{x-\bar{X}}{S} \quad \text{ec. 78a}$$

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{Z^2}{2}} d(Z) \quad \text{ec. 78b}$$

Donde:

$f(x)$	=	Función densidad normal de la variable x
$x$	=	Variable independiente
$\bar{X}$	=	Media aritmética
$S$	=	Desviación estándar
$e$	=	Numero "e"

Esta función de distribución, tiene las siguientes propiedades:

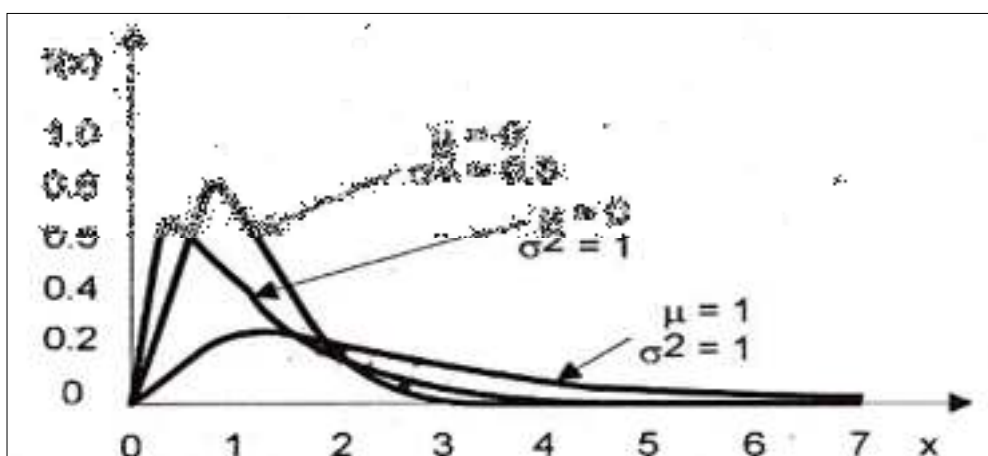
$$F(-\infty) = 0$$

$$F(\bar{x}) = 0.5$$

$$F(+\infty) = 1$$

**2.2.15.2. Distribución Log Normal de 2 parámetros:** Las variables físicas de interés en Hidrología (precipitación, caudal, evaporación y otras) son generalmente positivas, por lo cual es usual que presenten distribuciones asimétricas. Así, se ha propuesto aplicar una transformación logarítmica (Varas y Beis, 1998), donde  $Y = \ln X$ , está distribuida normalmente distribuida; luego  $X$  está distribuida en forma normal.

Figura 3: Distribución Log normal



Fuente: Hidrología estadística. Villón 2006

**Función densidad:**

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x} \sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}, y = \ln(x) > -\infty \quad \text{ec. 79}$$

**Función acumulada**

$$F(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} d(y) \quad \text{ec. 80}$$

$$\text{si, } Z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \quad \text{ec. 80a}$$

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{Z^2}{2}} d(Z) \quad \text{ec. 80b}$$

Donde:

$f(x)$  = Función densidad Log normal de la variable  $x$

$x$  = Variable independiente

$\mu_y$  = Media aritmética de los logaritmos de la población

$\sigma_y$  = Desviación estándar de los logaritmos

$e$  = Numero "e"

**2.2.15.3. Distribución Gamma de 3 parámetros o Pearson III:** Otra distribución que juega un papel importante en Hidrología es la distribución Gamma.

**Función densidad:**

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad \text{ec. 81}$$

Para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

**Función acumulada**

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} dx \quad \text{ec. 82}$$

$$\text{si, } y = \frac{x-x_0}{\beta} \quad \text{ec. 82a}$$

$$G(y) = \int_0^y \frac{(y)^{\gamma-1} e^{-y}}{\Gamma(\gamma)} dy \quad \text{ec. 82b}$$

Donde:

$x$  = Variable aleatoria Pearson tipo III

$x_0$  = Parámetro de posición

$\beta$  = Parámetro de escala

$\gamma$  = Parámetro de forma

$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx$  = Función gamma completa

### Estimación de parámetros

Media:  $\bar{X} = x_0 + \beta\gamma$  ec. 83

Varianza:  $S^2 = \beta^2\gamma$  ec. 84

Coeficiente de sesgo:  $C_s = g = \frac{2}{\sqrt{\gamma}}$  ec. 85

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$\gamma = \frac{4}{C_s^2} \quad \text{ec. 86}$$

$$\beta = C_s S / 2 \quad \text{ec. 87}$$

$$x_0 = \bar{X} - \frac{2}{C_s} \quad \text{ec. 88}$$

Para el cálculo de  $C_s$ , para datos muestrales, usar la ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N} \quad \text{ec. 83a}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad \text{ec. 84a}$$

$$C_s = g = \frac{N^2 M_3}{(N-1)(N-2)S^3} \quad \text{ec. 85a}$$

$$M_3 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^3}{N} \quad \text{ec. 89}$$

Donde:

$N$  = Total de datos

**2.2.15.4. Distribución Log Pearson III:** Se trabajará igual que para la distribución Pearson Tipo III, pero con  $X_y$  y  $S_y$  como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original  $X$ .

**Función densidad:**

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad \text{ec. 90}$$

Para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

### Función acumulada

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)} dx \quad \text{ec. 91}$$

$$\text{si, } y = \frac{\ln x - x_0}{\beta} \quad \text{ec. 91a}$$

$$G(y) = \int_0^y \frac{(y)^{\gamma-1} e^{-y}}{\Gamma(\gamma)} dy \quad \text{ec. 91b}$$

Donde:

$x_0$	= Parámetro de posición
$\beta$	= Parámetro de escala
$\gamma$	= Parámetro de forma
$\Gamma(\gamma) = \int_0^\infty x^{\gamma-1} e^{-x} dx$	= Función gamma completa

### Estimación de parámetros

Media:  $\bar{X} \ln x = \frac{\sum \ln x}{N} = x_0 + \beta \gamma \quad \text{ec. 92}$

Desviación estándar:  $S_{\ln x} = \sqrt{\frac{\sum (\ln x - \bar{X} \ln x)^2}{N-1}} = \sqrt{\beta^2 \gamma} \quad \text{ec. 93}$

Coeficiente de sesgo:  $C_{s \ln x} = g = \frac{N \sum (\ln x - \bar{X} \ln x)^3}{(N-1)(N-2) S_{\ln x}^3} = \frac{2}{\sqrt{\gamma}} \quad \text{ec. 94}$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$x_0 = \bar{X} \ln x - \frac{2 S_{\ln x}}{C_{s \ln x}} \quad \text{ec. 92a}$$

$$\beta = \frac{C_{s \ln x} * S_{\ln x}}{4} \quad \text{ec. 93a}$$

$$\gamma = \frac{4}{C_{s \ln x}^2} \quad \text{ec. 94a}$$

Donde:

N = Total de datos



**2.2.15.5. Distribución Gumbel:** (Villón 2006) La distribución Gumbel, es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher - Tippet tipo I o distribución doble exponencial.

**Función acumulada**

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}, -\infty < x < \infty \quad \text{ec. 95}$$

Para:

$$0 < \alpha < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty$$

**Estimación de parámetros**

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \quad \text{ec. 96}$$

$$\mu = \bar{X} - 0.45S \quad \text{ec. 97}$$

Donde:

Media	: $\bar{X}$
Desviación estándar	: $S$

**2.2.15.6. Distribución Log Gumbel**

**Función acumulada**

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}, -\infty < x < \infty \quad \text{ec. 98}$$

$$si, y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \quad \text{ec. 99}$$

$$G(x) = e^{-e^{-y}} \quad \text{ec. 100}$$

Para:

$$0 < \alpha < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty$$

**Estimación de parámetros**

Media:	$\bar{X} \ln x = \frac{\sum \ln x}{N}$	ec. 101
--------	--	---------

Desviación estándar:	$S_{\ln x} = \sqrt{\frac{\sum (\ln x - \bar{X} \ln x)^2}{N-1}}$	ec. 102
----------------------	---	---------

	$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S_{\ln x}$	ec. 103
--	---	---------

$$\mu = \bar{X} \ln x - 0.45 S_{\ln x} \quad \text{ec. 104}$$

Donde:

N = Total de datos

## 2.2.16. DETERMINACIÓN DE BONDAD DE AJUSTE

(MTC, 2008) Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. En la teoría estadística, entre las pruebas de bondad de ajuste tenemos Smirnov - Kolmogorov, la cual se describe a continuación:

**a) Test de Smirnov - Kolmogorov.** - Villón (2006), consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad \text{ec. 105}$$

Donde:

$\Delta$  = estadístico de Smirnov - Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$  = probabilidad de la distribución teórica

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

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov - Kolmogorov, es el siguiente:

- 1) Calcular la probabilidad empírica  $P(x)$ , ecuación de Weibull (ec. 65)
- 2) Calcular la probabilidad teórica  $F(x)$ , mediante la función de distribución de probabilidad
- 3) Calcular las diferencias  $P(x) - F(x)$ , para todos los valores de  $x$

- 4) Seleccionar la máxima diferencia.
- 5) Calcular el valor crítico del estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$  para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y N igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$  se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5: Valores Críticos de  $\Delta_0$  del estadístico Smirnov – Kolmogorov

Tamaño muestral N	Nivel de significancia $\alpha$				
	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	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.210	0.230	0.270
<b>N &gt; 35</b>	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: Hidrología Estadística – Máximo Villón (2006)

- 6) Comparar el valor del estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$ :  
 Si:  $\Delta < \Delta_0$ : el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado  
 $\Delta > \Delta_0$  : el ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar otra distribución.

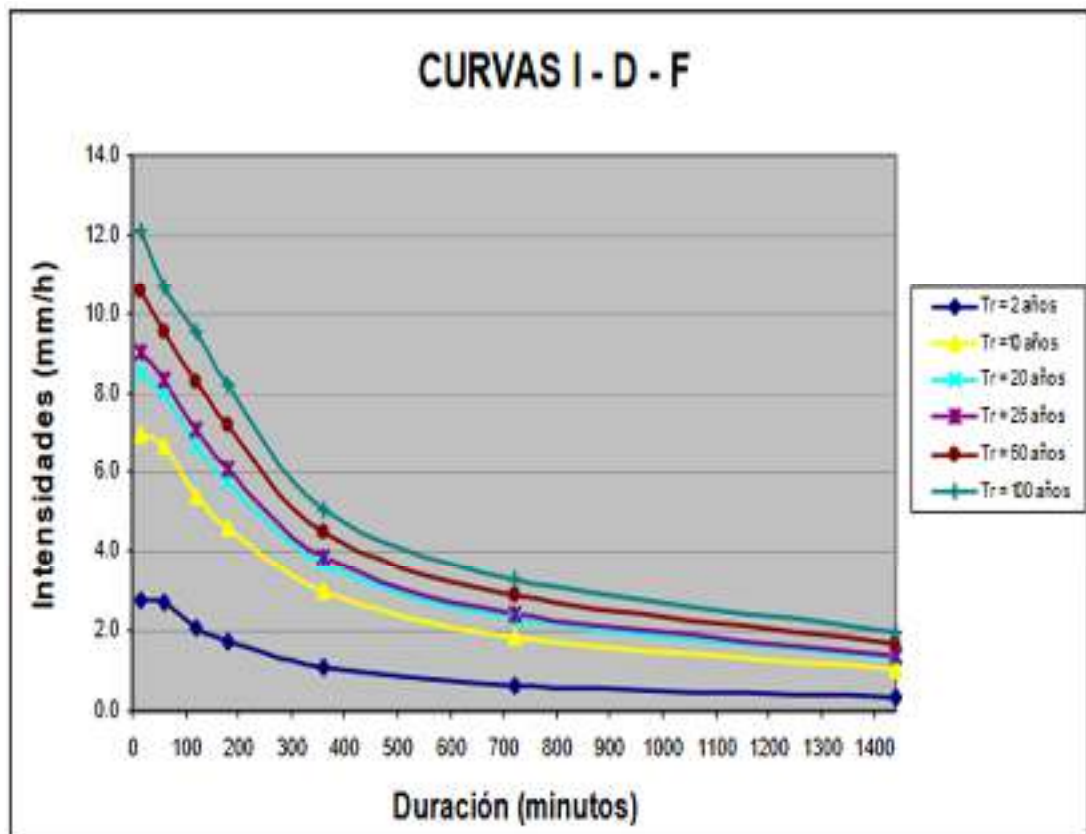
### 2.2.17. ANÁLISIS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF):

Según Chow et ál. (1994), uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, es la determinación de los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio.

Según Mintegui et al (1990), las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representan duraciones en abscisas y alturas de precipitación en las ordenadas, en la cual, cada curva representada corresponde a una frecuencia, de modo que las gráficas de las curvas IDF representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los de una misma curva, a un idéntico período de retorno.

El análisis intensidad-duración-frecuencia tiene como objeto construir la curva IDF similar a la mostrada en la siguiente figura 4:

Figura 4: Ejemplo Curva Intensidad – Duración - Frecuencia



Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC - 2009)

**2.2.17.1. Modelo de Dick – Peshcke:** Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peshcke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24\text{ hr}} \left( \frac{d}{1440_{\text{min}}} \right)^{0.25} \quad \text{ec. 106}$$

Dónde:

$P_d$  = Precipitación total (mm)  
 $d$  = Duración (min)  
 $P_{24\text{hr}}$  = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación  $P_d$  entre la duración:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_d}{D} \quad \text{ec. 107}$$

Dónde:

$I$  = Intensidad Máxima (mm/hr).  
 $P_d$  = precipitación máxima de duración  $D$  (mm)  
 $D$  = duración de la precipitación (hr).

**2.2.17.2. Construcción de las Curvas IDF:** Con respecto a la construcción de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), diversos autores plantean distintas formas o métodos para su construcción.

Según Aparicio (1997) existen dos métodos; el primero, llamado de Intensidad - Período de retorno, relaciona estas dos variables, y para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. El otro método relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el periodo de retorno en una familia de curvas, cuya ecuación es:

$$I_{\text{max}} = \frac{K * T^m}{(d+c)^n} \quad \text{ec. 108}$$

Donde K, m, n y c son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple, y en tanto que 1 y d corresponden a la intensidad de precipitación y la duración, respectivamente.

Por propia recomendación del autor y para facilidad de cálculo se modifica el modelo propuesto, eliminándose la constante c, que corresponde a un parámetro asociado a la duración y que para este caso tomó un valor cero, quedando expresado el modelo de la siguiente forma:

$$I_{max} = \frac{K * T^m}{(D)^n} \quad \text{ec. 108a}$$

Dónde:

I	=	Intensidad	(mm/hr)
T	=	Periodo de retorno	(años)
D	=	Duración de la lluvia	(min)
K, m, n,	=	Constantes que se calculan mediante un análisis de correlación múltiple.	

Si se toman los logaritmos de la ecuación se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{ Log (T)} - n \text{ Log (t)} \quad \text{ec. 109}$$

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad \text{ec. 109a}$$

Dónde

Y = Log (I)	a <sub>0</sub> = Log (K)
X <sub>1</sub> = Log (T)	a <sub>1</sub> = m
X <sub>2</sub> = Log (t)	a <sub>2</sub> = -n

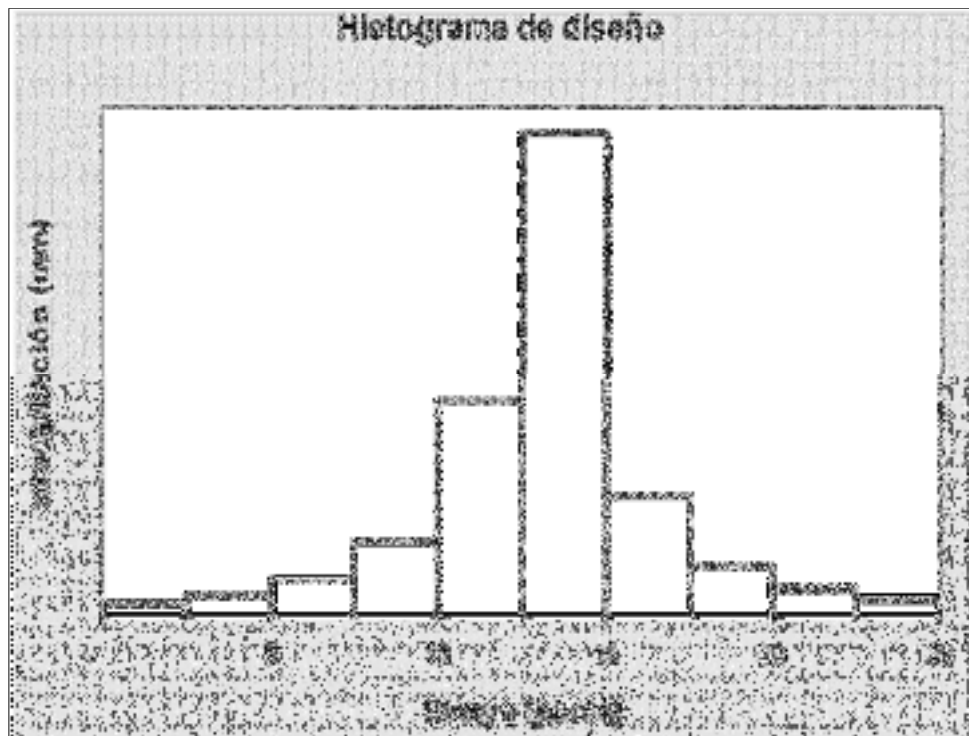
**2.2.17.3. Hietograma de diseño:** Chow et ál. (1994), definen en los métodos de diseño de hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, solo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (el Hidrograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el Hietograma de precipitación).

a) **Método del bloque alterno:** Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - 2008, el método de bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño, utilizando

una curva de intensidad – duración y frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$ , la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

Figura 5: Hietograma del método de bloques alternos



Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC - 2009)

## 2.2.18. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Villón (2002), define la magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta.

**2.2.18.1. Método Racional:** Villón (2002), menciona el uso de este método, tienen una antigüedad de más de 100 años, se ha generalizado en todo el mundo. El método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje agrícola, aproximadamente si no exceden a 1300 ha o 13 Km<sup>2</sup>.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad \text{ec. 110}$$

Dónde:

Q	=	Caudal máximo	(m <sup>3</sup> /s)
C	=	Coeficiente de escorrentía	
I	=	Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un periodo de retorno dado	(mm/hr).
A	=	Área de la cuenca	(ha)

**2.2.18.2. Método Mac Math:** (Villón 2005), la fórmula de Mac Math, para el sistema métrico, es la siguiente:

$$Q = 0.0091CI(A^{\frac{4}{5}})(S^{\frac{1}{5}}) \quad \text{ec. 111}$$

Donde:

Q =	Caudal máximo con un período de retorno de T años	(m <sup>3</sup> /s)
C =	Factor de escorrentía de Mac Math, representa las características de la cuenca.	
I =	Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración $t_c$ y un período de retorno de T años	(mm/hr)
A =	Área de la cuenca	(ha)
S =	Pendiente promedio del cauce principal	( <sup>0</sup> /100)



### **2.2.19. AVENIDA DE DISEÑO**

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgo, vulnerabilidad, importancia y costo de obra y muchos otros más, como por ejemplo el tipo de río y de puente. En nuestro país, existe escasez de datos, por lo que juegan un papel muy importante la experiencia y el buen tino del ingeniero proyectista para escoger la Avenida de Diseño. Dentro de los criterios para la selección de los valores posibles están los relativos al máximo nivel alcanzado por el agua, la capacidad del encauzamiento, si fuese el caso las máximas socavaciones y muchas otras más.

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

Villon, M. (2002). Define a hidrología como la ciencia que estudia naturalmente la circulación, ocurrencia, distribución del recurso hídrico, en este caso el agua con relación a todo el medio ambiente y seres vivientes de la tierra.

Monsalve, G. (1999). Define al ciclo hidrológico como la circulación o proceso del recurso hídrico desde las subcuentas de la tierra hasta la atmosfera por reacciones químicas lo que hace que el agua tenga los cambios de estados físicos.

Aparicio, F. (1992). Define a precipitación desde un punto de vista hidrológico como “la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua...”

(Fattorelli & Fernández, 2011) Define al hietograma como un gráfico de lámina o intensidad de lluvia en función del tiempo, generalmente se aplica al diseño hidrológico de tormentas individuales.

Dávila, J. (2001). Define a la geomorfología como la ciencia que estudia y tiene como objetivo fundamental las formas y distintos relieves de la superficie terrestre.

## **2.4. VARIABLES**

### **2.4.1 Definición conceptual de la variable**

#### **2.4.1.1 Variable independiente**

##### **Estudio hidrológico de la microcuenca Rio Huayllumayo**

El estudio es una acción que se realiza para poder determinar un resultado y poder saber las condiciones hídricas.

#### **2.4.1.2 Variable dependiente**

##### **Demanda agrícola de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de Espinar, Región Cusco**

La demanda agrícola es las cantidades del recurso hídrico que logra satisfacer una necesidad hídrica para uso agrícola y poblacional.

### **2.4.2 Definición operacional de la variable**

##### **Estudio hidrológico de la microcuenca Rio Huayllumayo**

El estudio hidrológico se logra con estudios pluviométricos, métodos estadísticos, estudios de caudales.

##### **Demanda agrícola de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de Espinar, Región Cusco**

La demanda agrícola consistirá en evaluar el caudal de agua que está abasteciendo a las poblaciones.

### 2.4.3 Operacionalización De La Variable

Variable Independiente	Dimensiones	Indicador	Subindicador	Técnicas de recolección de datos	Instrumento de recolección
<b>Estudio hidrológico de la microcuenca rio Huayllumayo</b>	Información hidrometeorológica	. Precipitación . Temperatura . Humedad relativa . etc.	Reconocimiento del área Características Hidrometeorológicas	Análisis documental y análisis de contenido	Cuadros de información de SENAMHI
	Información pluviométrica	. Evaporación Precipitación . etc.	Análisis visual Determinar registros Análisis informativo		
	Métodos estadísticos	Distribuciones	Normal Pearson Gumbel		
	Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración real del cultivo . Precipitación efectiva . etc.	Kc cultivo Calendario siembra		
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicador	Subindicador	Técnicas de recolección de datos	Instrumento de recolección
<b>Demanda agrícola de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de espinar, región cusco</b>	Análisis de consistencia de información	Precipitación mensual	variables de información mensual	Análisis documental y análisis de contenido	Cuadros de información y guías informativas
	Caudales promedios	Oferta y Demanda Hídrica	Modelamiento, Aforo		

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptivo – analítico.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

#### Ubicación Geográfica Y Política

##### Ubicación Geográfica:

El área de estudio está ubicada entre las siguientes Coordenadas UTM WGS 84:

Norte	:	8'373,490 – 8'388,103 m
Este	:	207 682 – 226 339 m
Variación Altitudinal	:	4350 – 4850 msnm

##### Ubicación Política:

Sectores	:	Pumahuasi y Oquebamba.
Distrito	:	Coporaque
Provincia	:	Espinar
Región	:	Cusco

Figura 6: Mapa Geografico del Perú



Figura 7: Mapa provincial - Espinar

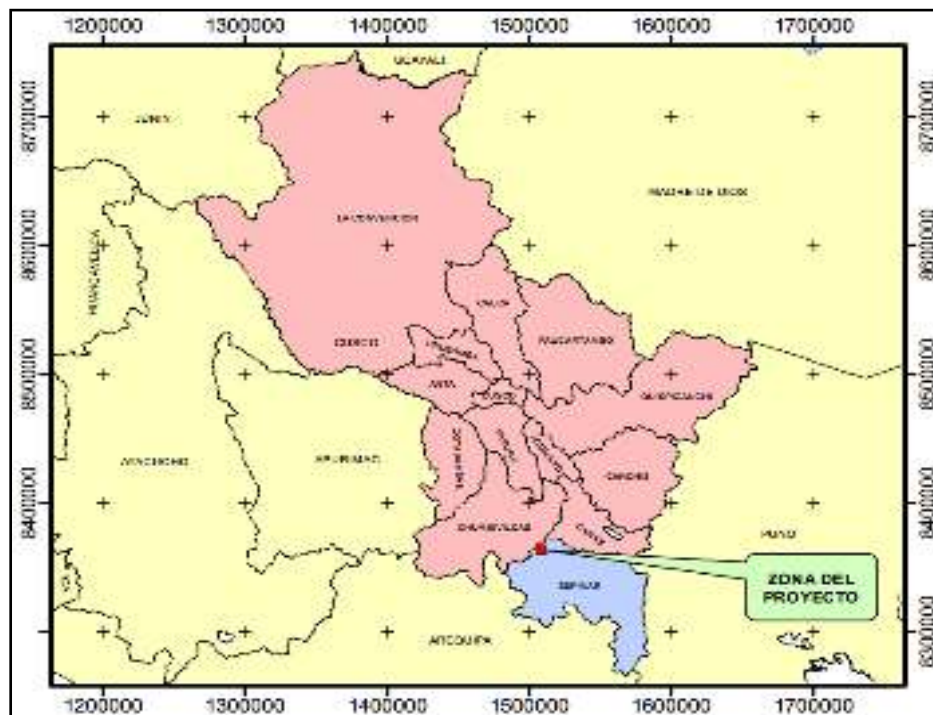
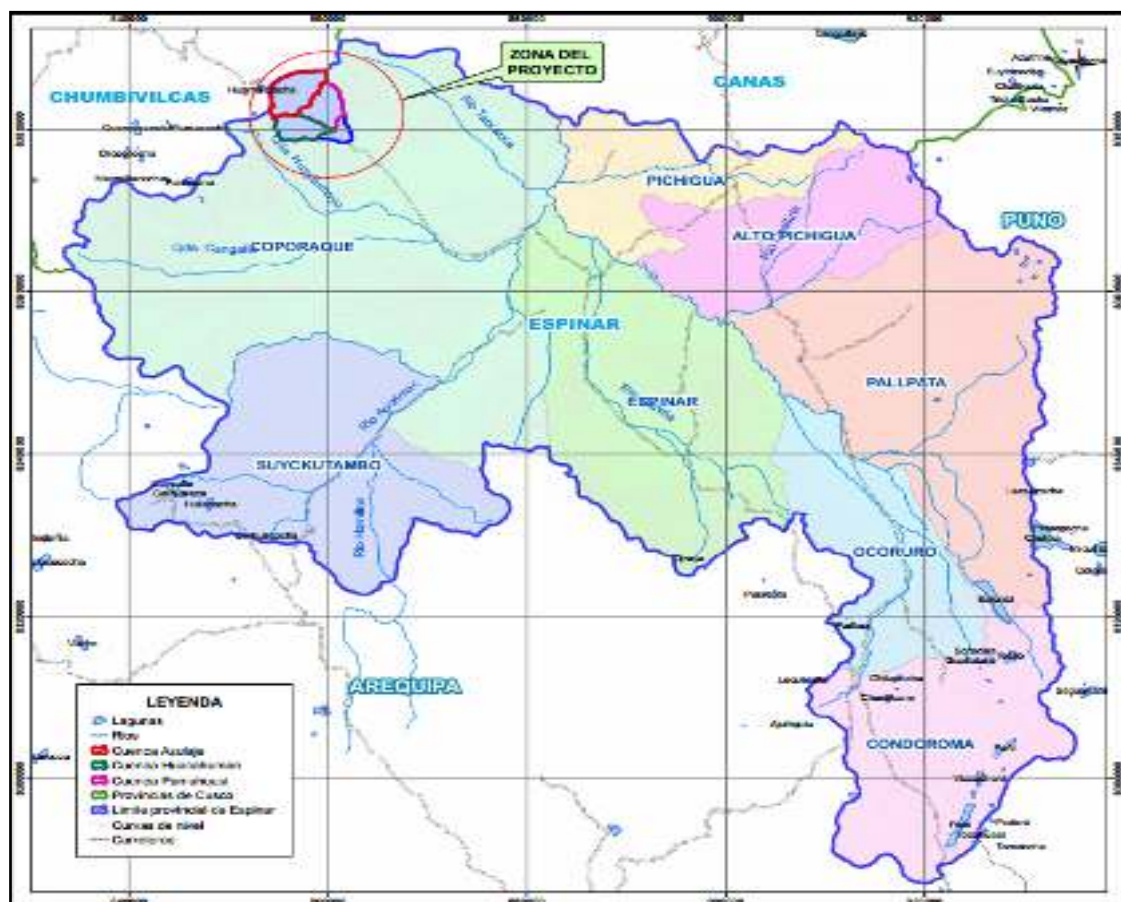


Figura 8: Mapa distrital - Coporaque



Fuente: Consorcio IGESCO

## Descripción

El área en estudio es accesible desde la ciudad de Espinar mediante la carretera asfaltada Espinar - Oquebamba, con 38 Km y de Oquebamba a la zona de estudio 8.0 km, como se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 6: Vías de Acceso a la zona de estudio

Desde	A	Distancia (Km)	Tiempo (horas)	Tipo Vía
Cusco	Espinar	240	4	Asfaltado
Espinar	Oquebamba	38	1	Asfaltado
Oquebamba	Zona de Estudio	8	0.2	Asfaltado

Fuente: Consorcio IGESCO

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.3.1. Población:

Según Arias (2006, p. 81): define a la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.”

Por ello, para esta investigación se considera como población al área representativa donde se va a desarrollar el estudio hidrológico mediante el Modelo Determinístico – Estocástico: Lutz Scholz, siendo la Microcuenca del Río Huayllumayo, ubicado en el distrito de Coporaque, provincia de Espinar, región de Cuzco.

#### 3.3.2. Muestra:

Según Arias (2006, p. 83): define muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Por ello, para esta investigación se considera como muestra a los registros de precipitaciones, precipitaciones máximas en 24 horas, temperatura y otras variables hidrometeorológicas, dentro del área de estudio de la Microcuenca del Río Huayllumayo.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Después de revisar la información existente de los estudios afines, cartas digitales e impresas y otros elementos digitales que son necesarios para este estudio, se programó un reconocimiento de campo a la zona de estudio, contando para ello con planos, GPS y movilidad, con la intención de complementar la información que se necesita para el desarrollo de este estudio, las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

- Reconocimiento y evaluación de la zona de estudio.
- Evaluación preliminar de los recursos naturales existentes (agua, suelos, flora y fauna).

#### **Instrumentos:**

- Información Cartográfica, para la obtención de las características del relieve del terreno en el emplazamiento de la presa.
- Información Hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI
- Análisis de muestra de Agua proporcionado por el Consorcio IGESCO
- HidroEsta 2, Hydrognomon
- Microsoft Office 2016
- Imágenes satelitales
- Diversos materiales bibliográficos

### **3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

La validez y confiabilidad del instrumento es garantizado en primer lugar por nuestro asesor, el Mg. Ing. Hernández Alcántara, Juan y por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) el cual nos brindó información para la realización del proyecto de tesis.

### **3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

#### **3.6.1. ENFOQUE CUALITATIVO**

Examinar documentos y datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Bibliotecas especializadas en los temas, virtuales y físicas.

Documentos obtenidos de la Autoridad Local del Agua (ALA- Cuzco) y otros relacionados al estudio desarrollado

### **3.6.2. ENFOQUE CUANTITATIVO**

Se utilizará valores máximos y mínimos, precipitaciones, temperatura, análisis estadísticos con metodologías, método determinístico estocástico Lutz Scholz, cálculos de caudales con Hidroesta 2.0 así mismo uso de software de Microsoft Office Excel para los procesos de datos obtenidos.

### **3.6.3. FASE DE GABINETE**

Con la información proporcionada por el Consorcio ESPINAR y la nueva información actualizada proporcionada por el SENAMHI, se procedió a su análisis y evaluación para el respectivo modelamiento hidráulico de la microcuenca del río Huayllumayo.



## **CAPTITULO IV: DESARROLLO DEL ESTUDIO HIDROLOGICO**

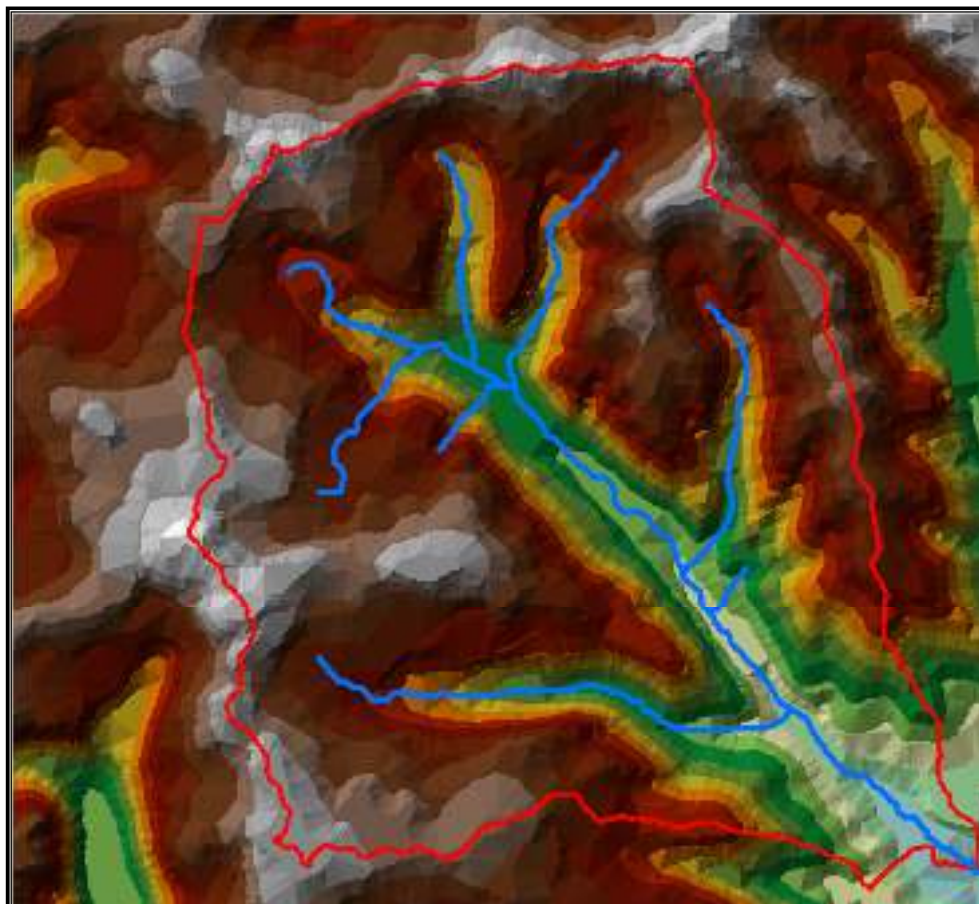
### **4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

El tratamiento de información cartográfica parte de la obtención de un mapa satelital el cual se obtuvo del The Alaska Satellite Facility (ASF) mediante su página web la cual proporciona imágenes satelitales a través del conjunto de datos Sentinel-1 y ALOS PALSAR.

### **4.2. PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA**

Para la delimitación de la microcuenca Huayumallo y el cálculo de los parámetros geo morfométricos se utilizó la aplicación ARCSWAT para el programa ArcGis 10.4, cuyo desarrollo se muestra en el anexo A, los resultados se muestran en la Tabla 61:

Figura 9: Delimitación de la Microcuenca del Rio Huayllumayo



Fuente: Propia

**4.2.1. Ecología:** La zonificación de las formaciones ecológicas dentro del ámbito de estudio, tienen como objeto mostrar espacios con características similares, evapotranspiración y la composición florística que se desarrolla en dichos espacios.

Al respecto la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) ha publicado el Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona Altoandina del Perú Departamento de Cusco el año 1985 en esta se describe las Zonas de Vida que se encuentran en el área del proyecto.

**4.2.2. Zonas de Vida:** se han determinado dos zonas de vida, llamados también Formaciones Ecológicas, las cuales se describen a continuación:

- **Paramo muy húmedo Subalpino Subtropical (pmh-SaS):** Esta zona de vida es la mayor representatividad en el área de estudio, pues abarca 0.69 Km<sup>2</sup>, es decir, el 1.0% de la superficie total. Se presenta entre altitudes promedio de 4050 y 4550 m.s.n.m. por encima del bosque húmedo-montano y debajo de la tundra pluvial-Alpina.

Los valores de biotemperatura oscilan entre la media anual de 3 y 6° C, una precipitación total anual entre 500 y 1000 mm y una relación de evapotranspiración potencial entre 0.5 y 1.90, según el diagrama bioclimático de L.R. Holdridge.

Las gramíneas predominan sobre las demás familias botánicas principalmente sobre las compuestas que también tienen alta representación. Destacan *Festuca orthophylla*, *F. rigescens*, *F. dolichophylla*, *F. Dichoclada*, *Stipa ichu*, *S. obtusa*, *S. plumosa*, *Muhlenbergia peruviana*, *M. fastigiata*.

- **Tundra pluvial - Alpina Subtropical (tp - AS):** Esta zona ocupa 332.0 Km<sup>2</sup>, igual al 17% del área estudiada, ubicándose entre 4550 a 4900 m.s.n.m. Las precipitaciones totales anuales son superiores a 500 mm y las biotemperaturas medias anuales entre -3 y 1.5° C.

Su vegetación está compuesta por especies características achaparradas, arrosetadas o postradas, como *Stipa ichu*, *Calamagrostis vicunarum* y otras. Sobre las rocas se desarrollan líquenes. Esta zona de vida debe usarse con fines de conservación.

Figura 10: Mapa de zonificación ecológica de la zona de estudio

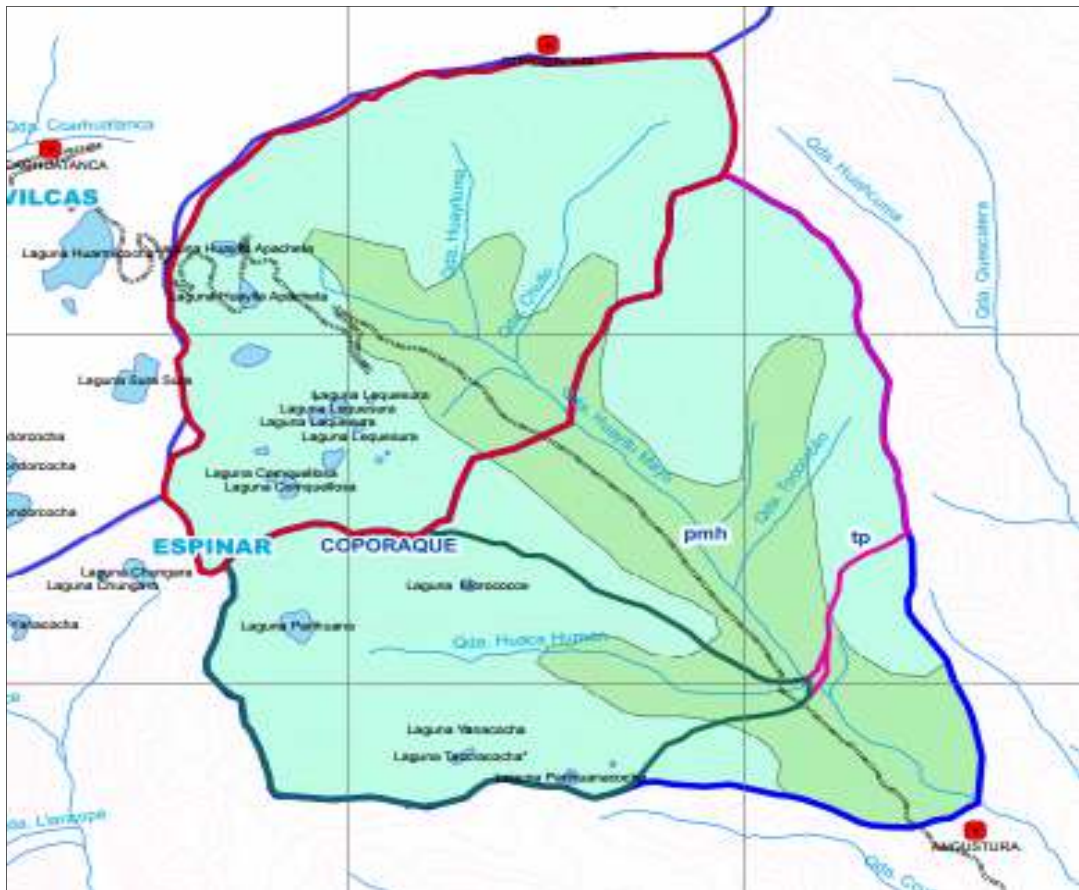


Tabla 7: Descripción de zona de estudio

Símbolo	Descripción	Área (Km²)	Color
pmh	Paramo muy húmedo	15.61	
tp	Tundra Pluvial	39.72	
TOTAL		55.33	

Fuente: Consorcio IGESCO

**4.2.3. Geología:** La estratigrafía está representada por una diversidad de formaciones rocosas tanto sedimentarias como metamórficas, cuyas edades van del Paleozoico inferior al Cuaternario reciente.

Luego siguieron etapas tectónicas con fuerte vulcanismo, que se extendió hasta el Cuaternario reciente, además la zona muestra una gran deformación estructural que se evidencia por grandes y pequeños sistemas de fallamientos y plegamientos.

Símbolo	Descripción	Área (Km²)	Color
NQ-v	Neógeno Cuaternario - Volcánico	53.86	
Qh-c	Cuaternario Holoceno - Continental	1.47	
Total		55.33	

84

**4.2.4. Ubicación de fuentes de agua en el área de estudio:** Las fuentes de agua consideradas en el presente estudio es la Quebrada del Río Huayllumayo, su ubicación en coordenadas UTM-WGS 84, son indicadas en el cuadro adjunto:

Tabla 9: Ubicación de fuentes de agua

Nº	Microcuenca	Coordenadas UTM-WGS 84-Zona 19L		
		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
1	Huayllumayo - Azulaje	212,628	8,383,173	4,271
2	Quebrada Huaca Human	213,923	8,380,905	4,225

Fuente: Consorcio IGESCO

**4.2.5. Calidad de agua para riego:** Durante el trabajo de campo, se ha tomado muestras de agua y han sido analizadas en el laboratorio de Análisis de Suelos, planta agua y fertilizantes de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 10: Cuadro comparativo de estándares de calidad

Parámetros	Unidad	Eca	Rio Huayllumayo	Cumple
Conductividad CE	uS/cm	<2000	42	SI
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	7.45	SI
Calcio	mg/l	200	6	SI
Magnesio	mg/l	150	0.41	SI
Sodio	mg/l	200	1.55	SI
Potasio			1.46	-
Cloruros	mg/l	100 - 700	5.56	SI
Sulfatos	mg/l	300	2.29	SI
Bicarbonatos	mg/l	370	12.5	SI
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	10	0	SI
Carbonatos	mg/l	5	0	SI
Boro	mg/l	0.5 - 6	0	SI
SAR			0.17	-
CLASIFICACION		C1-S1		
Fierro	mg/l	5	0	SI
Cobre	mg/l	0.2	0	SI
Manganeso	mg/l	0.2	0	SI
Plomo	mg/l	0.05	0	SI
Cadmio	mg/l	0.01	0.01	SI
Cromo	mg/l	0.1	0.05	SI
Solidos Suspendidos	mg/l	<=100	0.9	SI
Zinc	mg/l	0.12	0	SI
Turbidez	NTU	<=100	0.07	SI
Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	500	16.66	SI
Alcalinidad Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L		10.25	-

Fuente: Consorcio IGESCO

**4.2.6. Clasificación del Agua para Riego:** Según el análisis Físico - Químico de la muestra de agua de Río Huayllumayo, se encuentran dentro de los límites permisibles, por lo cual se concluye que las aguas de la cuenca estudiada son de buena calidad para riego. La demanda de agua será considerando las siguientes áreas a regar:

Tabla 11: Áreas a regar con proyecto

Nº	Sector Riego	Áreas (ha)
		Con Proyecto
1	Pumahuasi	440
2	Oquebamba	675
<b>Total (ha)</b>		1115

Fuente: Consorcio IGESCO

### 4.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Se ha recopilado información hidrometeorológica proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología (SENAMHI) en periodos de 1964 a 2020, de las siguientes estaciones: Yauri, Sicuani, Chuquibambilla, Ayaviri, La Angostura y Llally. La información meteorológica consiste en precipitación (total mensual y máxima en 24 horas), temperatura, humedad relativa, horas de sol y velocidad de viento. En los Anexos se presenta la información meteorológica histórica de los parámetros mencionados.

Tabla 12: Estaciones Hidrometeorológicas

Estación	Ubicación Política			Ubicación Geográfica		Altitud (m.s.n.m.)	Variables	Periodo de registro
	Dto.	Prov.	Dpto.	Latitud (S)	Longitud (W)			
Yauri	Espinar	Espinar	Cusco	14° 49'	71° 25'	3,927	Precipitación Total Mensual	2006 - 2019
							Temperatura Media Mensual	1992 - 2019
							Humedad Relativa Media Mensual	1992 - 2019
							Horas de Sol Total Mensual	2000 - 2019
							Velocidad de Viento Media Mensual	1996 - 2019
Sicuani	Sicuani	Canchis	Cusco	14° 15'	71° 14'	3,534	Precipitación Total Mensual	1964 - 1973
								1991 - 2020
							Precipitación Máxima en 24 Horas	1964 - 2020
Chuquibambilla	Umachiri	Melgar	Puno	14° 47'	70° 43'	3,971	Precipitación Total Mensual	1974 - 2020
							Evaporación Total Mensual	2009 - 2020
Ayaviri	Ayaviri	Melgar	Puno	14° 52'	70° 35'	3,928	Evaporación Total Mensual	2002 - 2020
La angostura	Caylloma	Caylloma	Arequipa	15° 10'	71° 38'	4,258	Evaporación Total Mensual	2000 - 2020
							Precipitación Total Mensual	1964 - 2020
Llally	Llally	Melgar	Puno	14° 56'	70° 53'	3,980	Evaporación Total Mensual	2009 - 2020

Fuente: Senmahi



Figura 12: Ubicación de estaciones meteorológicas

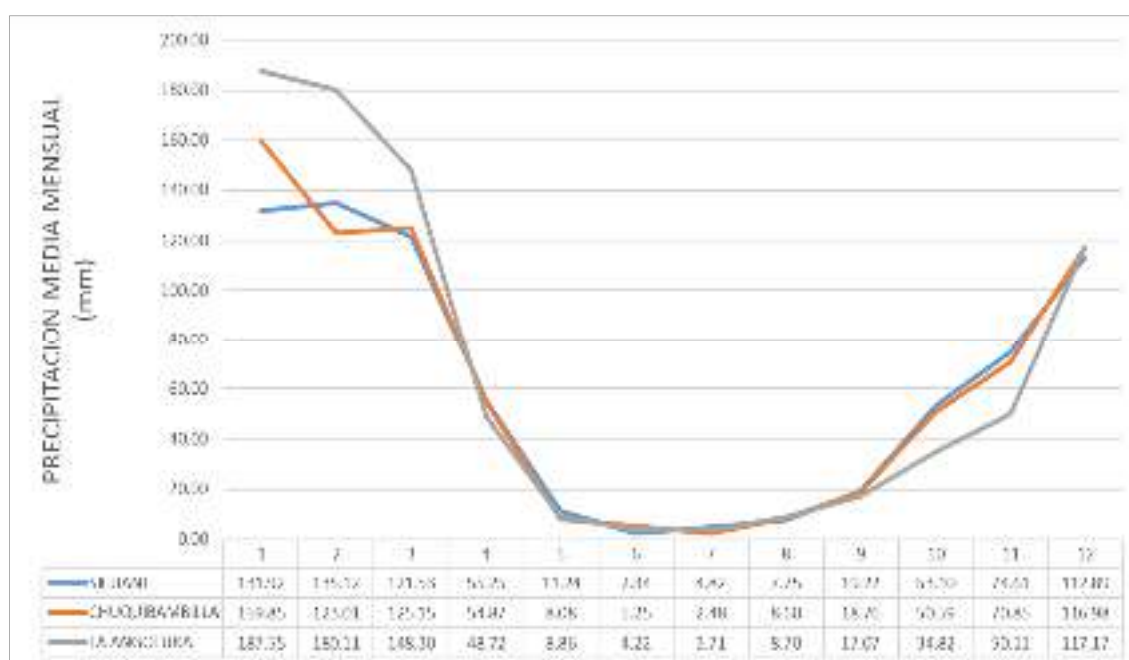


Fuente Propia

**4.3.1. Precipitación:** Las precipitaciones se presentan mayormente entre los meses de diciembre a abril, y en los restos de los meses son escasas. Por tanto, poseen dos periodos, uno de avenidas de diciembre a marzo, y otra de estiaje de abril a noviembre, con sus respectivos meses de transiciones.

El registro de precipitaciones proporcionada por el SENAMHI de 3 estaciones meteorológicas, de las cuales 2 están cerca de la zona de estudio (Sicuani y La Angostura) y 1 que tiene datos completos de varios años, pero está lejos de la zona de estudio (Chuquibambilla), se presenta a continuación en el Grafico 1. Asimismo en el Anexo C, se adjunta los registros completos.

Gráfico 1: Promedio mensual de la precipitación total mensual.



Fuente: Senamhi

**4.3.2. Precipitación máxima 24 Hrs:** El registro de precipitaciones máximas en 24 horas, proporcionada por el SENAMHI, mediante la estación meteorológica Sicuani, se presenta a continuación la tabla N° 13. Asimismo en el Anexo B, se adjunta los registros completos. La precipitación máxima 24 horas (mm) se originó en el año 1964 hasta 1977, luego del año 1993 hasta el 2020.

Tabla 13: Precipitación Máxima 24 Hrs

Estación	Sicuani	Altitud	3534
Latitud	14° 15' s	Longitud	71° 14' O
Año	Máximo anual	Año	Máximo anual
1964	33.00	2000	25.80
1965	24.00	2001	36.00
1966	31.50	2002	34.60
1967	29.80	2003	30.040
1968	43.70	2004	34.10
1969	20.10	2005	44.40
1970	31.00	2006	29.80
1971	31.80	2007	28.80
1972	24.70	2008	31.30
1973	26.80	2009	20.00
1974	32.50	2010	24.70
1975	25.40	2011	34.10
1976	22.60	2012	31.60
1977	24.80	2013	28.30
1993	30.40	2014	23.30
1994	24.50	2015	28.50
1995	27.00	2016	34.20
1996	40.60	2017	40.10
1997	40.50	2018	35.50
1998	28.80	2019	32.70
1999	24.80	2020	32.40

Fuente Senamhi



**4.3.3. Temperatura:** La temperatura es de gran importancia dentro del ciclo hidrológico debido a que esta variable climática se encuentra ligada a la evapotranspiración y al periodo vegetativo de los cultivos.

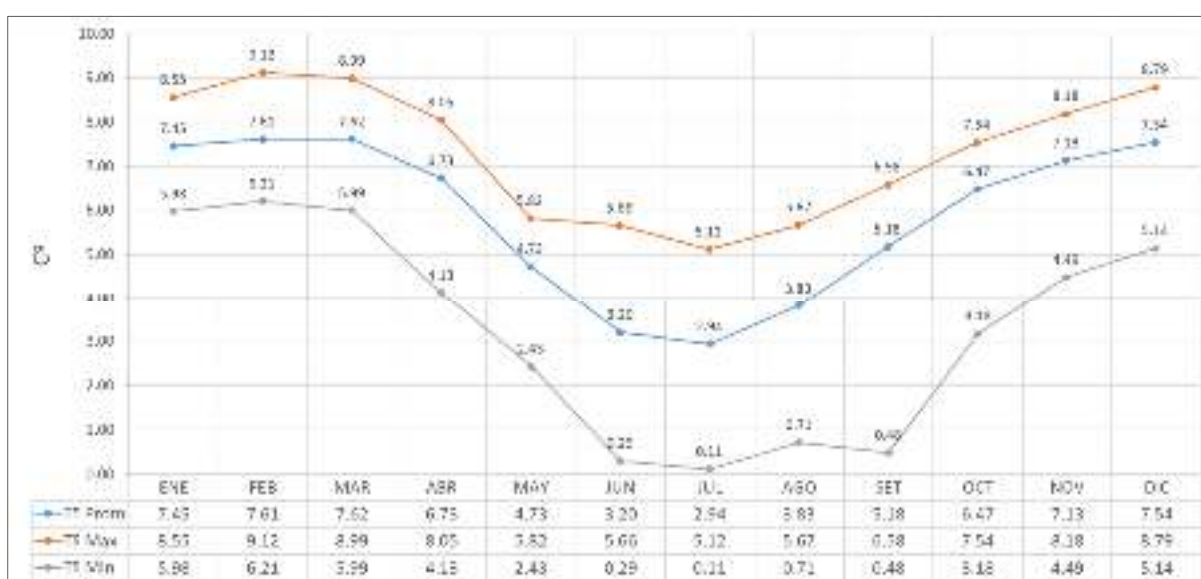
El registro de temperatura proporcionada por el SENAMHI, mediante las estaciones meteorológicas Yauri y La Angostura, se presenta a continuación en los grafico 2 y 3.

Gráfico 2: Valores medios, máximos y mínimos de temperatura – Estación Yauri



Fuente: Senamhi

Gráfico 3: Valores medios, máximos y mínimos de temperatura – Estación La Angostura

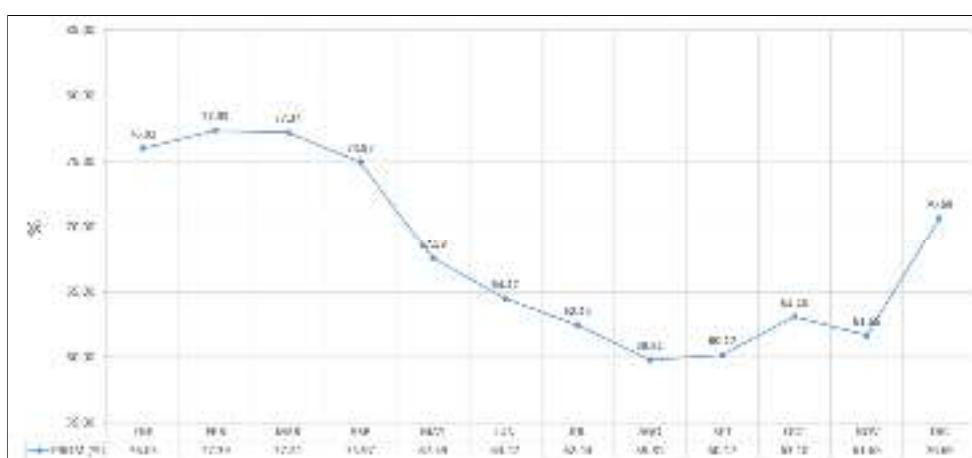


Fuente: Senamhi

**4.3.4. Humedad Relativa:** La humedad relativa de una masa de aire es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que tendría si estuviera completamente saturada; así cuanto más se aproxima el valor de la humedad relativa al 100% más húmedo está.

El registro de humedad relativa proporcionada por el SENAMHI, mediante la estación meteorológica Yauri, se presenta a continuación en el Gráfico 4. Asimismo, en el Anexo C, se adjunta los registros completos.

Gráfico 4: Valores medios de Humedad Relativa (%) – Estación Yauri



Fuente: Senamhi

**4.3.5. Horas de Sol:** El registro de horas de sol proporcionada por el SENAMHI, mediante la estación meteorológicas Yauri, se presenta a continuación en el gráfico 5. Asimismo, en el Anexo C, se adjunta los registros completos.

Gráfico 5: Valores medios y diarios de Horas de sol – Estación Yauri

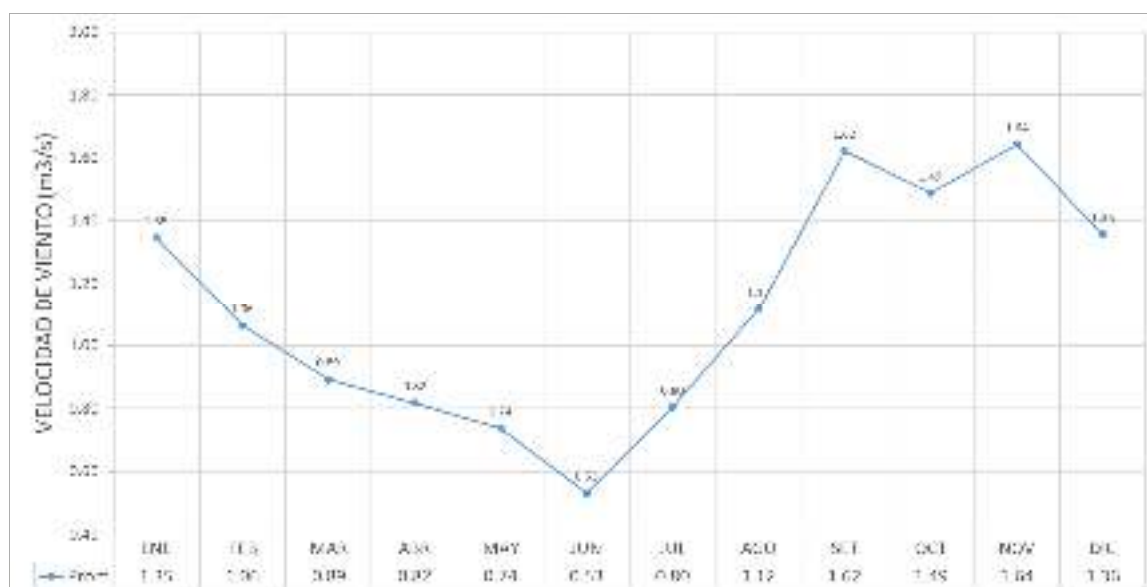


Fuente: Senamhi

**4.3.6. Velocidad media de viento:** El viento es el movimiento de aire en la superficie terrestre. Es generado por la acción de la gradiente de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire.

El registro de velocidad media de viento proporcionada por el SENAMHI, mediante la estación meteorológica Yauri, se presenta a continuación en el grafico 6. Asimismo, en el Anexo C, se adjunta los registros completos.

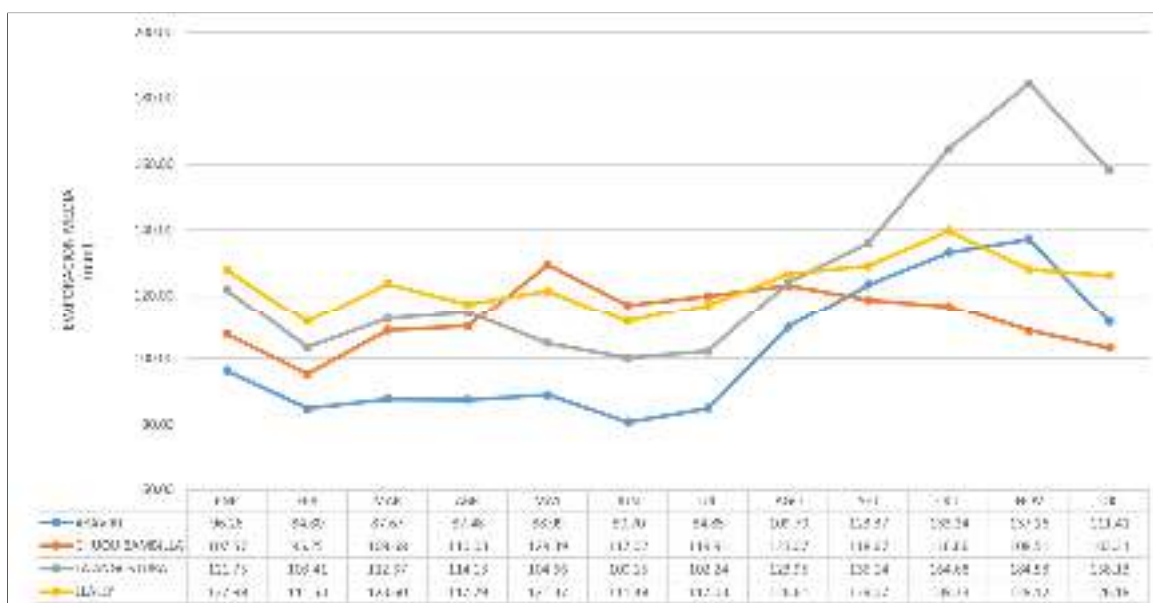
Gráfico 6: Velocidad media de viento – Estación Yauri



Fuente: Senamhi

**4.3.7. Evaporación:** Es el proceso físico donde el cual el agua se convierte a su forma gaseosa, ocurre en la superficie de ríos, lagos, suelos y vegetación. El registro de evaporación proporcionada por el SENAMHI, mediante las estaciones meteorológicas Ayaviri, Chuquibambilla, La Angostura y Llally, se presenta a continuación en el grafico 7. Asimismo, en el Anexo C, se adjunta los registros completos.

Gráfico 7: Evaporación media en Estaciones Consideradas.



Fuente: Senamhi

#### 4.4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Se hace indispensable conocer la necesaria importancia a los estudios de este tipo, previniendo con la debida anticipación, la instalación del número requerido de observatorios meteorológicos cuya información permita la realización de un estudio de clima en una región dada del territorio nacional. Se tiene una estación húmeda (**Noviembre a Marzo**), otra seca (**Junio a Agosto**) y dos periodos de transición (**Septiembre-Octubre y Abril-Mayo**).

**4.4.1. Precipitación:** Debido a la ausencia de observatorios climatológicos en la microcuenca, previamente se requiere cuantificar la incidencia simultánea de la precipitación sobre la cuenca, por lo que se ha establecido 02 observatorios virtuales de precipitación (Azulaje, Huaca Human), con el fin de caracterizar pluviometría en la zona de estudio, a lo que denominamos cálculo de la precipitación areal, con la información proporcionada por SENAMHI.

Para el presente análisis se ha utilizado la información registrada en las estaciones pluviométricas Sicuani, Chuquibambilla y La Angostura, siendo esta última estación la que tiene mayor registro de años y que está más cercana a la microcuenca analizada.

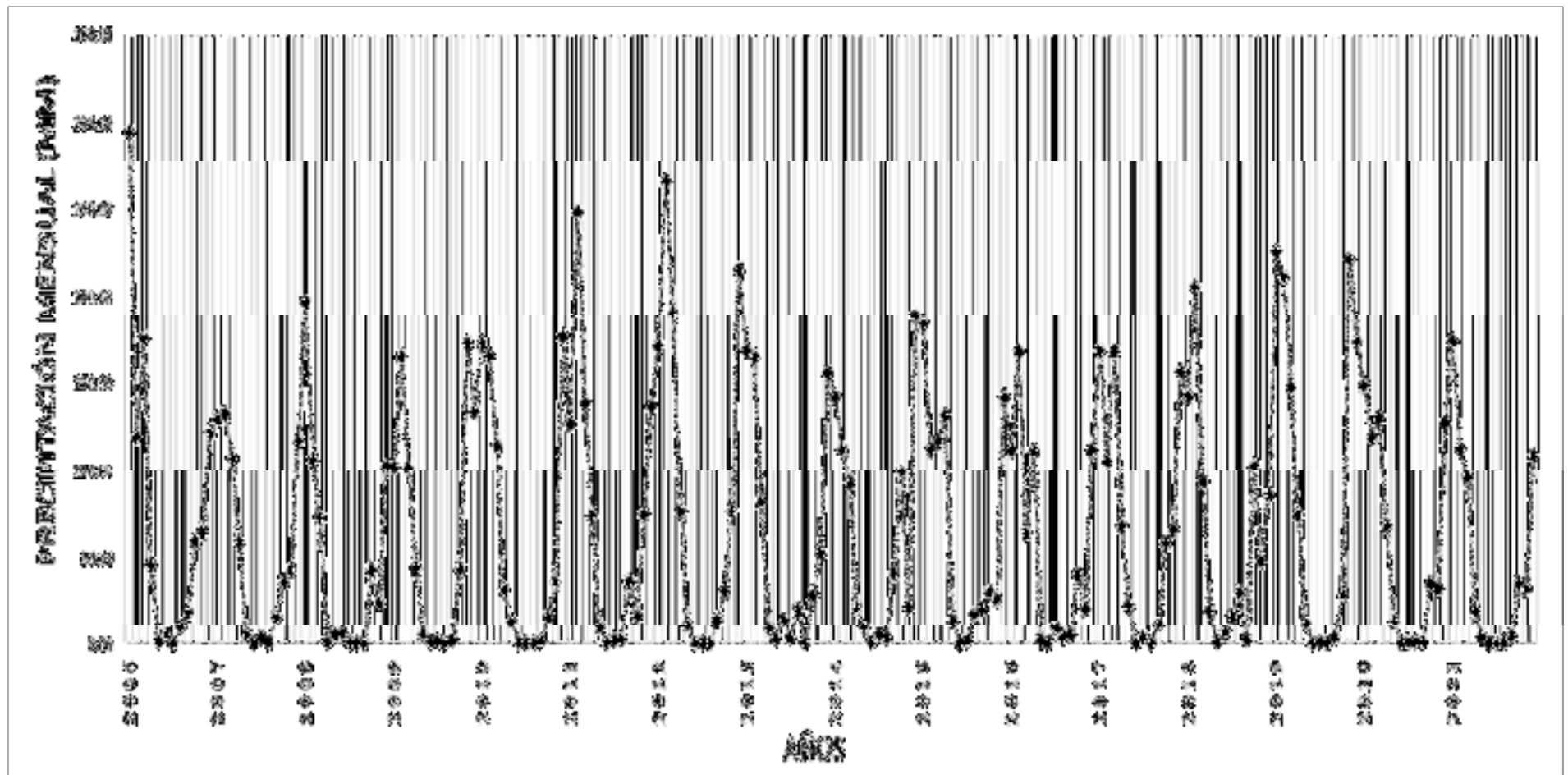
**4.4.1.1. Completación y extensión de información:** La completación y extensión de la información hidrometeorológica se realiza con el fin de obtener una serie completa y de un período uniforme, mediante el uso del modelo hidrológico denominado HEC-4 MONTHLY STREAMFLOW SIMULATION, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center de los Estados Unidos de América. En el anexo C, se presenta la información completada y/o extendida de las estaciones Yauri, Chuquibambilla, Sicuani y La Angostura.

#### **4.5. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN**

Es una técnica que permite detectar, cuantificar, eliminar y corregir los errores sistemáticos de la no-homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrometeorológica. Antes de proceder a efectuar el Modelamiento Matemático de cualquier serie hidrometeorológica es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo a fin de obtener una serie homogénea, consistente y confiable.

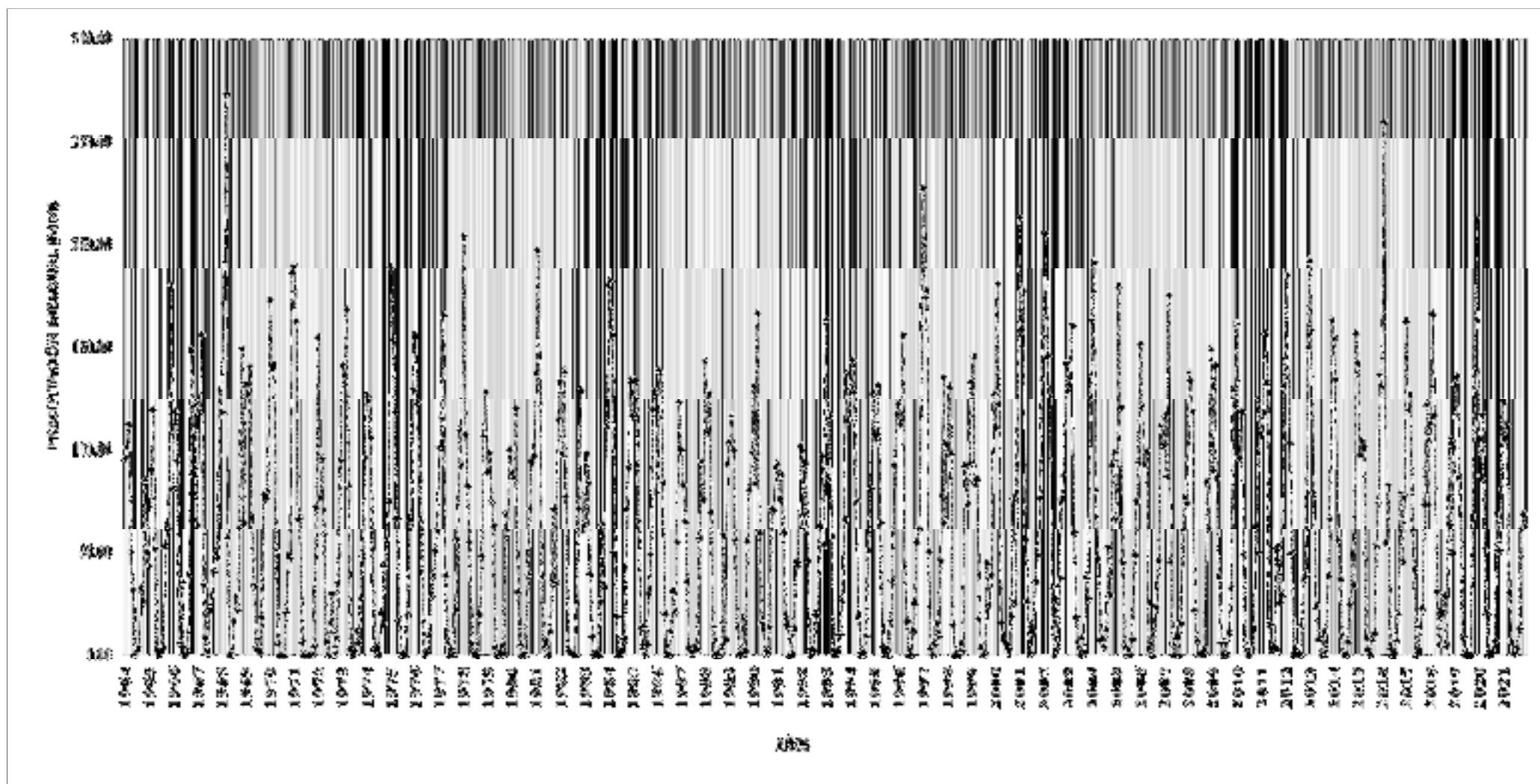
**4.5.1. Análisis Visual Grafico:** Este análisis se realiza para detectar e identificar la inconsistencia de la información pluviométrica en forma visual, e indicar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, los cuales se deben comprobarse si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o Hidrograma.

Gráfico 8: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Yauri



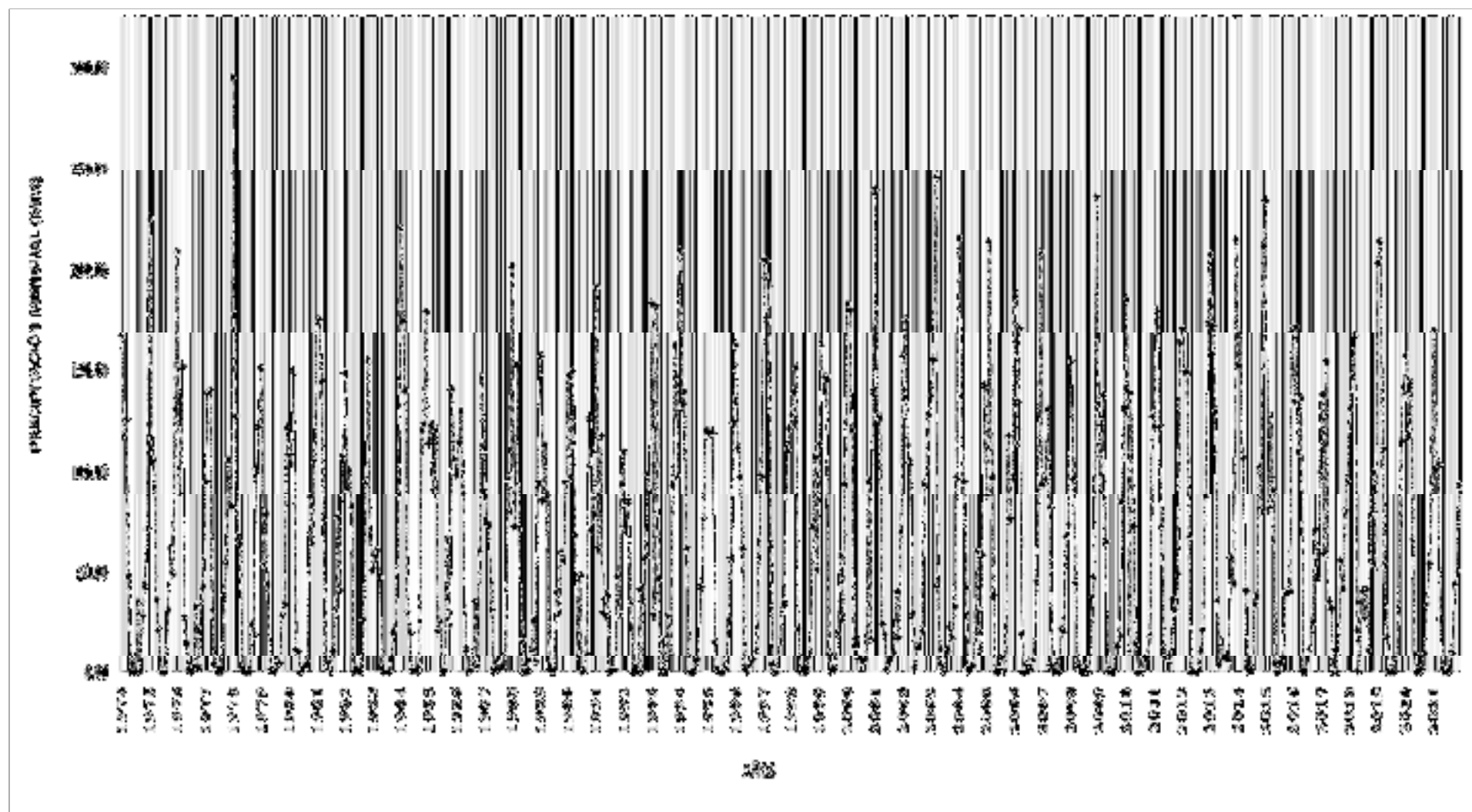
Fuente: Propia

Gráfico 9: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Sicuani



Fuente: Propia

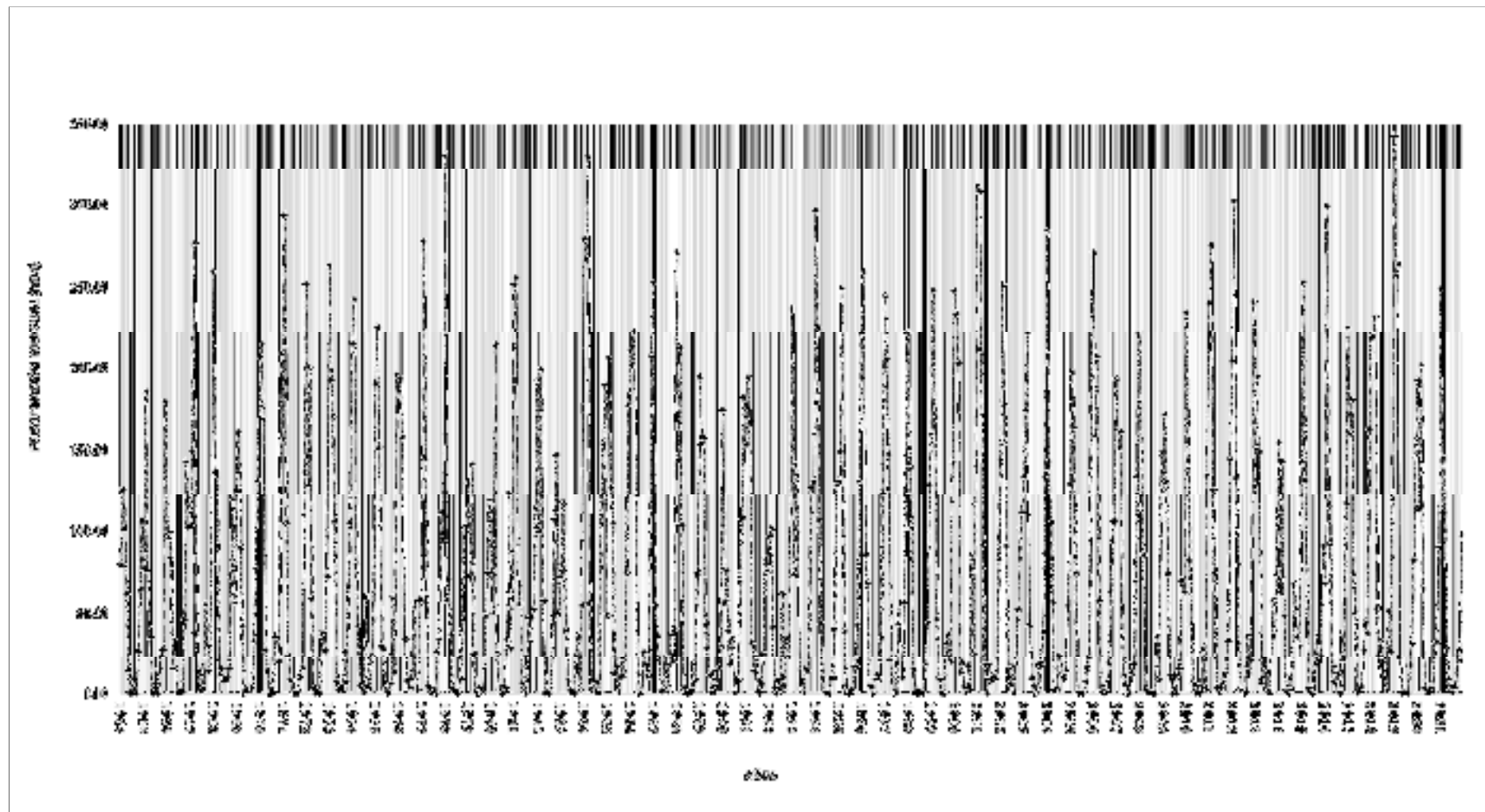
Gráfico 10: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación Chuquibambilla



Fuente: Propia



Gráfico 11: Hidrograma Precipitación Total Mensual - Estación La Angostura



Fuente: Propia

**4.5.2. Análisis estadístico:** Después de haber realizado el análisis visual, se procede al análisis estadístico mediante la prueba T-Student (Consistencia de la media) y F-Fisher (Consistencia de la desviación estándar) para determinar una posible corrección, debido a que las estaciones analizadas no cuentan con un registro completo de datos. El desarrollo del análisis estadístico se muestra en el anexo D.

Tabla 14: Análisis estadístico – Estación Sicuani

Datos dudosos		Datos confiable	
Periodos muestrales		Periodos muestrales	
Entre los años 1964 - 1992		Entre los años 1993 - 2021	
Tamaño de la muestra (n1) =	348	Tamaño de la muestra (n2) =	348
Media de la muestra $\bar{X}_1$ =	57.13	Media de la muestra $\bar{X}_2$ =	61.50
Desviación Standard (S1) =	53.39	Desviación Standard (S2) =	58.14
Grados de libertad (GL1) =	347	Grados de libertad (GL2) =	347
Resultados			
Prueba "T" de Student			
Desviación estándar ponderada		55.81	
Desviación de las diferencias de los promedios		4.23	
Cálculo del T, calculado (Tc) según:		1.03	
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:		1.96	
Grados de libertad		694.00	
Conclusión:			
$ t_c  =$	1.03	$Tt =$	1.9634
<		HOMOGENEIDAD OK	
Prueba "F" de Fisher			
Cálculo de F calculado (Fc)según :		1.19	
Calculo del F tabular( valor critico de Ft) Ft		1.1934	
Conclusión:			
$F_C =$	1.19	$F_t =$	1.1934
<		HOMOGENEIDAD OK	
Fuente: Propia			

Fuente: Propia

Tabla 15: Análisis estadístico – Estación Yauri

Datos dudosos		Datos confiable	
Periodos muestrales		Periodos muestrales	
Entre los años 2006 - 2012		Entre los años 2013 - 2021	
Tamaño de la muestra (n1) =	84	Tamaño de la muestra (n2) =	108
Media de la muestra $\bar{X}_1$ =	66.11	Media de la muestra $\bar{X}_2$ =	63.39
Desviación Standard (S1) =	74.08	Desviación Standard (S2) =	66.05
Grados de libertad (GL1) =	83	Grados de libertad (GL2) =	107
Resultados			
Prueba "T" de Student			
Desviación estándar ponderada		69.67	
Desviación de las diferencias de los promedios		10.14	
Cálculo del T, calculado (Tc) según:		0.27	
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:		1.97	
Grados de libertad		190.00	
Conclusión:			
$ t_c  =$	0.27	$Tt =$	1.9725
	<		HOMOGENEIDAD OK
Prueba "F" de Fisher			
Cálculo de F calculado (Fc)según :		1.19	
Calculo del F tabular( valor critico de Ft) Ft		1.1934	
Conclusión:			
$F_c =$	1.26	$F_t =$	1.4018
	<		HOMOGENEIDAD OK

Fuente: Propia

Tabla 16: Análisis estadístico – Estación Chuquibambilla

Datos dudosos		Datos confiable	
Periodos muestrales		Periodos muestrales	
Entre los años 1974 - 1998		Entre los años 1999 - 2021	
Tamaño de la muestra (n1) =	300	Tamaño de la muestra (n2) =	276
Media de la muestra $\overline{X_1}$ =	58.94	Media de la muestra $\overline{X_2}$ =	64.12
Desviación Standard (S1) =	59.66	Desviación Standard (S2) =	65.16
Grados de libertad (GL1) =	299	Grados de libertad (GL2) =	275
Resultados			
Prueba "T" de Student			
Desviación estándar ponderada		62.35	
Desviación de las diferencias de los promedios		5.20	
Cálculo del T, calculado (Tc) según:		1.00	
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:		1.96	
Grados de libertad		574.00	
Conclusión:			
$ t_c  =$	1.00	$Tt =$	1.9641
		HOMOGENEIDAD OK	
Prueba "F" de Fisher			
Cálculo de F calculado (Fc)según :		1.19	
Calculo del F tabular( valor critico de Ft) Ft		1.1934	
Conclusión:			
$F_C =$	1.19	$F_t =$	1.2155
		HOMOGENEIDAD OK	

Fuente: Propia

Tabla 17: Análisis estadístico – Estación La Angostura

Datos dudosos		Datos confiable	
Periodos Muestrales		Periodos Muestrales	
Entre los años 1964 - 1991		Entre los años 1992 - 2021	
Tamaño de la muestra (n1) =	336	Tamaño de la muestra (n2) =	360
Media de la muestra $\bar{X}_1$ =	64.94	Media de la muestra $\bar{X}_2$ =	69.08
Desviación Standard (S1) =	76.65	Desviación Standard (S2) =	81.62
Grados de libertad (GL1) =	335	Grados de libertad (GL2) =	359
Resultados			
Prueba "T" de Student			
Desviación estándar ponderada		79.26	
Desviación de las diferencias de los promedios		6.01	
Cálculo del T, calculado (Tc) según:		0.68	
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:		1.96	
Grados de libertad		694.00	
Conclusión:			
$ t_c  =$	0.68	$Tt =$	1.9634
		HOMOGENEIDAD OK	
Prueba "F" de Fisher			
Cálculo de F calculado (Fc)según :		1.19	
Calculo del F tabular( valor critico de Ft) Ft		1.1934	
Conclusión:			
$F_c =$	1.13	$F_t =$	1.1932
		HOMOGENEIDAD OK	

Fuente: Propia

#### 4.6. CORRECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

De acuerdo con el análisis estadístico, no fue necesario corregir la información, debido a que los valores cumplían con los parámetros establecidos.

#### 4.7. RELACIÓN PRECIPITACIÓN ALTITUD

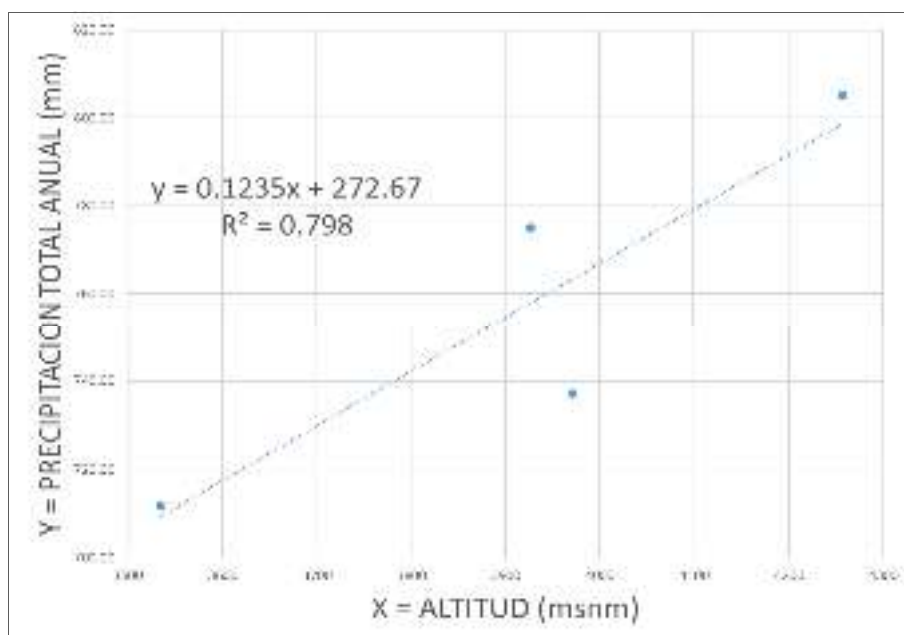
Para conocer el comportamiento de la precipitación en la cuenca se relacionó la precipitación vs. altitud a nivel anual con datos completados, de cuya relación se ha establecido una buena correlación entre estas variables con un valor de  $r=0.798$ , información que ha permitido establecer el comportamiento de la precipitación en la microcuenca del Río Huayllumayo y que sirvió de base para elaborar las isoyetas anuales.

Tabla 18: Variación mensual de la Precipitación – Altitud

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación total (mm)	Estimación	Ecuación	Variable (m)	Constante (n)	Coef. correlación (r)
Yauri	3927	774.82	LINEAL	$Y=272.67+0.1235*X$	0.12353	272.6742	0.798
Sicuani	3534	711.77					
La Angostura	4258	805.16					
Chuquibambilla	3971	737.05					
Azulaje	4502	828.81	LA ANGOSTURA	1.03			
Huaca Human	4318	806.08		1.00			
Área cultivo	4082	776.92		0.96			

Fuente: Propia

Gráfico 12: Relación Precipitación - Altitud



Fuente: Propia

#### 4.8. GENERACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN LAS QUEBRADAS CONSIDERADAS.

Obtenida la ecuación de correlación, se procedió a generar la Precipitación en cada una de las Quebradas a evaluar, para esto se ha correlacionado con las estaciones más próximas y con altitud similar. Finalmente, las precipitaciones generadas se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 19: Precipitación generada – Estación Azulaje

Año	Precipitación total mensual - Estación Azulaje (mm)												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1964	81.11	130.22	104.17	63.10	14.00	0.00	0.00	9.16	0.00	28.00	66.60	109.63	605.99
1965	79.06	190.74	78.03	36.34	0.00	0.00	3.60	0.00	15.23	24.40	28.41	184.87	640.68
1966	99.13	102.11	85.54	15.85	34.18	0.63	0.00	2.06	1.13	47.35	147.61	105.41	641.00
1967	106.23	153.58	284.11	39.01	14.41	1.03	11.63	3.09	57.13	26.76	13.48	82.66	793.13
1968	266.81	140.82	138.76	11.63	15.13	8.44	8.44	9.16	15.44	74.63	121.67	58.06	868.99
1969	129.19	165.42	92.54	42.82	0.00	2.26	1.54	4.22	3.29	33.25	79.88	135.47	689.88
1970	212.87	220.39	173.76	28.10	13.59	0.00	2.16	0.00	37.16	36.70	20.59	215.04	960.35
1971	161.20	302.43	107.77	24.91	8.23	0.05	0.00	0.10	0.15	10.19	16.47	141.23	772.75
1972	259.20	133.10	206.49	61.04	3.40	0.00	1.03	0.05	38.60	38.76	28.15	74.37	844.19
1973	270.62	197.95	175.30	108.55	6.90	1.75	3.71	4.53	27.69	7.26	67.94	107.05	979.24
1974	220.80	249.73	82.50	43.39	5.56	7.62	0.41	62.02	4.89	2.83	24.70	47.97	752.42
1975	195.94	232.84	156.16	30.73	28.93	4.01	0.10	0.03	5.90	60.89	13.18	201.34	930.05
1976	191.31	198.87	162.74	34.59	8.08	8.90	3.19	8.75	58.42	4.17	1.29	60.06	740.37
1977	58.42	285.75	148.95	4.43	3.91	0.00	2.21	0.00	27.07	35.41	113.90	97.43	777.48
1978	341.13	59.86	72.36	38.09	1.60	1.65	0.10	0.36	8.39	40.04	106.08	106.03	775.68
1979	133.97	73.65	145.71	26.04	1.29	0.00	3.09	2.78	0.31	50.34	75.50	122.65	635.33
1980	109.16	52.03	220.39	26.61	2.37	0.10	0.62	3.71	35.36	127.38	28.93	90.12	696.78
1981	258.83	263.52	69.28	57.44	6.12	0.05	0.00	48.43	33.66	49.00	54.30	117.35	957.98
1982	198.46	102.89	204.64	59.60	0.00	0.21	0.05	3.76	48.28	110.09	151.01	51.83	930.81
1983	74.53	120.75	84.25	40.30	8.49	1.44	0.93	0.10	24.55	37.37	1.80	56.92	451.43
1984	287.50	275.05	339.18	56.87	4.07	7.98	1.49	7.10	0.36	119.66	158.42	195.73	1453.42
1985	50.49	212.36	130.47	107.93	12.51	16.78	0.00	10.09	21.87	11.43	77.10	182.40	833.43
1986	216.48	205.77	228.73	125.89	11.58	0.00	0.00	27.33	18.37	11.07	27.54	213.54	1086.29
1987	260.02	56.26	36.65	22.65	1.24	2.37	23.57	13.64	0.98	38.04	20.28	41.79	517.46
1988	278.96	148.18	218.12	106.28	3.50	0.00	0.00	0.00	2.16	18.73	7.77	76.59	860.30
1989	200.01	159.35	162.54	44.73	29.59	11.89	0.31	12.56	1.03	11.12	16.37	30.62	680.10
1990	179.16	58.00	78.23	40.51	18.32	35.87	0.41	7.57	9.06	71.44	110.55	187.60	796.73
1991	157.91	199.90	172.63	32.84	14.57	25.01	1.24	0.05	6.07	26.09	85.64	78.49	800.44
1992	99.33	104.48	42.82	3.71	0.10	7.67	1.75	63.00	4.99	35.20	23.98	98.92	485.97
1993	244.01	75.04	144.94	101.96	6.23	6.90	0.41	15.80	14.31	47.45	131.14	134.85	923.04
1994	305.36	232.74	109.68	44.93	8.18	0.10	0.00	0.00	9.47	9.21	40.97	132.38	893.03
1995	135.16	153.17	256.47	40.09	4.07	0.00	0.15	2.32	16.98	16.88	44.06	134.49	803.83
1996	228.67	266.25	87.60	70.10	5.15	4.12	0.05	9.16	11.89	9.68	35.62	127.33	855.61
1997	251.78	211.38	151.88	21.26	8.54	0.00	0.00	44.11	57.95	9.78	59.19	129.24	945.12
1998	228.78	143.91	104.33	15.18	0.00	1.80	0.00	0.21	0.10	18.01	45.40	132.99	690.71
1999	164.29	255.18	175.25	48.02	9.21	0.00	0.15	0.10	33.15	38.19	19.97	146.69	890.20
2000	254.87	240.62	209.12	13.64	20.38	4.22	0.62	17.91	3.04	88.47	25.73	119.87	998.49
2001	320.13	316.74	217.66	94.60	18.27	0.15	18.58	8.03	10.04	10.65	9.47	84.31	1108.63
2002	148.13	258.47	182.56	93.36	10.40	5.76	17.40	0.10	18.89	53.73	103.91	114.26	1006.98
2003	137.63	179.11	228.11	43.44	9.37	4.63	0.00	2.42	17.91	19.30	40.45	137.52	819.89
2004	292.44	147.51	107.67	58.47	1.85	3.60	24.60	18.63	11.22	9.16	14.72	55.89	745.78
2005	132.99	203.40	168.51	76.59	0.21	0.00	0.00	0.41	7.82	15.29	23.16	200.21	828.59
2006	279.17	163.98	212.67	59.81	1.34	5.04	0.00	0.87	19.20	64.95	95.89	109.01	1011.92
2007	199.03	155.85	165.63	37.21	11.53	0.05	3.19	0.00	13.59	19.25	71.59	138.30	815.21
2008	228.67	153.32	87.65	2.52	0.93	0.00	0.82	0.05	0.10	37.06	8.39	152.35	671.87
2009	129.44	176.23	134.44	76.28	11.22	0.00	10.60	0.00	12.40	16.11	72.06	64.64	703.42
2010	241.90	170.98	83.89	44.78	6.18	0.05	0.41	0.05	2.68	27.95	2.83	138.45	720.15
2011	247.31	283.80	129.39	75.86	4.63	0.00	3.60	7.05	11.84	10.76	34.43	149.00	957.67
2012	210.04	310.87	137.32	81.83	2.37	2.88	0.36	0.00	37.47	12.20	21.21	248.13	1064.68
2013	131.99	200.42	153.17	6.60	9.80	16.47	2.26	13.69	0.21	59.09	36.88	75.21	705.78
2014	158.99	65.48	147.11	49.43	1.05	0.00	8.66	2.29	69.48	54.12	37.79	30.90	625.29
2015	147.52	260.43	135.27	58.39	3.09	0.00	8.65	18.53	37.88	21.01	23.28	93.29	807.33
2016	70.10	307.37	119.30	94.50	8.13	16.68	5.25	12.46	0.00	39.94	21.82	120.13	815.67
2017	231.92	164.90	186.62	76.07	51.47	0.00	2.68	4.22	27.59	45.09	39.01	167.48	997.05
2018	225.33	225.02	238.61	54.35	25.53	17.09	33.35	10.81	1.75	52.70	27.59	122.80	1034.93
2019	352.87	264.24	270.93	23.26	0.00	0.27	0.19	0.00	17.50	32.01	84.72	150.39	1196.37
2020	198.36	116.70	207.19	66.51	3.06	0.37	1.67	3.76	0.64	33.70	33.51	92.95	758.41
2021	256.27	114.48	150.00	28.15	8.35	1.13	0.34	4.13	5.35	27.61	20.78	99.86	716.45
<b>Promedio</b>	<b>195.36</b>	<b>182.99</b>	<b>153.55</b>	<b>49.85</b>	<b>9.00</b>	<b>4.09</b>	<b>3.72</b>	<b>8.63</b>	<b>16.86</b>	<b>35.98</b>	<b>50.25</b>	<b>118.52</b>	<b>828.81</b>
<b>Max</b>	<b>352.87</b>	<b>316.74</b>	<b>339.18</b>	<b>125.89</b>	<b>51.47</b>	<b>35.87</b>	<b>33.35</b>	<b>63.00</b>	<b>69.48</b>	<b>127.38</b>	<b>158.42</b>	<b>248.13</b>	
<b>Min</b>	<b>50.49</b>	<b>52.03</b>	<b>36.65</b>	<b>2.52</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.83</b>	<b>1.29</b>	<b>30.62</b>	
<b>Desv.</b>	<b>75.06</b>	<b>72.48</b>	<b>62.62</b>	<b>29.61</b>	<b>9.70</b>	<b>6.96</b>	<b>6.91</b>	<b>14.14</b>	<b>17.39</b>	<b>27.56</b>	<b>41.05</b>	<b>49.43</b>	

Fuente: Propia

Tabla 20: Precipitación generada – Estación Huaca Human

Precipitación total mensual - Estación Huaca Human (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	78.89	126.64	101.32	61.37	13.62	0.00	0.00	8.91	0.00	27.23	64.77	106.62	589.37
1965	76.89	185.51	75.89	35.34	0.00	0.00	3.50	0.00	14.82	23.73	27.63	179.80	623.11
1966	96.41	99.31	83.19	15.42	33.24	0.61	0.00	2.00	1.10	46.05	143.56	102.52	623.42
1967	103.32	149.37	276.31	37.94	14.02	1.00	11.31	3.00	55.56	26.03	13.11	80.39	771.38
1968	259.50	136.96	134.95	11.31	14.72	8.21	8.21	8.91	15.02	72.58	118.33	56.46	845.16
1969	125.64	160.88	90.00	41.65	0.00	2.20	1.50	4.10	3.20	32.34	77.69	131.75	670.96
1970	207.04	214.34	168.99	27.33	13.22	0.00	2.10	0.00	36.14	35.69	20.02	209.14	934.01
1971	156.78	294.13	104.82	24.23	8.01	0.05	0.00	0.10	0.15	9.91	16.02	137.36	751.56
1972	252.09	129.45	200.83	59.37	3.30	0.00	1.00	0.05	37.54	37.69	27.38	72.33	821.03
1973	263.20	192.52	170.49	105.57	6.71	1.70	3.60	4.41	26.93	7.06	66.08	104.12	952.38
1974	214.74	242.88	80.24	42.20	5.41	7.41	0.40	60.32	4.76	2.75	24.03	46.65	731.78
1975	190.57	226.46	151.87	29.88	28.13	3.90	0.10	0.03	5.74	59.22	12.81	195.82	904.54
1976	186.06	193.42	158.28	33.64	7.86	8.66	3.10	8.51	56.81	4.05	1.25	58.42	720.07
1977	56.81	277.92	144.86	4.30	3.80	0.00	2.15	0.00	26.33	34.44	110.78	94.76	756.16
1978	331.78	58.22	70.38	37.04	1.55	1.60	0.10	0.35	8.16	38.94	103.17	103.12	754.41
1979	130.30	71.63	141.71	25.33	1.25	0.00	3.00	2.70	0.30	48.96	73.43	119.29	617.90
1980	106.17	50.61	214.34	25.88	2.30	0.10	0.60	3.60	34.39	123.89	28.13	87.65	677.67
1981	251.74	256.29	67.38	55.86	5.96	0.05	0.00	47.10	32.74	47.65	52.81	114.13	931.71
1982	193.02	100.06	199.03	57.97	0.00	0.20	0.05	3.65	46.95	107.07	146.87	50.41	905.28
1983	72.48	117.43	81.94	39.19	8.26	1.40	0.90	0.10	23.88	36.34	1.75	55.36	439.05
1984	279.62	267.50	329.88	55.31	3.95	7.76	1.45	6.91	0.35	116.38	154.08	190.37	1413.56
1985	49.11	206.54	126.89	104.97	12.16	16.32	0.00	9.81	21.27	11.11	74.99	177.40	810.57
1986	210.54	200.13	222.45	122.44	11.26	0.00	0.00	26.58	17.87	10.76	26.78	207.69	1056.50
1987	252.89	54.71	35.64	22.03	1.20	2.30	22.93	13.27	0.95	36.99	19.72	40.65	503.27
1988	271.31	144.11	212.14	103.37	3.40	0.00	0.00	0.00	2.10	18.22	7.56	74.48	836.70
1989	194.52	154.98	158.08	43.50	28.78	11.56	0.30	12.21	1.00	10.81	15.92	29.78	661.45
1990	174.25	56.41	76.09	39.39	17.82	34.89	0.40	7.36	8.81	69.48	107.52	182.46	774.88
1991	153.57	194.42	167.89	31.94	14.17	24.33	1.20	0.05	5.91	25.38	83.29	76.34	778.49
1992	96.61	101.62	41.65	3.60	0.10	7.46	1.70	61.27	4.86	34.24	23.33	96.21	472.64
1993	237.32	72.98	140.96	99.16	6.06	6.71	0.40	15.37	13.92	46.15	127.55	131.15	897.72
1994	296.99	226.36	106.67	43.70	7.96	0.10	0.00	0.00	9.21	8.96	39.85	128.75	868.54
1995	131.45	148.97	249.43	38.99	3.95	0.00	0.15	2.25	16.52	16.42	42.85	130.80	781.79
1996	222.40	258.94	85.20	68.18	5.01	4.00	0.05	8.91	11.56	9.41	34.64	123.84	832.15
1997	244.88	205.58	147.72	20.67	8.31	0.00	0.00	42.90	56.36	9.51	57.57	125.69	919.20
1998	222.50	139.96	101.47	14.77	0.00	1.75	0.00	0.20	0.10	17.52	44.15	129.35	671.76
1999	159.78	248.18	170.44	46.70	8.96	0.00	0.15	0.10	32.24	37.14	19.42	142.66	865.79
2000	247.88	234.02	203.38	13.27	19.82	4.10	0.60	17.42	2.95	86.05	25.03	116.58	971.11
2001	311.35	308.05	211.69	92.00	17.77	0.15	18.07	7.81	9.76	10.36	9.21	81.99	1078.23
2002	144.06	251.39	177.55	90.80	10.11	5.61	16.92	0.10	18.37	52.26	101.07	111.13	979.36
2003	133.85	174.20	221.85	42.25	9.11	4.51	0.00	2.35	17.42	18.77	39.34	133.75	797.41
2004	284.42	143.46	104.72	56.86	1.80	3.50	23.93	18.12	10.91	8.91	14.32	54.36	725.33
2005	129.35	197.83	163.89	74.48	0.20	0.00	0.00	0.40	7.61	14.87	22.53	194.72	805.87
2006	271.51	159.48	206.84	58.17	1.30	4.91	0.00	0.85	18.67	63.17	93.26	106.02	984.17
2007	193.57	151.57	161.08	36.19	11.21	0.05	3.10	0.00	13.22	18.72	69.63	134.50	792.85
2008	222.40	149.12	85.25	2.45	0.90	0.00	0.80	0.05	0.10	36.04	8.16	148.17	653.44
2009	125.89	171.40	130.75	74.18	10.91	0.00	10.31	0.00	12.06	15.67	70.08	62.87	684.13
2010	235.27	166.29	81.59	43.55	6.01	0.05	0.40	0.05	2.60	27.18	2.75	134.65	700.40
2011	240.52	276.01	125.84	73.78	4.51	0.00	3.50	6.86	11.51	10.46	33.49	144.91	931.41
2012	204.28	302.34	133.55	79.59	2.30	2.80	0.35	0.00	36.44	11.86	20.62	241.32	1035.48
2013	128.37	194.92	148.97	6.42	9.53	16.02	2.20	13.32	0.20	57.47	35.87	73.14	686.42
2014	154.63	63.68	143.07	48.07	1.02	0.00	8.42	2.22	67.58	52.64	36.75	30.05	608.14
2015	143.47	253.29	131.56	56.78	3.00	0.00	8.41	18.02	36.84	20.43	22.65	90.73	785.19
2016	68.18	298.94	116.03	91.90	7.91	16.22	5.11	12.11	0.00	38.84	21.22	116.83	793.30
2017	225.56	160.38	181.51	73.98	50.06	0.00	2.60	4.10	26.83	43.85	37.94	162.89	969.70
2018	219.15	218.85	232.06	52.86	24.83	16.62	32.44	10.51	1.70	51.26	26.83	119.44	1006.55
2019	343.19	256.99	263.50	22.63	0.00	0.26	0.18	0.00	17.02	31.14	82.39	146.27	1163.56
2020	192.92	113.50	201.51	64.68	2.97	0.36	1.62	3.65	0.62	32.78	32.59	90.40	737.61
2021	249.24	111.34	145.89	27.38	8.12	1.10	0.33	4.01	5.21	26.85	20.21	97.12	696.80
<b>Promedio</b>	<b>190.00</b>	<b>177.97</b>	<b>149.34</b>	<b>48.48</b>	<b>8.76</b>	<b>3.97</b>	<b>3.62</b>	<b>8.40</b>	<b>16.40</b>	<b>35.00</b>	<b>48.88</b>	<b>115.27</b>	<b>806.08</b>
<b>Max</b>	<b>343.19</b>	<b>308.05</b>	<b>329.88</b>	<b>122.44</b>	<b>50.06</b>	<b>34.89</b>	<b>32.44</b>	<b>61.27</b>	<b>67.58</b>	<b>123.89</b>	<b>154.08</b>	<b>241.32</b>	
<b>Min</b>	<b>49.11</b>	<b>50.61</b>	<b>35.64</b>	<b>2.45</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.75</b>	<b>1.25</b>	<b>29.78</b>	
<b>Desv.</b>	<b>71.75</b>	<b>70.08</b>	<b>60.89</b>	<b>29.41</b>	<b>7.66</b>	<b>6.69</b>	<b>5.80</b>	<b>14.52</b>	<b>17.26</b>	<b>28.38</b>	<b>41.57</b>	<b>50.38</b>	

Fuente: Propia

Tabla 21: Precipitación generada – Estación Área de Cultivos

Precipitación total mensual - Estación área cultivos (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	76.04	122.06	97.65	59.15	13.12	0.00	0.00	8.59	0.00	26.25	62.43	102.77	568.06
1965	74.11	178.80	73.14	34.06	0.00	0.00	3.38	0.00	14.28	22.87	26.63	173.30	600.57
1966	92.92	95.72	80.19	14.86	32.04	0.59	0.00	1.93	1.06	44.39	138.37	98.81	600.87
1967	99.58	143.97	266.32	36.57	13.51	0.96	10.90	2.89	53.55	25.09	12.64	77.48	743.48
1968	250.11	132.00	130.07	10.90	14.18	7.91	7.91	8.59	14.47	69.96	114.05	54.42	814.60
1969	121.10	155.06	86.75	40.14	0.00	2.12	1.45	3.96	3.09	31.17	74.88	126.99	646.70
1970	199.55	206.59	162.88	26.34	12.74	0.00	2.03	0.00	34.83	34.40	19.30	201.57	900.23
1971	151.11	283.50	101.03	23.35	7.72	0.05	0.00	0.10	0.14	9.55	15.44	132.39	724.37
1972	242.97	124.77	193.57	57.22	3.18	0.00	0.96	0.05	36.18	36.33	26.39	69.72	791.34
1973	253.68	185.56	164.33	101.75	6.47	1.64	3.47	4.25	25.96	6.80	63.69	100.35	917.94
1974	206.98	234.09	77.34	40.67	5.21	7.14	0.39	58.14	4.58	2.65	23.16	44.97	705.32
1975	183.67	218.27	146.38	28.80	27.11	3.76	0.10	0.03	5.53	57.08	12.35	188.74	871.83
1976	179.33	186.42	152.56	32.42	7.57	8.35	2.99	8.20	54.76	3.91	1.21	56.30	694.03
1977	54.76	267.87	139.63	4.15	3.67	0.00	2.07	0.00	25.38	33.19	106.77	91.33	728.81
1978	319.78	56.11	67.83	35.70	1.50	1.54	0.10	0.34	7.86	37.54	99.44	99.39	727.12
1979	125.59	69.04	136.59	24.41	1.21	0.00	2.89	2.61	0.29	47.19	70.78	114.97	595.56
1980	102.33	48.78	206.59	24.94	2.22	0.10	0.58	3.47	33.15	119.41	27.11	84.48	653.16
1981	242.63	247.02	64.94	53.84	5.74	0.05	0.00	45.40	31.55	45.93	50.90	110.00	898.01
1982	186.04	96.44	191.83	55.87	0.00	0.19	0.05	3.52	45.26	103.20	141.56	48.58	872.54
1983	69.86	113.19	78.98	37.78	7.96	1.35	0.87	0.10	23.01	35.03	1.69	53.36	423.17
1984	269.51	257.83	317.95	53.31	3.81	7.48	1.40	6.66	0.34	112.17	148.50	183.48	1362.44
1985	47.33	199.07	122.31	101.17	11.72	15.73	0.00	9.46	20.50	10.71	72.27	170.99	781.26
1986	202.93	192.89	214.41	118.01	10.86	0.00	0.00	25.62	17.22	10.37	25.81	200.18	1018.29
1987	243.74	52.73	34.35	21.23	1.16	2.22	22.10	12.79	0.92	35.65	19.01	39.18	485.07
1988	261.50	138.90	204.47	99.63	3.28	0.00	0.00	0.00	2.03	17.56	7.29	71.79	806.44
1989	187.49	149.37	152.36	41.93	27.74	11.14	0.29	11.77	0.96	10.42	15.34	28.71	637.53
1990	167.95	54.37	73.33	37.97	17.18	33.63	0.39	7.09	8.49	66.97	103.63	175.86	746.86
1991	148.02	187.39	161.82	30.78	13.65	23.45	1.16	0.05	5.69	24.46	80.28	73.58	750.33
1992	93.12	97.94	40.14	3.47	0.10	7.19	1.64	59.05	4.68	33.00	22.48	92.73	455.54
1993	228.74	70.34	135.86	95.58	5.84	6.47	0.39	14.81	13.41	44.48	122.93	126.41	865.25
1994	286.25	218.17	102.81	42.12	7.67	0.10	0.00	0.00	8.88	8.64	38.40	124.09	837.13
1995	126.70	143.58	240.41	37.58	3.81	0.00	0.14	2.17	15.92	15.82	41.30	126.07	753.52
1996	214.36	249.58	82.12	65.71	4.82	3.86	0.05	8.59	11.14	9.07	33.39	119.36	802.05
1997	236.02	198.15	142.38	19.93	8.01	0.00	0.00	41.35	54.33	9.17	55.48	121.15	885.95
1998	214.46	134.90	97.80	14.23	0.00	1.69	0.00	0.19	0.10	16.89	42.55	124.67	647.47
1999	154.00	239.21	164.28	45.01	8.64	0.00	0.14	0.10	31.07	35.80	18.72	137.50	834.47
2000	238.92	225.55	196.03	12.79	19.11	3.96	0.58	16.79	2.85	82.94	24.12	112.37	935.98
2001	300.09	296.91	204.03	88.68	17.13	0.14	17.42	7.53	9.41	9.99	8.88	79.03	1039.23
2002	138.85	242.29	171.13	87.52	9.75	5.40	16.31	0.10	17.71	50.37	97.41	107.11	943.94
2003	129.01	167.90	213.83	40.72	8.78	4.34	0.00	2.27	16.79	18.09	37.92	128.91	768.57
2004	274.14	138.27	100.93	54.81	1.74	3.38	23.06	17.47	10.52	8.59	13.80	52.40	699.09
2005	124.67	190.67	157.96	71.79	0.19	0.00	0.00	0.39	7.33	14.33	21.71	187.68	776.72
2006	261.69	153.71	199.35	56.06	1.25	4.73	0.00	0.82	18.00	60.89	89.88	102.19	948.58
2007	186.57	146.09	155.26	34.88	10.81	0.05	2.99	0.00	12.74	18.04	67.11	129.64	764.18
2008	214.36	143.73	82.16	2.36	0.87	0.00	0.77	0.05	0.10	34.74	7.86	142.81	629.81
2009	121.34	165.20	126.02	71.50	10.52	0.00	9.94	0.00	11.63	15.10	67.55	60.60	659.39
2010	226.76	160.28	78.64	41.97	5.79	0.05	0.39	0.05	2.51	26.20	2.65	129.78	675.07
2011	231.82	266.03	121.29	71.12	4.34	0.00	3.38	6.61	11.10	10.08	32.28	139.67	897.72
2012	196.89	291.41	128.72	76.71	2.22	2.70	0.34	0.00	35.12	11.43	19.88	232.60	998.03
2013	123.72	187.87	143.58	6.19	9.19	15.44	2.12	12.83	0.19	55.39	34.57	70.50	661.60
2014	149.03	61.38	137.90	46.34	0.98	0.00	8.12	2.14	65.13	50.74	35.42	28.97	586.15
2015	138.28	244.13	126.80	54.73	2.89	0.00	8.11	17.37	35.51	19.69	21.83	87.45	756.80
2016	65.71	288.13	111.84	88.58	7.62	15.63	4.92	11.68	0.00	37.44	20.46	112.61	764.61
2017	217.40	154.58	174.94	71.31	48.25	0.00	2.51	3.96	25.86	42.26	36.57	156.99	934.63
2018	211.22	210.93	223.67	50.95	23.93	16.02	31.26	10.13	1.64	49.40	25.86	115.12	970.14
2019	330.78	247.70	253.97	21.81	0.00	0.25	0.17	0.00	16.40	30.01	79.41	140.98	1121.48
2020	185.94	109.39	194.22	62.34	2.87	0.35	1.56	3.52	0.60	31.59	31.41	87.13	710.93
2021	240.23	107.31	140.61	26.39	7.83	1.06	0.32	3.87	5.02	25.88	19.48	93.61	671.60
<b>Promedio</b>	<b>183.13</b>	<b>171.54</b>	<b>143.94</b>	<b>46.73</b>	<b>8.44</b>	<b>3.83</b>	<b>3.48</b>	<b>8.09</b>	<b>15.81</b>	<b>33.73</b>	<b>47.11</b>	<b>111.10</b>	<b>776.92</b>
<b>Max</b>	<b>330.78</b>	<b>296.91</b>	<b>317.95</b>	<b>118.01</b>	<b>48.25</b>	<b>33.63</b>	<b>31.26</b>	<b>59.05</b>	<b>65.13</b>	<b>119.41</b>	<b>148.50</b>	<b>232.60</b>	
<b>Min</b>	<b>47.33</b>	<b>48.78</b>	<b>34.35</b>	<b>2.36</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.65</b>	<b>1.21</b>	<b>28.71</b>	
<b>Desv.</b>	<b>70.36</b>	<b>67.94</b>	<b>58.70</b>	<b>27.76</b>	<b>9.09</b>	<b>6.53</b>	<b>6.48</b>	<b>13.26</b>	<b>16.30</b>	<b>25.83</b>	<b>38.48</b>	<b>46.33</b>	

Fuente: Propia



Tabla 22: Persistencia de precipitación generada – Estación Área de Cultivos

PERSISTENCIA DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL - ESTACION AREA CULTIVOS (mm)													
ORDEN	PERSISTENCIA %	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1.7	330.78	296.91	317.95	118.01	48.25	33.63	31.26	59.05	65.13	119.41	148.50	232.60
2	3.4	319.78	291.41	266.32	101.75	32.04	23.45	23.06	58.14	54.76	112.17	141.56	201.57
3	5.1	300.09	288.13	253.97	101.17	27.74	16.02	22.10	45.40	54.33	103.20	138.37	200.18
4	6.8	286.25	283.50	240.41	99.63	27.11	15.73	17.42	41.35	53.55	82.94	122.93	188.74
5	8.5	274.14	267.87	223.67	95.58	23.93	15.63	16.31	25.62	45.26	69.96	114.05	187.68
6	10.2	269.51	266.03	214.41	88.68	19.11	15.44	10.90	17.47	36.18	66.97	106.77	183.48
7	11.9	261.69	257.83	213.83	88.58	17.18	11.14	9.94	17.37	35.51	60.89	103.63	175.86
8	13.6	261.50	249.58	206.59	87.52	17.13	8.35	8.12	16.79	35.12	57.08	99.44	173.30
9	15.3	253.68	247.70	204.47	76.71	14.18	7.91	8.11	14.81	34.83	55.39	97.41	170.99
10	16.9	250.11	247.02	204.03	71.79	13.65	7.48	7.91	12.83	33.15	50.74	89.88	156.99
11	18.6	243.74	244.13	199.35	71.50	13.51	7.19	4.92	12.79	31.55	50.37	80.28	142.81
12	20.3	242.97	242.29	196.03	71.31	13.12	7.14	3.47	11.77	31.07	49.40	79.41	140.98
13	22.0	242.63	239.21	194.22	71.12	12.74	6.47	3.38	11.68	25.96	47.19	74.88	139.67
14	23.7	240.23	234.09	193.57	65.71	11.72	5.40	3.38	10.13	25.86	45.93	72.27	137.50
15	25.4	238.92	225.55	191.83	62.34	10.86	4.73	2.99	9.46	25.38	44.48	70.78	132.39
16	27.1	236.02	218.27	174.94	59.15	10.81	4.34	2.99	8.59	23.01	44.39	67.55	129.78
17	28.8	231.82	218.17	171.13	57.22	10.52	3.96	2.89	8.59	20.50	42.26	67.11	129.64
18	30.5	228.74	210.93	164.33	56.06	9.75	3.86	2.51	8.59	18.00	37.54	63.69	128.91
19	32.2	226.76	206.59	164.28	55.87	9.19	3.76	2.12	8.20	17.71	37.44	62.43	126.99
20	33.9	217.40	199.07	162.88	54.81	8.78	3.38	2.07	7.53	17.22	36.33	55.48	126.41
21	35.6	214.46	198.15	161.82	54.73	8.64	2.70	2.03	7.09	16.79	35.80	50.90	126.07
22	37.3	214.36	192.89	157.96	53.84	8.01	2.22	1.64	6.66	16.40	35.65	42.55	124.67
23	39.0	214.36	190.67	155.26	53.31	7.96	2.12	1.56	6.61	15.92	35.03	41.30	124.09
24	40.7	211.22	187.87	152.56	50.95	7.83	1.69	1.45	4.25	14.47	34.74	38.40	121.15
25	42.4	206.98	187.39	152.36	46.34	7.72	1.64	1.40	3.96	14.28	34.40	37.92	119.36
26	44.1	202.93	186.42	146.38	45.01	7.67	1.54	1.16	3.96	13.41	33.19	36.57	115.12
27	45.8	199.55	185.56	143.58	42.12	7.62	1.35	0.96	3.87	12.74	33.00	35.42	114.97
28	47.5	196.89	178.80	142.38	41.97	7.57	1.06	0.87	3.52	11.63	31.59	34.57	112.61
29	49.2	187.49	167.90	140.61	41.93	6.47	0.96	0.77	3.52	11.14	31.17	33.39	112.37
30	50.8	186.57	165.20	139.63	40.72	5.84	0.59	0.58	3.47	11.10	30.01	32.28	110.00
31	52.5	186.04	160.28	137.90	40.67	5.79	0.35	0.58	2.89	10.52	26.25	31.41	107.11
32	54.2	185.94	155.06	136.59	40.14	5.74	0.25	0.39	2.61	9.41	26.20	27.11	102.77
33	55.9	183.67	154.58	135.86	37.97	5.21	0.19	0.39	2.27	8.88	25.88	26.63	102.19
34	57.6	179.33	153.71	130.07	37.78	4.82	0.14	0.39	2.17	8.49	25.09	26.39	100.35
35	59.3	167.95	149.37	128.72	37.58	4.34	0.10	0.39	2.14	7.86	24.46	25.86	99.39
36	61.0	154.00	146.09	126.80	36.57	3.81	0.10	0.34	1.93	7.33	22.87	25.81	98.81
37	62.7	151.11	143.97	126.02	35.70	3.81	0.05	0.32	0.82	5.69	19.69	24.12	93.61
38	64.4	149.03	143.73	122.31	34.88	3.67	0.05	0.29	0.39	5.53	18.09	23.16	92.73
39	66.1	148.02	143.58	121.29	34.06	3.28	0.05	0.17	0.34	5.02	18.04	22.48	91.33
40	67.8	138.85	138.90	111.84	32.42	3.18	0.05	0.14	0.19	4.68	17.56	21.83	87.45
41	69.5	138.28	138.27	102.81	30.78	2.89	0.00	0.14	0.10	4.58	16.89	21.71	87.13
42	71.2	129.01	134.90	101.03	28.80	2.87	0.00	0.10	0.10	3.09	15.82	20.46	84.48
43	72.9	126.70	132.00	100.93	26.39	2.22	0.00	0.10	0.10	2.85	15.10	19.88	79.03
44	74.6	125.59	124.77	97.80	26.34	2.22	0.00	0.05	0.10	2.51	14.33	19.48	77.48
45	76.3	124.67	122.06	97.65	24.94	1.74	0.00	0.05	0.05	2.03	11.43	19.30	73.58
46	78.0	123.72	113.19	86.75	24.41	1.50	0.00	0.00	0.05	1.64	10.71	19.01	71.79
47	79.7	121.34	109.39	82.16	23.35	1.25	0.00	0.00	0.05	1.06	10.42	18.72	70.50
48	81.4	121.10	107.31	82.12	21.81	1.21	0.00	0.00	0.05	0.96	10.37	15.44	69.72
49	83.1	102.33	97.94	80.19	21.23	1.16	0.00	0.00	0.03	0.92	10.08	15.34	60.60
50	84.7	99.58	96.44	78.98	19.93	0.98	0.00	0.00	0.00	0.60	9.99	13.80	56.30
51	86.4	93.12	95.72	78.64	14.86	0.87	0.00	0.00	0.00	0.34	9.55	12.64	54.42
52	88.1	92.92	70.34	77.34	14.23	0.19	0.00	0.00	0.00	0.29	9.17	12.35	53.36
53	89.8	76.04	69.04	73.33	12.79	0.10	0.00	0.00	0.00	0.19	9.07	8.88	52.40
54	91.5	74.11	61.38	73.14	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	8.64	7.86	48.58
55	93.2	69.86	56.11	67.83	6.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	8.59	7.29	44.97
56	94.9	65.71	54.37	64.94	4.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	6.80	2.65	39.18
57	96.6	54.76	52.73	40.14	3.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	1.69	28.97
58	98.3	47.33	48.78	34.35	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	1.21	28.71
P(50%)		182.78	162.45	139.73	41.90	5.91	0.92	0.72	3.52	10.90	30.96	32.79	112.25
P(75%)		123.80	128.38	100.81	23.38	1.41	0.00	0.10	0.10	2.55	14.20	19.15	72.21
P(90%)		92.71	42.43	75.91	13.54	-0.55	0.00	0.00	0.00	0.24	8.74	12.03	52.19

Fuente: Propia



Gráfico 13: Variación de 3 niveles de persistencia – Estación Área Cultivos



Fuente: Propia

#### 4.9. MODELAMIENTO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ

Las relaciones lluvia-escorrentía se utilizan principalmente para el diseño, los pronósticos y la evaluación. Si los datos de escorrentías no están disponibles o son insuficientes para una interpretación, las relaciones lluvia-escorrentía pueden ser muy útiles porque permiten extraer la información de escorrentía a partir de los registros de precipitación.

Debido a que en la microcuenca de estudio no se cuenta con información histórica de registro de caudales, ha sido necesario generar un registro sintético de caudales en puntos de interés a nivel de la microcuenca. Para tal fin se ha empleado el modelo hidrológico Lutz Scholz, desarrollado para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II. El modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca, que pueden ser obtenidos a través de las mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son la determinación de la precipitación efectiva hidrológica, el déficit de escorrentía, la retención y agotamiento de la cuenca.

**4.9.1. Caudales generados en las subcuencas en estudio:** Para la generación de caudales en las microcuencas de estudio se utilizó las series de precipitación mensual consistente y completada de la estación Azulaje que se muestran en la Tabla N° 19 y los parámetros físicos de dichas microcuencas, reproduciendo descargas sintéticas haciendo uso del modelo Lutz Scholz.

Tabla 23: Coordenadas de la generación de caudales – Azulaje

Azulaje	UTM – WGS 84 ZONA 19S		
	Este	Norte	Altitud
	212628.00	8383173.00	4271.00

Fuente: Propia

Tabla 24: Características generales de la subcuenca

Área de la cuenca (A)	21.06	Km <sup>2</sup>
Altitud Media de la cuenca (H)	4,670	m.s.n.m.
Pendiente Media cauce principal	0.092	m/m
Precipitación Media Anual (P)	828.81	mm
Temperatura Media Anual (T)	3.28	°C
Coeficiente de Escorrentía (C)	0.58	
Coeficiente de Agotamiento (a)	0.022	
Relación de Caudales (b <sub>o</sub> ) (30 días)	0.512	
Área de lagunas y acuíferos	0.400	Km <sup>2</sup>
Gasto Mensual de Retención (R)	75.0	mm/año

Fuente: Propia

Tabla 25: Generación de Caudales para el año promedio – Microcuenca Azulaje.

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados (CMi)	
		Precipitación Total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento			
		mm/mes	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m <sup>3</sup> /s
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00	112.71	<b>0.886</b>
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00	113.76	<b>0.990</b>
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38	98.45	<b>0.774</b>
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393			51.34	<b>0.417</b>
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653			21.55	<b>0.169</b>
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061			10.98	<b>0.089</b>
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150			5.99	<b>0.047</b>
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636			4.46	<b>0.035</b>
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350			4.73	<b>0.038</b>
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691			8.58	<b>0.067</b>
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75	9.38	<b>0.076</b>
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25	38.11	<b>0.300</b>
<b>Año</b>		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38	480.05	<b>3.890</b>
Coeficientes		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

Fuente: Propia

Tabla 26: Calculo de los coeficientes de correlación múltiple para el año promedio

Mes	Qt-1	PE	Qt
Enero	38.11	142.71	112.71
Febrero	112.71	128.76	113.76
Marzo	113.76	98.83	98.45
Abril	98.45	12.95	51.34
Mayo	51.34	1.90	21.55
Junio	21.55	0.92	10.98
Julio	10.98	0.84	5.99
Agosto	5.99	1.83	4.46
Septiembre	4.46	3.38	4.73
Octubre	4.73	7.89	8.58
Noviembre	8.58	13.13	9.38
Diciembre	9.38	64.36	38.11

Regresión Lineal Múltiple			
Coeficiente de correlación múltiple	0.9937		
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.9875		Coeficientes
Error típico	5.4106	Intercepción	1.6477
Observaciones	12	Qt-1	0.3501
Ecuación	$Y = 1.6477 + 0.3501 * (X1) + 0.6119 * (X2)$		PE 0.6120

Fuente: Propia

Tabla 27: Descargas medias mensuales generadas – Quebrada Azulaje

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS (mm/mes) - CUENCA INTEGRAL															
Modelo Matemático Lutz Schulz															
$Q_t = a_0 + a_1 Q_{t-1} + a_2 P T_{t-1} + S(t - T)^{1/2} Z_t$										Coeficientes de Regresión Múltiple:		b1	1.6477	S	5.4106
												b2	0.3501	R <sup>2</sup>	0.9875
												b3	0.6120		
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL (mm/mes)		
Prom.	112.71	113.76	98.45	51.34	21.55	10.98	5.99	4.46	4.73	8.58	9.38	38.11	480.05		
1964	51.74	77.06	74.76	56.46	28.46	12.37	5.63	7.15	3.69	15.48	36.91	63.93	433.65		
1965	60.62	108.28	74.48	42.63	16.11	7.54	6.17	3.65	9.44	15.11	19.96	90.83	454.84		
1966	78.05	74.21	67.25	33.18	28.52	12.08	5.24	3.99	3.89	24.16	75.81	75.01	481.39		
1967	76.70	96.87	163.56	76.39	35.25	14.28	12.15	6.91	30.18	24.78	15.79	44.46	597.32		
1968	135.15	111.72	103.52	43.31	22.97	12.48	9.15	9.50	11.89	39.55	70.30	52.44	621.97		
1969	77.15	102.56	78.37	47.24	17.35	8.11	6.17	6.19	4.70	18.23	43.71	77.75	487.53		
1970	122.97	143.44	129.64	59.11	26.90	10.47	6.08	3.42	18.54	24.82	19.57	103.74	668.71		
1971	109.25	175.68	111.42	51.99	23.46	10.10	5.66	3.85	3.24	7.87	10.93	69.44	582.88		
1972	141.38	110.04	132.95	75.61	30.66	12.64	6.80	4.06	20.78	26.00	23.83	43.07	627.81		
1973	137.97	137.41	127.99	95.17	36.80	15.86	10.02	7.79	17.16	10.31	36.05	62.30	694.83		
1974	122.34	154.87	92.59	54.15	23.31	13.19	6.69	32.43	15.29	7.79	15.21	29.51	567.37		
1975	99.91	141.01	119.82	56.40	33.06	15.32	7.19	4.62	6.34	30.64	19.28	98.06	631.66		
1976	122.17	133.71	121.92	60.33	26.12	15.16	8.95	9.27	30.99	13.99	7.67	31.30	581.57		
1977	37.85	142.42	118.98	45.38	18.48	8.39	5.93	4.15	14.26	21.72	59.08	64.85	541.50		
1978	177.61	90.44	64.46	41.13	17.52	9.66	4.83	3.57	6.16	20.35	56.37	68.31	560.40		
1979	84.94	63.24	89.50	45.00	18.27	7.92	5.95	4.54	4.65	25.78	43.95	71.79	465.54		
1980	75.00	50.29	117.91	54.01	20.38	7.95	4.71	4.03	19.26	65.56	37.37	55.04	511.50		
1981	136.18	167.56	91.81	59.74	25.35	10.38	5.38	24.66	26.05	32.85	36.42	67.49	683.86		
1982	114.15	87.41	123.23	70.43	25.91	10.02	5.81	5.20	24.66	60.04	90.85	55.26	672.97		
1983	55.14	74.98	65.05	41.02	20.51	9.03	7.35	5.12	14.91	23.79	10.52	31.65	359.08		
1984	141.13	174.10	214.61	102.19	39.11	19.05	8.62	8.25	4.33	55.29	92.54	121.63	980.85		
1985	65.79	119.12	101.21	84.83	36.74	22.65	10.04	10.25	15.46	12.63	40.52	97.24	616.47		
1986	131.88	140.62	153.46	110.27	46.10	17.01	9.23	17.81	15.81	12.72	17.51	103.57	775.99		
1987	153.80	80.76	46.23	27.57	11.50	7.03	14.61	12.96	7.17	20.99	17.54	26.90	427.06		
1988	135.43	113.84	138.64	97.21	35.87	15.16	7.43	3.78	3.23	11.00	10.08	39.32	610.99		
1989	104.58	109.71	112.59	61.55	36.90	19.92	9.13	11.42	6.14	9.01	11.82	19.54	512.31		
1990	88.41	57.57	56.17	39.38	23.81	26.72	11.57	9.72	10.26	37.31	64.61	107.46	532.99		
1991	110.89	130.23	123.82	61.18	29.51	23.39	10.18	6.26	6.17	15.16	44.72	53.00	614.51		
1992	64.53	70.54	45.65	19.63	10.33	8.75	5.09	32.01	15.61	23.72	19.78	52.81	368.44		
1993	127.85	80.53	94.73	79.55	31.76	15.73	7.00	12.24	12.26	27.42	70.16	86.90	646.13		
1994	169.03	164.89	109.17	59.58	25.68	10.66	4.35	3.41	7.74	8.15	22.63	67.95	653.25		
1995	86.25	100.22	152.51	72.33	29.08	11.28	6.23	4.73	11.28	13.42	25.73	70.75	583.80		
1996	127.74	165.56	98.59	67.20	28.02	13.35	6.39	8.25	9.54	10.04	21.22	66.04	621.93		
1997	137.53	143.55	119.00	53.03	23.41	9.44	5.28	23.70	35.66	19.04	34.82	70.99	675.44		
1998	128.54	111.11	86.16	38.34	14.94	8.45	3.65	3.25	3.34	10.90	25.93	70.50	505.10		
1999	99.43	150.37	132.35	68.87	29.59	11.04	5.75	3.76	17.94	24.64	19.45	74.32	637.51		
2000	142.64	158.74	149.78	61.16	32.33	14.40	6.44	12.30	7.41	43.51	27.98	64.68	721.36		
2001	168.65	202.21	169.86	103.96	46.60	17.48	15.88	10.58	9.42	10.32	9.15	43.36	807.48		
2002	82.05	145.77	135.13	90.58	37.28	17.02	15.01	6.81	11.85	30.48	59.09	73.67	704.74		
2003	89.18	113.42	142.85	71.36	31.14	14.33	6.40	5.11	11.59	15.50	25.47	72.60	598.95		
2004	157.23	123.26	92.18	59.79	23.29	11.28	16.55	15.69	11.46	10.54	11.28	31.18	563.73		
2005	72.78	117.21	116.47	77.30	29.22	11.25	5.38	3.46	6.59	10.49	15.49	96.74	562.39		
2006	159.48	130.34	141.84	77.42	29.75	14.75	6.67	4.31	11.94	34.56	56.31	70.32	737.68		
2007	115.09	109.85	113.88	58.38	27.90	11.51	7.78	4.94	9.48	13.87	38.24	77.28	588.21		
2008	131.38	117.86	82.29	30.42	13.35	6.34	4.15	3.03	2.59	17.78	12.23	73.56	494.98		
2009	84.70	108.84	100.57	70.51	30.48	11.28	11.24	6.33	10.13	13.13	38.30	44.58	530.08		
2010	125.16	122.06	81.46	51.15	22.85	10.21	5.43	3.32	4.26	15.28	8.14	65.45	514.78		
2011	134.24	175.78	120.26	77.25	32.33	12.60	7.53	7.99	9.87	11.01	20.34	74.60	683.78		
2012	121.35	182.99	125.86	81.64	31.74	13.83	7.67	4.85	20.81	14.84	16.46	118.82	740.86		
2013	101.85	126.72	115.89	46.10	23.73	17.03	8.75	11.73	6.19	29.90	27.99	44.94	560.81		
2014	87.93	61.40	88.67	54.61	22.55	9.84	8.55	4.65	34.09	37.90	32.35	26.10	468.65		
2015	76.93	144.77	112.25	65.73	26.17	10.23	9.22	14.01	23.92	18.07	18.68	50.20	570.18		
2016	50.45	156.66	109.82	81.85	33.75	20.52	9.96	10.16	5.56	20.56	19.34	62.41	581.03		
2017	127.95	121.11	126.97	81.20	52.96	19.99	10.18	6.84	16.37	26.90	28.66	87.02	706.15		
2018	132.61	148.33	161.19	83.13	42.38	24.54	24.50	13.84	7.26	28.42	23.04	63.85	753.08		
2019	181.73	182.00	186.76	77.49	29.40	12.28	5.82	3.73	10.72	19.95	46.53	84.45	840.86		
2020	119.01	96.48	127.91	76.15	29.57	12.17	7.42	6.72	3.26	18.57	23.35	51.94	572.55		
2021	134.47	100.15	103.94	50.12	23.11	10.85	5.19	3.98	6.08	16.83	17.18	50.95	522.85		
Prom.	111.83	122.45	113.10	63.43	27.92	13.21	8.04	8.45	12.22	22.05	31.80	65.76	600.25		
MAX.	181.73	202.21	214.61	110.27	52.96	26.72	24.50	32.43	35.66	65.56	92.54	121.63			
MIN.	37.85	50.29	45.65	19.63	10.33	6.34	3.65	3.03	2.59	7.79	7.67	19.54			
D. EST	34.36	35.51	33.23	19.81	8.49	4.57	3.63	6.57	8.15	12.56	20.69	23.25			

Fuente: Propia

Tabla 28: Coordenadas de la generación de caudales – Huaca Human

Huaca Human	UTM – WGS 84 ZONA 19S		
	Este	Norte	Altitud
	212628.00	8383173.00	4271.00

Fuente: Propia

Tabla 29: Características generales de la subcuenca

Área de la cuenca (A)	15.78	Km <sup>2</sup>
Altitud media de la cuenca (H)	4,559	m.s.n.m.
Pendiente media cauce principal	0.049	m/m
Precipitación media anual (P)	806.08	mm
Temperatura media anual (T)	4.94	°C
Coeficiente de escorrentía (C)	0.52	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.023	
Relación de caudales (b <sub>0</sub> ) (30 días)	0.501	
Área de lagunas y acuíferos	0.400	Km <sup>2</sup>
Gasto mensual de retención (R)	75.0	mm/año

Fuente: Propia

Tabla 30: Generación de Caudales para el año promedio – Quebrada Huaca Human.

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	N° Días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados (CMi)	
		Precipitación	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento			
		TOTAL	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai		
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		mm/mes		mm/mes	m <sup>3</sup> /s
Enero	31	190.00	103.39	133.80	128.67			0.400	30.00	98.67	<b>0.581</b>
Febrero	28	177.97	91.55	120.87	115.93			0.200	15.00	100.93	<b>0.658</b>
Marzo	31	149.34	63.07	92.10	87.20			0.005	0.38	86.83	<b>0.512</b>
Abril	30	48.48	5.60	11.82	10.77	0.501	37.734			48.51	<b>0.295</b>
Mayo	31	8.76	1.02	1.78	1.65	0.251	18.899			20.55	<b>0.121</b>
Junio	30	3.97	0.48	0.87	0.80	0.126	9.466			10.27	<b>0.063</b>
Julio	31	3.62	0.44	0.79	0.73	0.063	4.741			5.47	<b>0.032</b>
Agosto	31	8.40	0.98	1.72	1.59	0.032	2.375			3.97	<b>0.023</b>
Septiembre	30	16.40	1.77	3.17	2.93	0.016	1.189			4.12	<b>0.025</b>
Octubre	31	35.00	3.64	7.28	6.66	0.008	0.596			7.26	<b>0.043</b>
Noviembre	30	48.88	5.67	11.98	10.91			0.050	3.75	7.16	<b>0.044</b>
Diciembre	31	115.27	34.22	59.05	54.86			0.350	26.25	28.61	<b>0.169</b>
<b>Año</b>		806.08	311.85	445.23	422.73	0.995	75.000	1.0	75.38	422.35	<b>2.566</b>
<b>Coeficientes</b>		0.52	0.16871	0.83129	1.0						

Fuente: Propia

Tabla 31: Calculo de los coeficientes de correlación múltiple para el año promedio

Mes	Qt-1	PE	Qt
Enero	28.6	128.7	98.7
Febrero	98.7	115.9	100.9
Marzo	100.9	87.2	86.8
Abril	86.8	10.8	48.5
Mayo	48.5	1.7	20.6
Junio	20.6	0.8	10.3
Julio	10.3	0.7	5.5
Agosto	5.5	1.6	4.0
Septiembre	4.0	2.9	4.1
Octubre	4.1	6.7	7.3
Noviembre	7.3	10.9	7.2
Diciembre	7.2	54.9	28.6

Regresión Lineal Múltiple			
Coeficiente de correlación múltiple	0.9908		
Coeficiente de determinación R^2	0.9816		Coeficientes
Error típico	5.8019	Intercepción	1.0920
Observaciones	12	Qt-1	0.3776
Ecuación	Y = 1.0920 + 0.3776 * (X1) + 0.5908 * (X2)		PE 0.5908
Fuente: Propia			

Tabla 32: Descargas medias mensuales generadas – Quebrada Huaca Human

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS (mm/mes) - CUENCA INTEGRAL															
Modelo Matemático Lutz Schulz															
$Q_t = A + b_1 Q_{t-1} + b_2 Q_{t-2} + S(1 - R^2) Y^{1/2} Q_t$										Coeficientes de Regresión Múltiple:		b1	1.0920	S	5.8019
												b2	0.3776	R <sup>2</sup>	0.9816
												b3	0.5908		
Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL (mm/mes)		
Prom.	98.67	100.93	86.83	48.51	20.55	10.27	5.47	3.97	4.12	7.26	7.16	28.61	422.35		
1964	34.49	65.19	58.61	36.60	17.11	6.80	3.51	3.26	0.82	4.28	16.64	45.71	293.01		
1965	32.23	89.70	51.33	24.74	10.11	5.93	4.92	3.80	4.11	5.75	5.45	74.59	312.66		
1966	59.70	55.72	45.92	20.35	14.10	6.72	3.38	3.43	1.33	9.89	63.80	58.52	342.86		
1967	45.82	63.40	166.35	67.94	28.68	11.70	6.66	3.53	10.04	6.82	5.49	15.82	432.24		
1968	135.00	92.21	76.54	31.15	14.84	8.89	4.72	2.84	4.11	12.61	36.60	22.40	441.90		
1969	52.52	85.98	57.59	27.42	12.34	6.20	4.23	2.65	2.88	5.02	20.85	55.83	333.52		
1970	97.32	116.27	98.73	39.60	18.26	8.48	5.51	3.05	5.29	6.31	4.17	77.21	480.21		
1971	77.94	153.77	79.37	31.02	13.51	5.46	3.88	0.82	0.00	3.46	3.69	39.78	412.70		
1972	130.14	84.80	110.45	49.70	19.44	8.37	5.45	4.71	7.55	8.19	8.69	16.30	453.80		
1973	121.68	117.02	101.72	60.75	25.27	10.46	6.39	3.54	4.46	3.64	11.45	25.47	491.86		
1974	97.30	144.89	68.26	31.28	13.81	8.68	4.53	10.53	5.38	3.32	3.37	6.59	397.93		
1975	69.83	115.92	89.72	37.89	17.86	7.43	3.74	2.13	2.65	10.02	4.87	73.36	435.42		
1976	99.37	112.97	97.33	41.37	18.49	8.78	5.26	2.93	9.68	4.77	2.26	9.89	413.08		
1977	10.55	141.11	96.79	37.51	15.32	6.05	2.79	2.90	4.45	5.13	28.32	29.78	380.70		
1978	185.12	76.26	38.27	19.63	9.12	4.33	2.85	1.31	2.99	5.19	23.25	29.03	397.33		
1979	60.98	42.54	72.97	31.27	12.65	5.63	1.99	1.12	2.12	10.93	21.60	52.07	315.86		
1980	51.90	28.05	109.92	46.37	18.65	8.94	5.70	5.75	8.32	44.57	20.98	30.28	379.44		
1981	123.12	162.93	70.63	34.79	15.49	5.86	4.65	8.33	5.77	8.19	9.18	30.49	479.42		
1982	90.01	58.67	102.64	48.56	18.18	7.41	3.14	4.14	8.82	31.79	62.41	31.07	466.85		
1983	35.46	65.75	53.38	28.39	11.39	6.79	4.57	2.02	5.96	10.08	3.83	15.57	243.19		
1984	105.14	138.09	158.90	67.00	27.33	11.92	5.00	3.18	3.59	26.40	53.55	87.18	687.27		
1985	40.74	104.16	78.19	57.98	24.35	12.34	5.81	3.17	4.82	4.91	16.63	75.57	428.68		
1986	104.13	109.37	123.79	73.79	30.38	11.16	5.42	5.42	4.95	3.95	4.56	76.32	553.24		
1987	158.15	66.75	29.01	13.07	6.67	4.46	4.15	5.04	3.72	5.53	6.62	8.39	311.56		
1988	113.22	84.36	112.26	63.54	24.61	10.42	5.02	2.96	2.82	3.23	2.77	12.04	437.24		
1989	84.01	86.35	89.38	39.09	20.08	9.33	6.00	5.66	1.97	3.71	3.94	5.60	355.12		
1990	73.97	37.86	32.09	18.22	10.05	9.11	5.66	4.62	4.12	17.17	40.11	91.72	344.69		
1991	89.98	114.87	106.23	45.44	19.30	11.34	5.77	3.11	3.31	5.62	20.71	23.09	448.77		
1992	46.68	55.96	30.72	13.78	6.22	4.47	3.11	19.23	8.84	10.44	8.07	40.53	248.05		
1993	127.76	61.25	69.99	49.56	20.80	8.85	3.24	2.79	2.20	8.11	40.10	56.76	451.41		
1994	142.86	142.40	76.38	33.62	14.69	6.08	2.43	2.75	2.92	3.74	7.30	35.92	471.09		
1995	50.47	65.30	137.86	56.66	23.65	9.15	3.98	1.62	3.40	3.77	6.31	38.48	400.66		
1996	102.99	150.69	71.37	37.25	16.01	7.06	4.36	3.59	2.24	2.83	5.47	32.61	436.47		
1997	119.95	126.88	95.14	38.67	16.21	9.02	4.71	7.73	10.83	4.64	9.40	37.81	480.99		
1998	110.83	84.62	57.97	24.65	11.19	4.40	4.18	4.10	4.08	4.18	7.54	41.47	359.20		
1999	66.51	133.12	107.81	46.40	20.54	8.89	5.14	2.11	5.40	7.01	3.93	44.90	451.78		
2000	113.33	133.85	124.69	49.02	21.06	8.37	4.15	5.03	3.67	15.53	9.96	30.57	519.24		
2001	124.62	160.74	140.30	69.11	27.79	10.76	6.48	5.30	4.84	3.92	1.52	13.99	569.36		
2002	50.62	137.34	117.72	62.63	25.16	12.10	8.39	6.22	5.96	9.25	25.69	36.98	498.07		
2003	55.61	84.68	126.50	53.19	22.27	11.23	5.44	3.03	5.67	4.58	7.66	44.50	424.36		
2004	159.44	101.84	61.33	31.61	14.47	6.74	4.39	3.19	3.91	3.63	1.75	8.60	400.91		
2005	39.10	91.51	89.68	45.57	18.94	8.65	4.60	3.00	2.81	4.13	5.50	75.84	389.32		
2006	152.40	109.27	119.83	53.79	21.08	9.16	3.26	0.94	3.84	10.34	22.02	30.33	536.27		
2007	89.53	84.97	90.21	39.88	18.48	8.33	4.73	3.13	4.54	5.53	14.62	49.44	413.37		
2008	111.00	88.74	50.42	20.55	9.81	6.04	3.79	3.83	3.46	5.13	3.84	48.84	355.43		
2009	62.85	96.73	84.57	49.61	21.63	8.66	7.41	4.51	4.30	5.57	17.25	19.98	383.08		
2010	110.42	97.87	50.69	25.29	11.41	6.02	3.17	1.18	1.47	2.89	1.44	40.02	351.86		
2011	109.58	152.90	87.74	42.95	16.84	7.80	4.71	2.66	4.45	3.61	5.16	43.55	481.96		
2012	91.62	143.50	88.67	45.72	18.58	8.29	4.10	2.71	4.87	5.49	6.68	96.30	516.52		
2013	79.32	113.64	97.73	38.74	16.10	9.63	5.51	4.90	2.78	11.26	9.80	19.55	408.97		
2014	74.30	43.45	78.31	38.48	15.33	7.31	5.74	4.42	17.05	19.70	14.05	12.10	330.24		
2015	49.38	144.17	94.21	45.40	18.41	9.58	6.06	6.18	8.15	6.31	5.17	20.37	413.39		
2016	16.87	164.97	91.34	51.63	21.10	9.97	4.89	4.27	2.69	6.14	4.72	31.18	409.75		
2017	108.21	95.83	104.00	53.09	28.12	12.29	5.53	4.89	5.19	8.91	8.83	59.73	494.61		
2018	109.72	129.22	144.64	60.89	27.09	12.64	8.71	2.54	3.00	7.63	7.93	30.63	544.66		
2019	131.93	145.43	149.85	59.95	23.20	10.08	4.59	2.97	4.60	3.86	14.01	45.60	596.09		
2020	94.47	67.83	109.81	51.92	21.16	10.68	4.01	2.19	2.26	5.18	7.77	25.16	402.44		
2021	124.83	76.09	74.81	32.74	15.38	6.82	3.26	3.20	2.58	4.71	4.35	22.16	370.92		
Prom.	89.78	101.72	89.67	42.19	18.11	8.41	4.74	3.97	4.62	8.08	13.68	38.85	423.81		
MAX.	185.12	164.97	166.35	73.79	30.38	12.64	8.71	19.23	17.05	44.57	63.80	96.30			
MIN.	10.55	28.05	29.01	13.07	6.22	4.33	1.99	0.82	0.00	2.83	1.44	5.60			
D. EST	38.54	35.64	31.98	14.63	5.68	2.21	1.34	2.71	2.83	7.32	14.37	22.90			

Fuente: Propia

#### 4.10. DEMANDA HIDRICA

Para el cálculo de la demanda de agua de uso agrícola se han tomado en consideración los siguientes parámetros:

##### 4.10.1. Área a regar Con Proyecto

Tabla 33: Hectáreas a regar

Nº	Sector riego	Áreas (ha) Con Proyecto
1	Pumahuasi	440
2	Oquebamba	675
<b>Total (ha)</b>		<b>1115</b>

Fuente: Estudio Agrologico – Consorcio IGESCO

**4.10.2. Cédula de Cultivos y Calendario de siembra:** La combinación de los cultivos para la estructuración de las cédulas de cultivos tiene en cuenta las fechas de siembra y cosecha, el periodo vegetativo y el tipo de cultivo.

Tabla 34: Área a cultivar Con Proyecto

Sector Pumahuasi				Sector Oquebamba			
Cultivos	Con Proyecto			Cultivos	Con Proyecto		
	1era Campaña	2da Campaña			1era Campaña	1era Campaña	
Rey Grass	40	0	40	Rey Grass	50	0	50
Trébol	25	0	25	Trébol	40	0	40
Dactilys	25	0	25	Dactilys	30	0	30
Avena	190	0	190	Avena	305	0	305
Alfalfa	60	0	60	Alfalfa	70	0	70
Papa "Chacra"	50	0	50	Papa "chacra"	90	0	90
Quinua	50	0	50	Quinua	90	0	90
<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>0</b>	<b>440</b>	<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>0</b>	<b>440</b>

Fuente: Estudio Agrologico – Consorcio IGESCO

Tabla 35: Calendario de siembra – Sector Pumahuasi y Oquebamba

Sector Pumahuasi												
Cultivos	Área a regar (ha)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey Grass	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Trébol	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Dactilys	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Avena	190.00	190.00	190.00							190.00	190.00	190.00
Alfalfa	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Papa "Chacra"	50.00	50.00	50.00	50.00					50.00	50.00	50.00	50.00
Quinua	50.00	50.00	50.00						50.00	50.00	50.00	50.00
<b>Total</b>	<b>440.00</b>	<b>440.00</b>	<b>440.00</b>	<b>200.00</b>	<b>150.00</b>	<b>150.00</b>	<b>150.00</b>	<b>150.00</b>	<b>250.00</b>	<b>440.00</b>	<b>440.00</b>	<b>440.00</b>
	1er Campaña				Permanente							



Sector Oquebamba												
Cultivos	Área a regar (ha)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey Grass	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Trébol	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Dactylis	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Avena	305.00	305.00	305.00							305.00	305.00	305.00
Alfalfa	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Papa "Chacra"	90.00	90.00	90.00	90.00					90.00	90.00	90.00	90.00
Quinua	90.00	90.00	90.00						90.00	90.00	90.00	90.00
<b>Total</b>	<b>675.00</b>	<b>675.00</b>	<b>675.00</b>	<b>280.00</b>	<b>190.00</b>	<b>190.00</b>	<b>190.00</b>	<b>190.00</b>	<b>370.00</b>	<b>675.00</b>	<b>675.00</b>	<b>675.00</b>
	<b>1er Campaña</b>								<b>Permanente</b>			

Fuente: Estudio Agrologico – Consorcio IGESCO

**4.10.3. Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>):** La evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) es la pérdida de agua de una superficie cubierta completamente de vegetación, bajo óptimas condiciones de cobertura vegetal y humedad de suelo, para su determinación se ha utilizado el método de Penman-Monteith desarrollado por la FAO, utilizando información meteorológica de la estación más cercana.

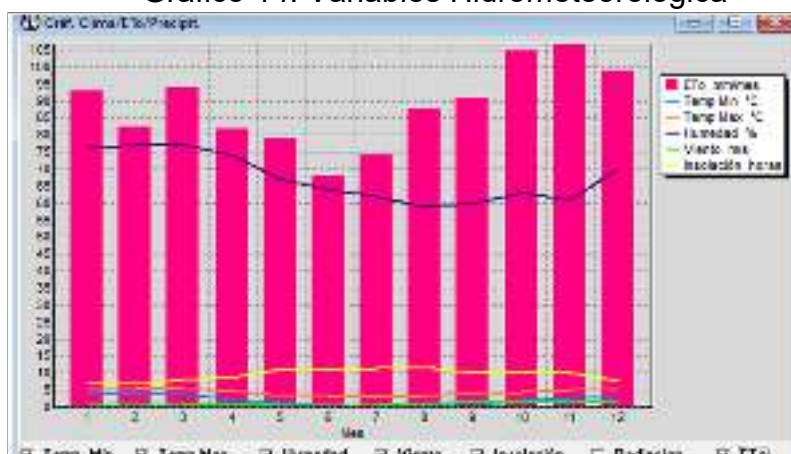
Para el presente estudio, la ET<sub>o</sub> se ha calculado tomando información de la estación meteorológica Yauri (temperatura, humedad relativa, velocidad viento y horas de sol) ubicada en las cercanías de las áreas a irrigar, las cuales se concentran principalmente entre los 3,988 m.s.n.m.

Figura 13: Evapotranspiración según Penman-Monteith

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\HUGO\Documents\HUGO TAPIA MARQUINA\TES\SCROP...							
País: PERU		Estación: AZUAGA-RIEGO					
Altitud: 4002 m.		Latitud: 14.35 °S		Longitud: 71.40 °W			
Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Radiación MJ/m²/día	ET <sub>o</sub> mm/mes
Enero	36	51	76	1.4	9.9	21.2	62.01
Febrero	37	55	77	1.1	9.6	20.4	62.57
Marzo	36	54	77	0.9	9.0	21.6	63.90
Abril	29	48	74	0.8	9.6	20.5	61.20
Mayo	19	35	67	0.7	11.1	21.5	79.13
Junio	0.2	34	64	0.5	11.2	20.4	68.08
Julio	0.1	31	62	0.8	11.6	21.4	74.05
Agosto	0.4	34	59	1.1	11.9	24.0	87.70
Septiembre	0.3	40	60	1.6	10.2	24.1	90.95
Octubre	1.9	45	62	1.5	10.2	25.7	104.55
Noviembre	2.7	49	61	1.6	10.1	26.1	106.70
Diciembre	3.1	53	70	1.4	7.8	22.5	98.80
Promedio	2.0	4.4	68	1.1	9.5	22.5	1061.04

Fuente: CROPWAT 8.0

Gráfico 14: Variables Hidrometeorológica



Fuente: CROPWAT 8.0

**4.10.4. Kc del Cultivo:** Los coeficientes de cultivo Kc fueron obtenidos del Manual N° 24 de la FAO y otros estudios realizados en el ámbito del proyecto. Dependen de las características fisiológicas y periodos vegetativos de los cultivos.

Tabla 36: Kc de cultivos con proyecto - sector Pumahuasi y Oquebamba

Sector Pumahuasi / Oquebamba												
Cultivos	Kc											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey Grass	1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95
Trébol	1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95
Dactyls	1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95
Avena	1.15	0.98	0.55							0.54	0.88	1.15
Alfalfa	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.95
Papa "Chacra"	0.91	1.06	1.02	0.88					0.50	0.85	0.91	0.91
Quinua	0.89	0.83	0.55						0.50	0.80	0.91	0.93

Fuente: Estudio Agrologico – Consorcio IGESCO

### • Evapotranspiración Real del Cultivo (ETa)

Es la cantidad de agua que necesitan los cultivos para cumplir con sus requerimientos fisiológicos. Se expresa en mm/día y su cálculo se efectúa mediante la relación: **ETa = kc x Eto**

Tabla 37: Evapotranspiración real de los cultivos - Sector Pumahuasi y Oquebamba

Sector Pumahuasi / Oquebamba												
Cultivos	Eta (mm/día)											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rey grass	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03
Trébol	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03
Dactyls	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03
Avena	3.44	2.89	1.67							1.82	3.13	3.67
Alfalfa	2.99	2.95	3.03	2.32	2.17	1.93	2.03	2.41	2.58	2.86	3.03	3.03
Papa "Chacra"	2.72	3.13	3.09	2.40					1.52	2.86	3.24	2.90
Quinua	2.66	2.45	1.67						1.52	2.70	3.24	2.97

Fuente: Propia

**4.10.5. Precipitación Efectiva:** Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizable para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Para el cálculo de la precipitación efectiva se utilizó los registros de precipitación total mensual al de la estación generada que se encuentra dentro del área de estudio y a una altitud próxima a la de las áreas bajo riego. Se presentan los resultados de cálculo de la precipitación efectiva mediante el método de Precipitación Fiable de la USDA S.C., mediante CROPWAT.

Figura 14: Precipitación efectiva (método USDA S.C.) - Azulaje

Estación	AZULAJE	Método Prec. El	Método USDA S.C.
	Precipit. mm	Prec. elec. mm	
Enero	195.4	134.3	
Febrero	182.9	129.4	
Marzo	153.6	115.9	
Abril	49.9	45.9	
Mayo	9.0	8.9	
Junio	4.1	4.1	
Julio	3.7	3.7	
Agosto	8.6	8.5	
Septiembre	16.9	16.4	
Octubre	36.0	33.9	
Noviembre	50.3	46.2	
Diciembre	118.5	96.0	
Total	828.8	643.1	

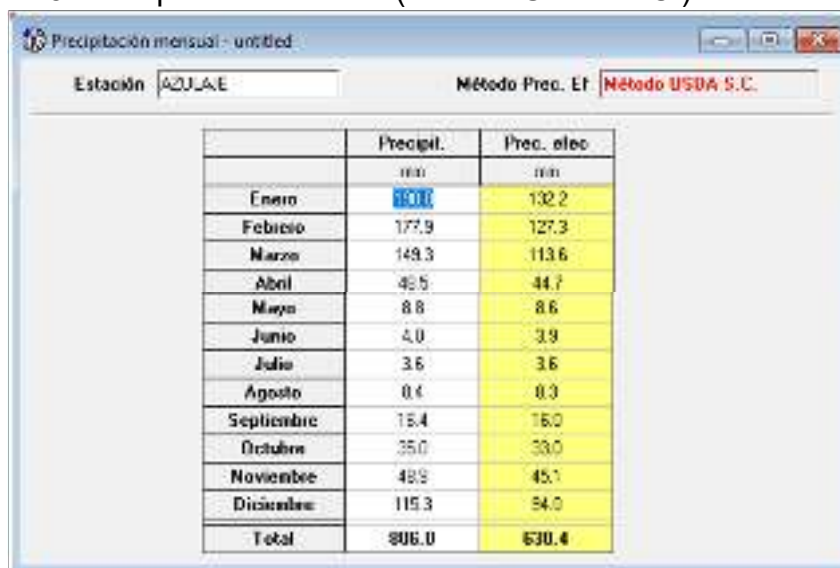
Fuente: Propia

Tabla 38: Conversión de la precipitación efectiva

Precipitación Efectiva - Método USDA S.C.			
Mes	Precipitación Promedio (mm/mes)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Precipitación Efectiva (m3/mes/ha)
Enero	195.36	134.30	1343.00
Febrero	182.99	129.40	1294.00
Marzo	153.55	115.90	1159.00
Abril	49.85	45.90	459.00
Mayo	9.00	8.90	89.00
Junio	4.09	4.10	41.00
Julio	3.72	3.70	37.00
Agosto	8.63	8.50	85.00
Septiembre	16.86	16.40	164.00
Octubre	35.98	33.90	339.00
Noviembre	50.25	46.20	462.00
Diciembre	118.52	96.00	960.00
<b>TOTAL</b>	<b>828.81</b>	<b>643.20</b>	<b>6432.00</b>

Fuente: Propia

Figura 15: Precipitación efectiva (método USDA S.C.) – Huaca Human



	Precipit.	Prec. elec.
	mm	mm
Enero	190.0	132.2
Febrero	177.9	127.3
Marzo	149.3	113.6
Abril	48.5	44.7
Mayo	8.8	8.6
Junio	4.0	3.9
Julio	3.6	3.6
Agosto	0.4	0.3
Septiembre	16.4	16.0
Octubre	35.0	33.0
Noviembre	48.9	45.1
Diciembre	115.3	94.0
Total	806.0	630.4

Fuente: Propia

Tabla 39: Conversión de la precipitación efectiva  
Precipitación efectiva - Método USDA S.C.

Mes	Precipitación Promedio (mm/mes)	Precipitación Efectiva (mm/mes)	Precipitación Efectiva (m3/mes/ha)
Enero	190.00	132.20	1322.00
Febrero	177.97	127.30	1273.00
Marzo	149.34	113.60	1136.00
Abril	48.48	44.70	447.00
Mayo	8.76	8.60	86.00
Junio	3.97	3.90	39.00
Julio	3.62	3.60	36.00
Agosto	8.40	8.30	83.00
Septiembre	16.40	16.00	160.00
Octubre	35.00	33.00	330.00
Noviembre	48.88	45.10	451.00
Diciembre	115.27	94.00	940.00
<b>TOTAL</b>	<b>806.08</b>	<b>630.30</b>	<b>6303.00</b>

Fuente: Propia

**4.10.6. Eficiencia de Riego:** La eficiencia de riego es la relación entre la cantidad de agua utilizada por las plantas y la cantidad de agua suministrada; y las pérdidas que se producen durante la conducción, su distribución y aplicación en la parcela.

Tabla 40: Resumen de eficiencias de riego

Descripción	Con Proyecto	
	Gravedad	Aspersión
Eficiencia Conducción	95.00 %	95.00 %
Eficiencia Distribución	80.00 %	80.00 %
Eficiencia Aplicación	50.00 %	75.00 %
<b>Eficiencia de Riego</b>	<b>38.00 %</b>	<b>57.00 %</b>

Fuente: Estudio Agrologico – Consorcio IGESCO

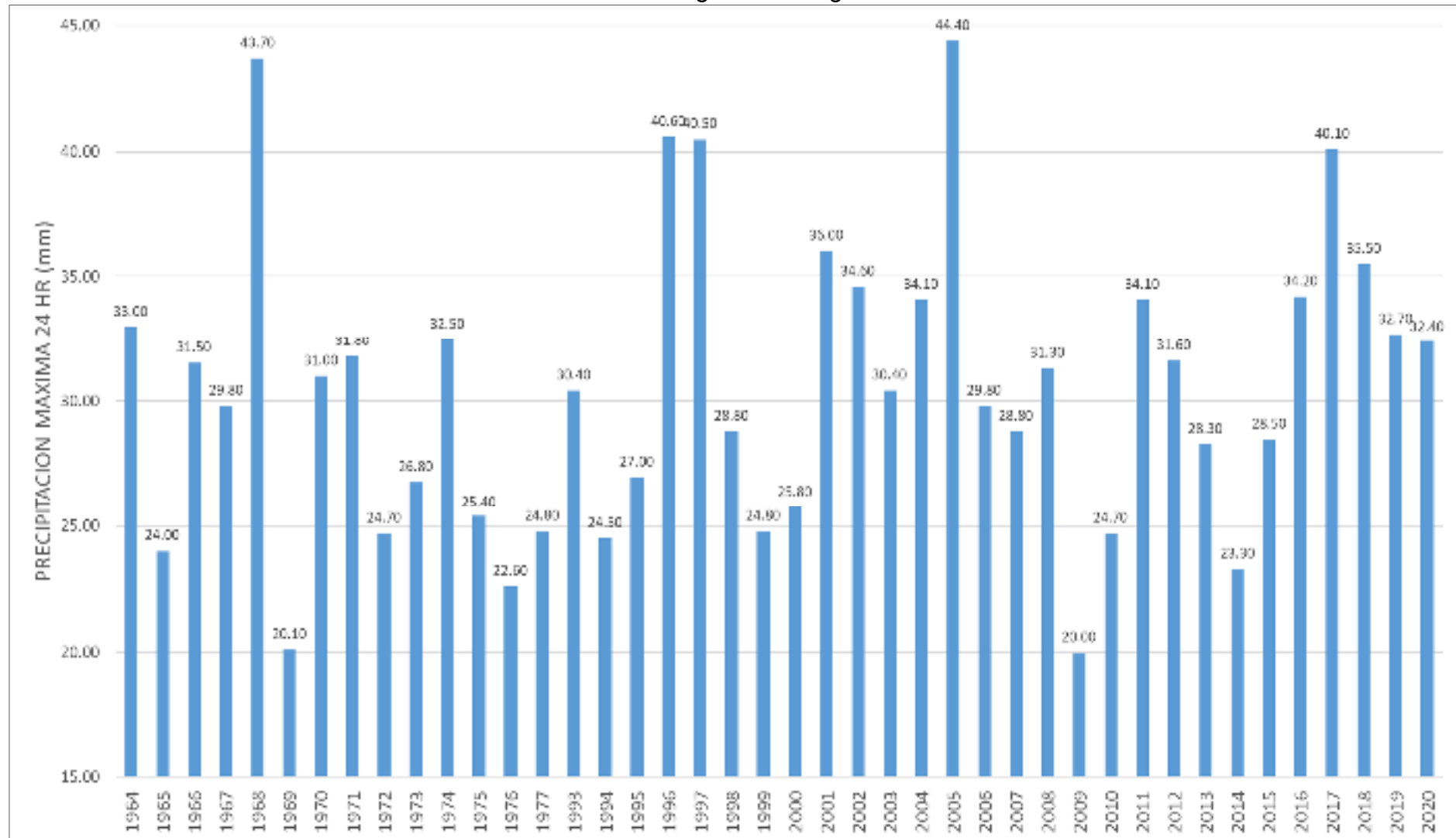
Para el presente estudio se ha estimado una eficiencia de **38.0%** para todos los sectores de riego para la Situación Con Proyecto.

#### **4.11. AVENIDAS MAXIMAS**

La mayoría de las estructuras construidas sobre cursos de agua, entre sus orillas o en sus cercanías están potencialmente expuestas a los daños ocasionados por las avenidas. El análisis de avenidas tiene por finalidad determinar las descargas máximas probables para diferentes periodos de retorno que servirán en el diseño de las diferentes estructuras hidráulicas. La descarga que se utilice se le llamara “Avenida Máxima Probable”, que se define como la mayor crecida que cabe esperar en un lugar, teniendo en cuenta todos los factores pertinentes de emplazamiento, meteorología, hidrología y terreno.

**4.11.1. Información Pluviométrica:** Al no existir estaciones de aforo que permitan estimar directamente los caudales de descargas máxima dentro de la microcuenca de drenaje, este parámetro será estimado en base a la información de lluvias máximas (Precipitación Máxima en 24 horas) registradas en la estación más cercana al ámbito de la zona de estudio, habiéndose identificado la estación Sicuani, como la más adecuada para el análisis hidrológico

Gráfico 15: Hidrograma de registros anuales



Fuente: Propia

**4.11.2. Análisis de datos dudosos:** Previo a usar la información recogida en las estaciones seleccionadas, estas deben ser examinadas por posibles errores. Si los errores son apreciables, serán examinados y corregidos antes de que el análisis de frecuencia sea realizado. Para este análisis se utilizó el Método del “Bulletin 17B” (Interagency Advisory Committee on Water Data, 1982) para la detección de “outliers” en series anuales, los “outliers” son datos que se alejan significativamente de la tendencia de la información de la muestra.

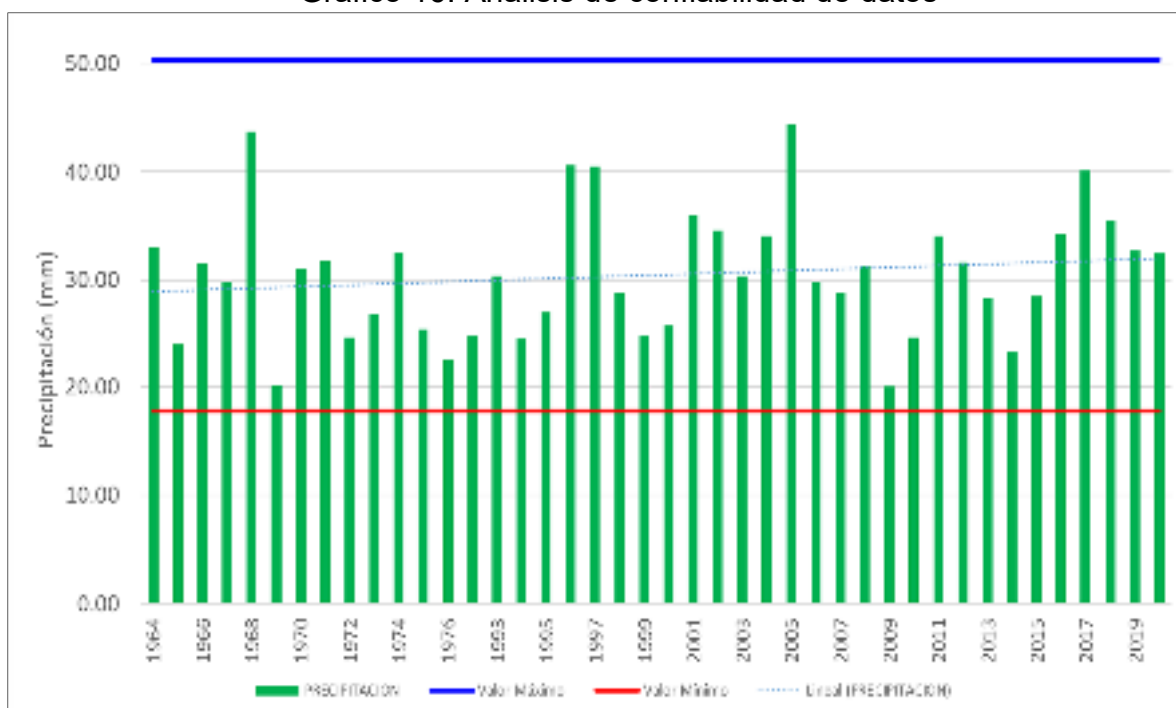
Tabla 41: Estadísticas de la serie anual de precipitaciones máximas

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	42	42
Sumatoria	1278.90	61.98
Valor Máximo	44.40	1.65
Valor Mínimo	20.00	1.30
Media:	30.450	1.476
Varianza:	34.866	0.007
Desviación Estándar:	5.905	0.084
Coeficiente Variación:	0.194	0.057
Coeficiente de Sesgo:	0.486	0.0069
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

n =	42.00
Kn =	2.7
Kn =	Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$	xH = 1.70
Precipitación máxima aceptada	
PH = $10^{xH}$	PH = 50.33 mm
<b>No existen datos dudosos maximos de la muestra</b>	
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	
$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$	xL = 1.25
Precipitación mínima aceptada	
PH = $10^{xH}$	PL= 17.77 mm
<b>No existen datos dudosos minimos de la muestra</b>	

Fuente: Propia

Gráfico 16: Análisis de confiabilidad de datos



Fuente: Propia

Según la gráfica, no se aprecia que exista “outliers” altos y bajos.

Tabla 42: Resumen de precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Sicuani

Estación		Sicuani		Altitud	
Latitud		14° 15' S		71° 14' O	
Año		Máximo		Máximo	
1964	33.00	1993	30.40	2009	20.00
1965	24.00	1994	24.50	2010	24.70
1966	31.50	1995	27.00	2011	34.10
1967	29.80	1996	40.60	2012	31.60
1968	43.70	1997	40.50	2013	28.30
1969	20.10	1998	28.80	2014	23.30
1970	31.00	1999	24.80	2015	28.50
1971	31.80	2002	34.60	2016	34.20
1972	24.70	2003	30.40	2017	40.10
1973	26.80	2004	34.10	2018	35.50
1974	32.50	2005	44.40	2019	32.70
1975	25.40	2006	29.80	2020	32.40
1976	22.60	2007	28.80		
1977	24.80	2008	31.30		

Fuente: Propia



#### **4.12. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA Y PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE SMIRNOV - KOLMOGOROV**

Con los valores de precipitación máxima en 24 horas (serie anual máxima), previo análisis de confiabilidad de datos y su posterior corrección, se procedió a calcular las alturas de precipitación extrema probable correspondiente a diferentes períodos de retorno.

El análisis de frecuencia consiste en determinar los parámetros de las distribuciones de probabilidad y determinar con el factor de frecuencia la magnitud del evento para un período de retorno dado.

Para realizar el análisis de frecuencia se ha utilizado el software Excel, mediante el cual se han determinado diferentes funciones de distribución de probabilidad teórica, seleccionando las distribuciones de probabilidad Normal, Log-Normal, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III, Gumbel y Log Gumbel, por ser las más usadas en Hidrología para caso de eventos máximos.

Para determinar qué tan adecuado es el ajuste de los datos a una distribución de probabilidades se realizó la prueba estadística de Smirnov Kolmogorov, el cual determinara si es adecuado el ajuste.

Consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto.

La prueba requiere que el valor  $\Delta$  calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado  $\Delta\alpha$  para un nivel de probabilidad requerido.

Se ha realizado las pruebas de ajuste a las distribuciones de probabilidad seleccionadas utilizando la prueba Smirnov Kolmogorov para un 5% de nivel de significancia, observándose que los datos se ajustan a las distribuciones probabilísticas a excepción de la distribución Log Pearson Tipo III y encontrándose un mejor ajuste en la distribución Pearson Tipo III por tener el menor valor estadístico  $\Delta$ ,

Tabla 43: Distribución Normal

Distribución Normal					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Z = X - Xm/S	F(X) Normal	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Normal
1	20.000	0.023	-1.770	0.038	0.015
2	20.100	0.047	-1.753	0.040	0.007
3	22.600	0.070	-1.329	0.092	0.022
4	23.300	0.093	-1.211	0.113	0.020
5	24.000	0.116	-1.092	0.137	0.021
6	24.500	0.140	-1.008	0.157	0.017
7	24.700	0.163	-0.974	0.165	0.002
8	24.700	0.186	-0.974	0.165	0.021
9	24.800	0.209	-0.957	0.169	0.040
10	24.800	0.233	-0.957	0.169	0.063
11	25.400	0.256	-0.855	0.196	0.060
12	25.800	0.279	-0.788	0.215	0.064
13	26.800	0.302	-0.618	0.268	0.034
14	27.000	0.326	-0.584	0.280	0.046
15	28.300	0.349	-0.364	0.358	0.009
16	28.500	0.372	-0.330	0.371	0.001
17	28.800	0.395	-0.279	0.390	0.005
18	28.800	0.419	-0.279	0.390	0.029
19	29.800	0.442	-0.110	0.456	0.014
20	29.800	0.465	-0.110	0.456	0.009
21	30.400	0.488	-0.008	0.497	0.008
22	30.400	0.512	-0.008	0.497	0.015
23	31.000	0.535	0.093	0.537	0.002
24	31.300	0.558	0.144	0.557	0.001
25	31.500	0.581	0.178	0.571	0.011
26	31.600	0.605	0.195	0.577	0.027
27	31.800	0.628	0.229	0.590	0.037
28	32.400	0.651	0.330	0.629	0.022
29	32.500	0.674	0.347	0.636	0.039
30	32.700	0.698	0.381	0.648	0.049
31	33.000	0.721	0.432	0.667	0.054
32	34.100	0.744	0.618	0.732	0.012
33	34.100	0.767	0.618	0.732	0.036
34	34.200	0.791	0.635	0.737	0.053
35	34.600	0.814	0.703	0.759	0.055
36	35.500	0.837	0.855	0.804	0.033
37	36.000	0.860	0.940	0.826	0.034
38	40.100	0.884	1.634	0.949	0.065
39	40.500	0.907	1.702	0.956	0.049
40	40.600	0.930	1.719	0.957	0.027
41	43.700	0.953	2.244	0.988	0.034
42	44.400	0.977	2.363	0.991	0.014
<b>Promedio</b>	30.45				
<b>Desv. Estándar</b>	5.9047				
<b>Coef. Sesgo</b>	0.4859				
<b>N</b>	42.00				
<b>A</b>	0.05				
<b>Delta crítico (tabular)</b>	0.208				
				Delta máximo (teórico)	0.065
				Dcrit > dmax	Si se ajusta
				Mejor ajuste	<b>2</b>

Fuente: Propia

Tabla 44: Distribución Log Normal

Distribución Log Normal					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Y =LnX	F(Xm) Log Normal	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Log Normal
1	20.000	0.023	2.996	0.018	0.005
2	20.100	0.047	3.001	0.020	0.027
3	22.600	0.070	3.118	0.073	0.003
4	23.300	0.093	3.148	0.098	0.005
5	24.000	0.116	3.178	0.127	0.011
6	24.500	0.140	3.199	0.151	0.011
7	24.700	0.163	3.207	0.161	0.002
8	24.700	0.186	3.207	0.161	0.025
9	24.800	0.209	3.211	0.166	0.043
10	24.800	0.233	3.211	0.166	0.067
11	25.400	0.256	3.235	0.199	0.057
12	25.800	0.279	3.250	0.222	0.057
13	26.800	0.302	3.288	0.285	0.017
14	27.000	0.326	3.296	0.298	0.027
15	28.300	0.349	3.343	0.388	0.039
16	28.500	0.372	3.350	0.402	0.030
17	28.800	0.395	3.360	0.423	0.027
18	28.800	0.419	3.360	0.423	0.004
19	29.800	0.442	3.395	0.493	0.051
20	29.800	0.465	3.395	0.493	0.028
21	30.400	0.488	3.414	0.534	0.046
22	30.400	0.512	3.414	0.534	0.022
23	31.000	0.535	3.434	0.574	0.039
24	31.300	0.558	3.444	0.594	0.035
25	31.500	0.581	3.450	0.606	0.025
26	31.600	0.605	3.453	0.613	0.008
27	31.800	0.628	3.459	0.625	0.003
28	32.400	0.651	3.478	0.661	0.010
29	32.500	0.674	3.481	0.667	0.007
30	32.700	0.698	3.487	0.679	0.019
31	33.000	0.721	3.497	0.695	0.026
32	34.100	0.744	3.529	0.752	0.008
33	34.100	0.767	3.529	0.752	0.015
34	34.200	0.791	3.532	0.757	0.034
35	34.600	0.814	3.544	0.775	0.039
36	35.500	0.837	3.570	0.813	0.024
37	36.000	0.860	3.584	0.832	0.028
38	40.100	0.884	3.691	0.936	0.052
39	40.500	0.907	3.701	0.942	0.035
40	40.600	0.930	3.704	0.944	0.013
41	43.700	0.953	3.777	0.975	0.022
42	44.400	0.977	3.793	0.980	0.003
<b>Promedio</b>	30.45		<b>3.40</b>		
<b>Desv. Estándar</b>	5.9047		<b>0.19</b>		
<b>Coef. Sesgo</b>	0.4859				
<b>N</b>	42.00				
<b>A</b>	0.05				
<b>Delta crítico (tabular)</b>	0.208			Delta máximo (teórico)	0.067
				Dcrit > dmax	Si se ajusta
				Mejor ajuste	<b>3</b>

Fuente: Propia

Tabla 45: Distribución Pearson Tipo III

Distribución Pearson Tipo III					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Y = (X-x0)	F(Xm) Pearson III	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Pearson III
1	20.000	0.023	13.852	0.021	0.002
2	20.100	0.047	13.952	0.022	0.024
3	22.600	0.070	16.452	0.077	0.007
4	23.300	0.093	17.152	0.102	0.009
5	24.000	0.116	17.852	0.130	0.014
6	24.500	0.140	18.352	0.154	0.014
7	24.700	0.163	18.552	0.163	0.001
8	24.700	0.186	18.552	0.163	0.023
9	24.800	0.209	18.652	0.168	0.041
10	24.800	0.233	18.652	0.168	0.064
11	25.400	0.256	19.252	0.200	0.055
12	25.800	0.279	19.652	0.223	0.056
13	26.800	0.302	20.652	0.284	0.018
14	27.000	0.326	20.852	0.297	0.028
15	28.300	0.349	22.152	0.384	0.036
16	28.500	0.372	22.352	0.398	0.026
17	28.800	0.395	22.652	0.419	0.024
18	28.800	0.419	22.652	0.419	0.000
19	29.800	0.442	23.652	0.488	0.046
20	29.800	0.465	23.652	0.488	0.023
21	30.400	0.488	24.252	0.529	0.041
22	30.400	0.512	24.252	0.529	0.017
23	31.000	0.535	24.852	0.569	0.034
24	31.300	0.558	25.152	0.588	0.030
25	31.500	0.581	25.352	0.601	0.020
26	31.600	0.605	25.452	0.607	0.003
27	31.800	0.628	25.652	0.620	0.008
28	32.400	0.651	26.252	0.656	0.005
29	32.500	0.674	26.352	0.662	0.012
30	32.700	0.698	26.552	0.674	0.024
31	33.000	0.721	26.852	0.691	0.030
32	34.100	0.744	27.952	0.749	0.004
33	34.100	0.767	27.952	0.749	0.019
34	34.200	0.791	28.052	0.753	0.037
35	34.600	0.814	28.452	0.772	0.042
36	35.500	0.837	29.352	0.811	0.026
37	36.000	0.860	29.852	0.831	0.030
38	40.100	0.884	33.952	0.938	0.054
39	40.500	0.907	34.352	0.944	0.037
40	40.600	0.930	34.452	0.946	0.015
41	43.700	0.953	37.552	0.978	0.024
42	44.400	0.977	38.252	0.982	0.005
Promedio	30.45		$\alpha$	16.94	
Desv. Estándar	5.9047		$\beta$	1.43	
Coef. Sesgo	0.4859		x0	6.15	
N	42.00				
A	0.05				
Delta crítico (tabular)	0.208			Delta máximo (teórico)	0.064
				Dcrit > dmax	Si se ajusta
				Mejor ajuste	1

Fuente: Propia

Tabla 46: Distribución Log Pearson Tipo III

Distribución Log Pearson Tipo III					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Y = (Ln(x)-X0)/β	F(Xm) Log Pearson III	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Log Pearson III
1	20.000	0.023	82398.454	1.000	0.977
2	20.100	0.047	82405.905	1.000	0.953
3	22.600	0.070	82581.053	1.000	0.930
4	23.300	0.093	82626.627	1.000	0.907
5	24.000	0.116	82670.852	1.000	0.884
6	24.500	0.140	82701.658	1.000	0.860
7	24.700	0.163	82713.805	1.000	0.837
8	24.700	0.186	82713.805	1.000	0.814
9	24.800	0.209	82719.841	1.000	0.791
10	24.800	0.233	82719.841	1.000	0.767
11	25.400	0.256	82755.558	1.000	0.744
12	25.800	0.279	82778.903	1.000	0.721
13	26.800	0.302	82835.717	1.000	0.698
14	27.000	0.326	82846.826	1.000	0.674
15	28.300	0.349	82917.083	1.000	0.651
16	28.500	0.372	82927.605	1.000	0.628
17	28.800	0.395	82943.250	1.000	0.605
18	28.800	0.419	82943.250	1.000	0.581
19	29.800	0.442	82994.246	1.000	0.558
20	29.800	0.465	82994.246	1.000	0.535
21	30.400	0.488	83024.029	1.000	0.512
22	30.400	0.512	83024.029	1.000	0.488
23	31.000	0.535	83053.230	1.000	0.465
24	31.300	0.558	83067.619	1.000	0.442
25	31.500	0.581	83077.135	1.000	0.419
26	31.600	0.605	83081.870	1.000	0.395
27	31.800	0.628	83091.297	1.000	0.372
28	32.400	0.651	83119.224	1.000	0.349
29	32.500	0.674	83123.828	1.000	0.326
30	32.700	0.698	83132.994	1.000	0.302
31	33.000	0.721	83146.638	1.000	0.279
32	34.100	0.744	83195.628	1.000	0.256
33	34.100	0.767	83195.628	1.000	0.233
34	34.200	0.791	83200.003	1.000	0.209
35	34.600	0.814	83217.376	1.000	0.186
36	35.500	0.837	83255.742	1.000	0.163
37	36.000	0.860	83276.638	1.000	0.140
38	40.100	0.884	83437.782	1.000	0.116
39	40.500	0.907	83452.612	1.000	0.093
40	40.600	0.930	83456.296	1.000	0.070
41	43.700	0.953	83566.229	1.000	0.047
42	44.400	0.977	83589.971	1.000	0.023
Promedio	30.45		α	82999.4	
Desv. Estándar	5.9047		B	0.0007	
Coef. Sesgo	0.4859		Coef. Sesgo	0.0069	
N	42.00		X0	-52.16	
A	0.05		Delta máximo (teórico)		0.977
Delta critico (tabular)	0.208		Dcrit > dmax		No se ajusta
			Mejor ajuste		6

Fuente: Propia

Tabla 47: Distribución Gumbel

Distribución Gumbel					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Y = (X-μ)/α	F(Xm) Gumbel	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Gumbel
1	20.000	0.023	-1.693	0.004	0.019
2	20.100	0.047	-1.671	0.005	0.042
3	22.600	0.070	-1.128	0.046	0.024
4	23.300	0.093	-0.976	0.070	0.023
5	24.000	0.116	-0.824	0.102	0.014
6	24.500	0.140	-0.715	0.129	0.010
7	24.700	0.163	-0.672	0.141	0.022
8	24.700	0.186	-0.672	0.141	0.045
9	24.800	0.209	-0.650	0.147	0.062
10	24.800	0.233	-0.650	0.147	0.085
11	25.400	0.256	-0.520	0.186	0.070
12	25.800	0.279	-0.433	0.214	0.065
13	26.800	0.302	-0.216	0.289	0.013
14	27.000	0.326	-0.172	0.305	0.021
15	28.300	0.349	0.110	0.408	0.059
16	28.500	0.372	0.154	0.424	0.052
17	28.800	0.395	0.219	0.448	0.052
18	28.800	0.419	0.219	0.448	0.029
19	29.800	0.442	0.436	0.524	0.082
20	29.800	0.465	0.436	0.524	0.059
21	30.400	0.488	0.566	0.567	0.078
22	30.400	0.512	0.566	0.567	0.055
23	31.000	0.535	0.697	0.608	0.073
24	31.300	0.558	0.762	0.627	0.069
25	31.500	0.581	0.805	0.640	0.058
26	31.600	0.605	0.827	0.646	0.041
27	31.800	0.628	0.870	0.658	0.030
28	32.400	0.651	1.001	0.692	0.041
29	32.500	0.674	1.022	0.698	0.023
30	32.700	0.698	1.066	0.709	0.011
31	33.000	0.721	1.131	0.724	0.003
32	34.100	0.744	1.370	0.776	0.031
33	34.100	0.767	1.370	0.776	0.008
34	34.200	0.791	1.392	0.780	0.011
35	34.600	0.814	1.479	0.796	0.018
36	35.500	0.837	1.674	0.829	0.008
37	36.000	0.860	1.783	0.845	0.015
38	40.100	0.884	2.673	0.933	0.050
39	40.500	0.907	2.760	0.939	0.032
40	40.600	0.930	2.782	0.940	0.010
41	43.700	0.953	3.455	0.969	0.015
42	44.400	0.977	3.607	0.973	0.004
<b>Promedio</b>	30.45		<b>α</b>	4.6	
<b>Desv. Estándar</b>	5.9047		<b>μ</b>	27.793	
<b>Coef. Sesgo</b>	0.4859				
<b>N</b>	42.00				
<b>A</b>	0.05				
<b>Delta critico (tabular)</b>	0.208		<b>Delta máximo (teórico)</b>		0.085
			<b>Dcrit &gt; dmax</b>		Si se ajusta
			<b>Mejor ajuste</b>		4

Fuente: Propia

Tabla 48: Distribución Log Gumbel

Distribución Log Gumbel					
m	P = X (mm)	P(X) = m/n+1	Y = (Ln(x)-μ)/α	F(Xm) Log Gumbel	[Fs(Xm) - F(Xm) ] Log Gumbel
1	20.000	0.023	-2.098	0.000	0.023
2	20.100	0.047	-2.065	0.000	0.046
3	22.600	0.070	-1.285	0.027	0.043
4	23.300	0.093	-1.082	0.052	0.041
5	24.000	0.116	-0.885	0.089	0.028
6	24.500	0.140	-0.748	0.121	0.019
7	24.700	0.163	-0.694	0.135	0.028
8	24.700	0.186	-0.694	0.135	0.051
9	24.800	0.209	-0.667	0.142	0.067
10	24.800	0.233	-0.667	0.142	0.090
11	25.400	0.256	-0.508	0.190	0.066
12	25.800	0.279	-0.404	0.223	0.056
13	26.800	0.302	-0.151	0.312	0.010
14	27.000	0.326	-0.102	0.330	0.005
15	28.300	0.349	0.211	0.445	0.096
16	28.500	0.372	0.258	0.462	0.090
17	28.800	0.395	0.327	0.486	0.091
18	28.800	0.419	0.327	0.486	0.068
19	29.800	0.442	0.554	0.563	0.121
20	29.800	0.465	0.554	0.563	0.098
21	30.400	0.488	0.687	0.605	0.116
22	30.400	0.512	0.687	0.605	0.093
23	31.000	0.535	0.817	0.643	0.108
24	31.300	0.558	0.881	0.661	0.103
25	31.500	0.581	0.923	0.672	0.091
26	31.600	0.605	0.944	0.678	0.073
27	31.800	0.628	0.986	0.689	0.061
28	32.400	0.651	1.111	0.719	0.068
29	32.500	0.674	1.131	0.724	0.050
30	32.700	0.698	1.172	0.734	0.036
31	33.000	0.721	1.233	0.747	0.026
32	34.100	0.744	1.451	0.791	0.047
33	34.100	0.767	1.451	0.791	0.024
34	34.200	0.791	1.470	0.795	0.004
35	34.600	0.814	1.548	0.808	0.006
36	35.500	0.837	1.718	0.836	0.001
37	36.000	0.860	1.811	0.849	0.011
38	40.100	0.884	2.529	0.923	0.040
39	40.500	0.907	2.595	0.928	0.021
40	40.600	0.930	2.611	0.929	0.001
41	43.700	0.953	3.101	0.956	0.002
42	44.400	0.977	3.206	0.960	0.016
Promedio	30.45		α	0.150	
Desv. Estándar	5.9047		μ	3.311	
Coef. Sesgo	0.4859				
N	42.00				
A	0.05				
Delta critico (tabular)	0.208				
			Delta máximo (teórico)		0.121
			Dcrit > dmax		Si se ajusta
			Mejor ajuste		5

Fuente: Propia

Tabla 49: Bondad de Ajuste de Precipitación Máxima en 24 Horas

Prueba estadística	Estimación de parámetros	Nivel de significancia $\alpha$	Delta tabular $\Delta_o$	Modelo probabilístico	Delta teórico $\Delta$	Resultado	Prioridad
Smirnov - Kolmogorov	Momentos	5%	0.208	Normal	0.065	Se ajusta	2
				Log Normal	0.067	Se ajusta	3
				<b>Pearson Tipo III</b>	<b>0.064</b>	<b>Se ajusta</b>	<b>1</b>
				Log Pearson Tipo III	0.977	No se ajusta	6
				Gumbel	0.085	Se ajusta	4
				Log Gumbel	0.121	Se ajusta	5

Fuente: Propia

#### 4.13. PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Una vez elegido el modelo adecuado (Pearson Tipo III), se determinó la precipitación máxima en 24 horas para periodos de retorno de 10, 50, 100, 250, 500 y 1000 años en la estación Sicuani, mediante el software Hidroesta 2.0, posteriormente se le aplicó un factor de corrección o ajuste.

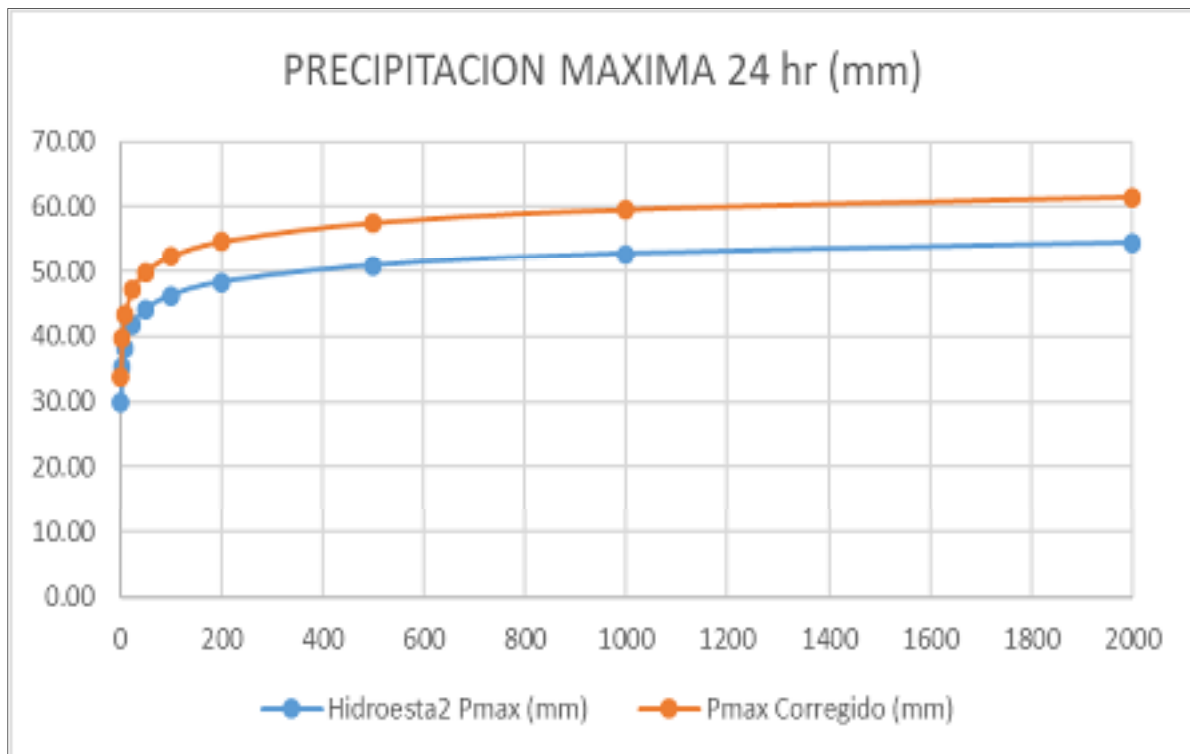
Tabla 50: Precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno

Periodo de retorno T (años)	Hidroesta2 - Precipitación máxima (mm)	Precipitación máxima Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia
2	29.97	<b>33.87</b>	50.000%
5	35.23	<b>39.81</b>	80.000%
10	38.26	<b>43.23</b>	90.000%
25	41.71	<b>47.13</b>	96.000%
50	44.05	<b>49.78</b>	98.000%
100	46.25	<b>52.26</b>	99.000%
200	48.30	<b>54.58</b>	99.500%
500	50.88	<b>57.49</b>	99.800%
1000	52.71	<b>59.56</b>	99.900%
2000	54.43	<b>61.51</b>	99.950%

Fuente: Propia



Gráfico 17: Precipitaciones diarias máximas probables para distintos periodos de retorno



Fuente: Propia

Tabla 51: Factor de ajuste

Número de intervalo de observación	Relación
1	1.13
2	1.04
3 – 4	1.03
5 – 8	1.02
9 – 24	1.01

Fuente: Hidrología para ingenieros (Linsley, Kohler y Paulhus)

#### 4.14. INTENSIDAD DE LLUVIA

El modelo de Dick Peshcke (Guevara, 1991) relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas (ec. 106).

Para el cálculo de la intensidad ( $I_{max}$ ), es una tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h) (ec. 107).

A continuación, se muestran las alturas de lluvia máxima e intensidades para diferentes períodos de retorno y diferentes tiempos de duración.

Tabla 52: Lluvias máximas para diferentes tiempos de duración y periodos de retorno

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)								
	33.87	39.81	43.23	47.13	49.78	52.26	54.58	57.49	59.56
	Periodo de Retorno (Años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
Precipitación Máxima en Duración D (mm)									
5	8.22	9.66	10.49	11.44	12.08	12.69	13.25	13.96	14.46
10	9.78	11.49	12.48	13.60	14.37	15.09	15.76	16.60	17.19
15	10.82	12.72	13.81	15.06	15.90	16.70	17.44	18.37	19.03
20	11.63	13.67	14.84	16.18	17.09	17.94	18.74	19.74	20.45
30	12.87	15.12	16.42	17.90	18.91	19.86	20.74	21.84	22.63
60	15.30	17.99	19.53	21.29	22.49	23.61	24.66	25.98	26.91
120	18.20	21.39	23.23	25.32	26.75	28.08	29.32	30.89	32.00
180	20.14	23.67	25.71	28.02	29.60	31.08	32.45	34.19	35.42
240	21.64	25.44	27.62	30.11	31.81	33.39	34.87	36.74	38.06
300	22.88	26.90	29.21	31.84	33.63	35.31	36.87	38.84	40.24
360	23.95	28.15	30.57	33.32	35.20	36.96	38.59	40.65	42.12
420	24.89	29.26	31.77	34.63	36.58	38.41	40.11	42.25	43.77
480	25.74	30.25	32.85	35.81	37.83	39.71	41.47	43.69	45.26
540	26.50	31.15	33.83	36.88	38.96	40.90	42.71	44.99	46.61
600	27.21	31.98	34.73	37.86	40.00	41.99	43.85	46.19	47.85
660	27.87	32.76	35.57	38.78	40.96	43.00	44.91	47.31	49.01
720	28.48	33.48	36.35	39.63	41.86	43.95	45.90	48.35	50.09
780	29.06	34.15	37.09	40.43	42.71	44.84	46.82	49.32	51.10
840	29.60	34.79	37.78	41.19	43.51	45.67	47.70	50.25	52.05
900	30.12	35.40	38.44	41.90	44.26	46.47	48.53	51.12	52.96
960	30.61	35.97	39.06	42.58	44.98	47.22	49.32	51.95	53.82
1020	31.07	36.52	39.66	43.23	45.67	47.95	50.07	52.75	54.64
1080	31.52	37.05	40.23	43.86	46.33	48.64	50.79	53.50	55.43
1140	31.95	37.55	40.78	44.45	46.96	49.30	51.48	54.23	56.18
1200	32.36	38.04	41.30	45.03	47.56	49.93	52.15	54.93	56.91
1260	32.76	38.50	41.81	45.58	48.15	50.55	52.79	55.61	57.61
1320	33.14	38.95	42.30	46.11	48.71	51.14	53.40	56.26	58.28
1380	33.51	39.39	42.77	46.63	49.25	51.71	54.00	56.89	58.93
<b>1440</b>	<b>33.87</b>	<b>39.81</b>	<b>43.23</b>	<b>47.13</b>	<b>49.78</b>	<b>52.26</b>	<b>54.58</b>	<b>57.49</b>	<b>59.56</b>

Fuente: Propia

Tabla 53: Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno

Duración (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (Años)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
		Intensidad Máxima (mm/hr)								
0.08	5	98.66	115.96	125.93	137.28	145.01	152.24	158.99	167.48	173.50
0.17	10	58.66	68.95	74.88	81.63	86.22	90.52	94.53	99.58	103.16
0.25	15	43.28	50.87	55.24	60.22	63.61	66.79	69.75	73.47	76.11
0.33	20	34.88	41.00	44.52	48.53	51.27	53.82	56.21	59.21	61.34
0.50	30	25.74	30.25	32.85	35.81	37.83	39.71	41.47	43.69	45.26
1.00	60	15.30	17.99	19.53	21.29	22.49	23.61	24.66	25.98	26.91
2.00	120	9.10	10.69	11.61	12.66	13.37	14.04	14.66	15.45	16.00
3.00	180	6.71	7.89	8.57	9.34	9.87	10.36	10.82	11.40	11.81
4.00	240	5.41	6.36	6.91	7.53	7.95	8.35	8.72	9.18	9.51
5.00	300	4.58	5.38	5.84	6.37	6.73	7.06	7.37	7.77	8.05
6.00	360	3.99	4.69	5.09	5.55	5.87	6.16	6.43	6.78	7.02
7.00	420	3.56	4.18	4.54	4.95	5.23	5.49	5.73	6.04	6.25
8.00	480	3.22	3.78	4.11	4.48	4.73	4.96	5.18	5.46	5.66
9.00	540	2.94	3.46	3.76	4.10	4.33	4.54	4.75	5.00	5.18
10.00	600	2.72	3.20	3.47	3.79	4.00	4.20	4.39	4.62	4.79
11.00	660	2.53	2.98	3.23	3.53	3.72	3.91	4.08	4.30	4.46
12.00	720	2.37	2.79	3.03	3.30	3.49	3.66	3.82	4.03	4.17
13.00	780	2.24	2.63	2.85	3.11	3.29	3.45	3.60	3.79	3.93
14.00	840	2.11	2.49	2.70	2.94	3.11	3.26	3.41	3.59	3.72
15.00	900	2.01	2.36	2.56	2.79	2.95	3.10	3.24	3.41	3.53
16.00	960	1.91	2.25	2.44	2.66	2.81	2.95	3.08	3.25	3.36
17.00	1020	1.83	2.15	2.33	2.54	2.69	2.82	2.95	3.10	3.21
18.00	1080	1.75	2.06	2.24	2.44	2.57	2.70	2.82	2.97	3.08
19.00	1140	1.68	1.98	2.15	2.34	2.47	2.59	2.71	2.85	2.96
20.00	1200	1.62	1.90	2.07	2.25	2.38	2.50	2.61	2.75	2.85
21.00	1260	1.56	1.83	1.99	2.17	2.29	2.41	2.51	2.65	2.74
22.00	1320	1.51	1.77	1.92	2.10	2.21	2.32	2.43	2.56	2.65
23.00	1380	1.46	1.71	1.86	2.03	2.14	2.25	2.35	2.47	2.56
24.00	1440	1.41	1.66	1.80	1.96	2.07	2.18	2.27	2.40	2.48

Fuente: Propia

Normalmente la duración de la lluvia de diseño considerada es igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ) para el área de drenaje en estudio, debido a que al cabo de dicha duración la escorrentía alcanza su valor pico, ya que toda el área aportante contribuye al flujo en la salida.

#### 4.15. CURVAS I-D-F

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado mediante la ecuación 109a. Para el desarrollo de los logaritmos se emplea la ecuación 110a. Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de los datos existentes mediante regresión múltiple (ver Anexo E)

Tabla 54: Resultados del Análisis de regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.99959	$I = \frac{335.072 \times T^{0.0860}}{D^{0.750}}$	Donde:	i = mm/h T = años D = minutos
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.99917			
R <sup>2</sup> ajustado	0.99917			
Observaciones	315			
Log (K)	2.52514			
K	335.0721			
m	0.08600			
n	-0.75000			

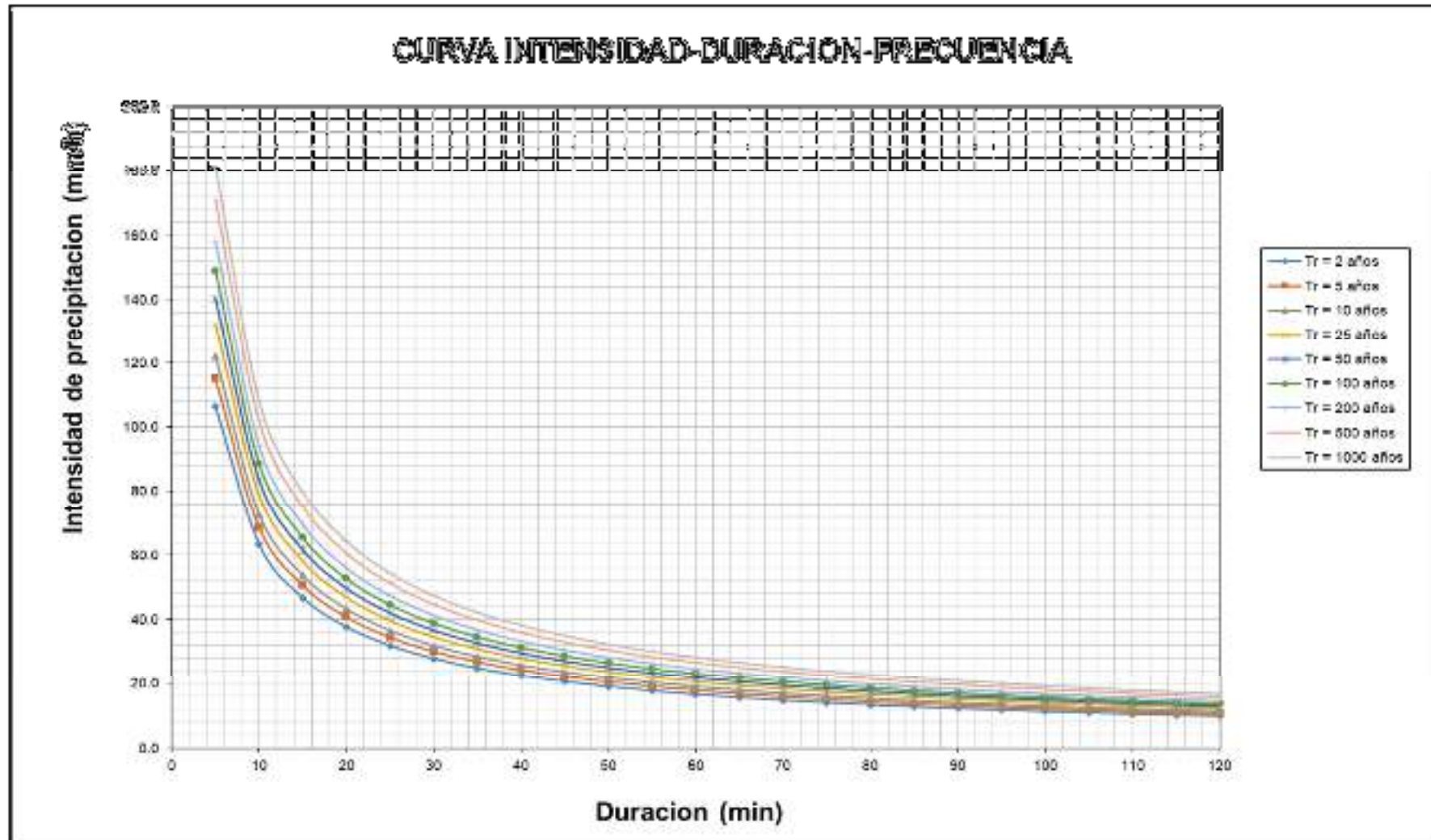
Fuente: Propia

Tabla 55: Datos de curvas I-D-F

Intensidades Máximas (mm/hr) - Estación Sicuani									
			K =	335.072	$I = \frac{335.072 \times T^{0.0860}}{D^{0.750}}$				
			m =	0.0860					
			n =	0.750					
Duración	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 25	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 500	Tr = 1000
5	106.37	115.09	122.16	132.17	140.29	148.91	158.05	171.01	181.52
10	63.25	68.43	72.63	78.59	83.42	88.54	93.98	101.68	107.93
15	46.66	50.49	53.59	57.98	61.54	65.32	69.34	75.02	79.63
20	37.61	40.69	43.19	46.73	49.60	52.65	55.88	60.46	64.18
25	31.81	34.42	36.53	39.53	41.96	44.53	47.27	51.14	54.29
30	27.75	30.02	31.86	34.48	36.59	38.84	41.23	44.61	47.35
35	24.72	26.74	28.38	30.71	32.60	34.60	36.73	39.74	42.18
40	22.36	24.19	25.68	27.79	29.49	31.30	33.23	35.95	38.16
45	20.47	22.15	23.51	25.44	27.00	28.66	30.42	32.91	34.93
50	18.91	20.47	21.72	23.50	24.95	26.48	28.11	30.41	32.28
55	17.61	19.05	20.22	21.88	23.23	24.65	26.17	28.31	30.05
60	16.50	17.85	18.95	20.50	21.76	23.10	24.51	26.52	28.15
65	15.54	16.81	17.84	19.31	20.49	21.75	23.09	24.98	26.51
70	14.70	15.90	16.88	18.26	19.38	20.57	21.84	23.63	25.08
75	13.96	15.10	16.03	17.34	18.41	19.54	20.74	22.44	23.81
80	13.30	14.39	15.27	16.52	17.54	18.61	19.76	21.38	22.69
85	12.70	13.75	14.59	15.79	16.76	17.79	18.88	20.43	21.68
90	12.17	13.17	13.98	15.12	16.05	17.04	18.09	19.57	20.77
95	11.69	12.65	13.42	14.52	15.42	16.36	17.37	18.79	19.95
100	11.25	12.17	12.92	13.98	14.83	15.74	16.71	18.08	19.19
105	10.84	11.73	12.45	13.47	14.30	15.18	16.11	17.43	18.50
110	10.47	11.33	12.03	13.01	13.81	14.66	15.56	16.83	17.87
115	10.13	10.96	11.63	12.58	13.36	14.18	15.05	16.28	17.28
120	9.81	10.61	11.27	12.19	12.94	13.73	14.58	15.77	16.74

Fuente: Propia

Gráfico 18: Curvas I-D-F



Fuente: Propia

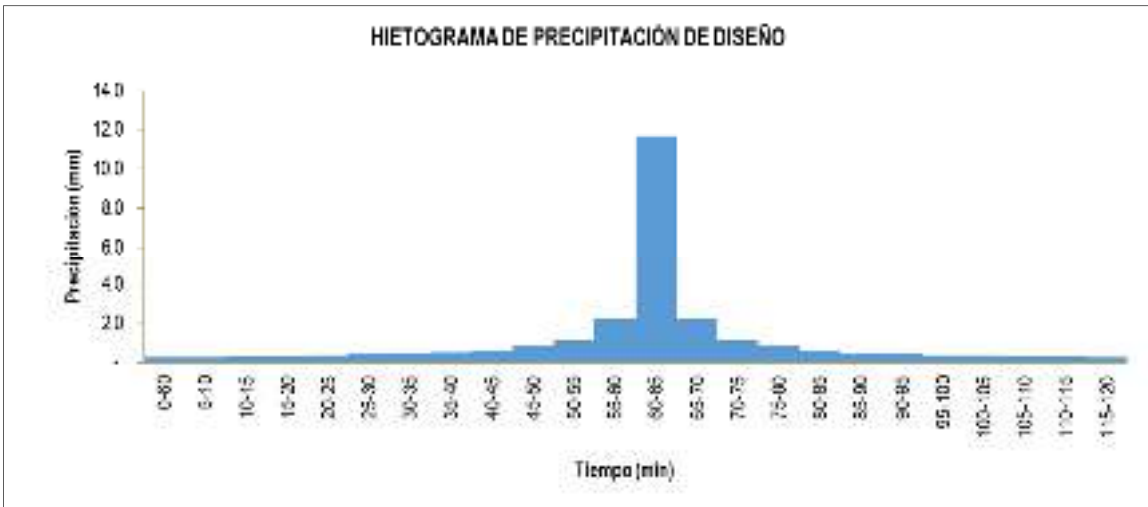
#### 4.16. HIETOGRAMA DE BLOQUE ALTERNO

Tabla 58: Intensidad máxima y precipitación – Tiempo de retorno 50 años

Hietograma de precipitación de diseño					
K =		335.072		$I = \frac{335.072 \times T^{0.0860}}{D^{0.750}}$	
T =		50			
m =		0.0860			
n =		0.750			
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)	Profundidad acumulada (mm)	Profundidad incremental (mm)	Tiempo (min)	Precipitación (mm)
5	140.29	11.69	11.69	0-60	0.27
10	83.42	13.90	2.21	5-10	0.29
15	61.54	15.39	1.48	10-15	0.32
20	49.60	16.53	1.15	15-20	0.34
25	41.96	17.48	0.95	20-25	0.37
30	36.59	18.30	0.82	25-30	0.42
35	32.60	19.02	0.72	30-35	0.47
40	29.49	19.66	0.65	35-40	0.54
45	27.00	20.25	0.59	40-45	0.65
50	24.95	20.79	0.54	45-50	0.82
55	23.23	21.29	0.50	50-55	1.15
60	21.76	21.76	0.47	55-60	2.21
65	20.49	22.20	0.44	60-65	11.69
70	19.38	22.61	0.42	65-70	2.21
75	18.41	23.01	0.39	70-75	1.15
80	17.54	23.38	0.37	75-80	0.82
85	16.76	23.74	0.36	80-85	0.65
90	16.05	24.08	0.34	85-90	0.50
95	15.42	24.41	0.33	90-95	0.44
100	14.83	24.72	0.32	95-100	0.39
105	14.30	25.03	0.30	100-105	0.36
110	13.81	25.32	0.29	105-110	0.33
115	13.36	25.60	0.28	110-115	0.30
120	12.94	25.88	0.27	115-120	0.28

Fuente: Propia

Gráfico 19: Hietograma de precipitación de diseño – Tiempo de retorno 50 años



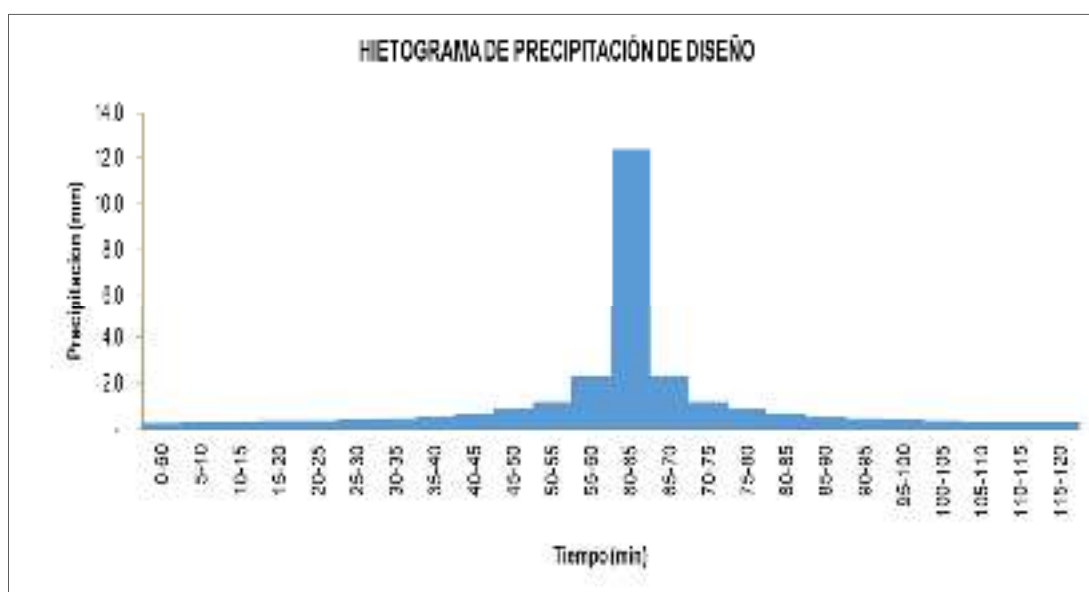
Fuente: Propia

Tabla 57: Intensidad máxima y precipitación – Tiempo de retorno 100 años

Hietograma de precipitación de diseño					
K =		335.072		$I = \frac{335.072 \times T^{0.0860}}{D^{0.750}}$	
T =		100			
m =		0.0860			
n =		0.750			
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)	Profundidad acumulada (mm)	Profundidad incremental (mm)	Tiempo (min)	Precipitación (mm)
5	148.91	12.41	12.41	0-60	0.29
10	88.54	14.76	2.35	5-10	0.31
15	65.32	16.33	1.57	10-15	0.33
20	52.65	17.55	1.22	15-20	0.36
25	44.53	18.56	1.01	20-25	0.40
30	38.84	19.42	0.87	25-30	0.44
35	34.60	20.18	0.76	30-35	0.50
40	31.30	20.87	0.69	35-40	0.57
45	28.66	21.49	0.62	40-45	0.69
50	26.48	22.07	0.57	45-50	0.87
55	24.65	22.60	0.53	50-55	1.22
60	23.10	23.10	0.50	55-60	2.35
65	21.75	23.56	0.47	60-65	12.41
70	20.57	24.00	0.44	65-70	2.35
75	19.54	24.42	0.42	70-75	1.22
80	18.61	24.82	0.40	75-80	0.87
85	17.79	25.20	0.38	80-85	0.69
90	17.04	25.56	0.36	85-90	0.53
95	16.36	25.91	0.35	90-95	0.47
100	15.74	26.24	0.33	95-100	0.42
105	15.18	26.56	0.32	100-105	0.38
110	14.66	26.87	0.31	105-110	0.35
115	14.18	27.17	0.30	110-115	0.32
120	13.73	27.47	0.29	115-120	0.30

Fuente: Propia

Gráfico 20: Hietograma de precipitación de diseño – Tiempo de retorno 100 años



Fuente: Propia

#### **4.17. RIESGO DE EXCEDENCIA Y CAUDAL DE DISEÑO**

La selección del caudal máximo de diseño está relacionada con la frecuencia de ocurrencia de dicho caudal; esta frecuencia puede definirse por medio del periodo de retorno, aumentando el valor del caudal conforme aumenta el periodo de retorno.

El dimensionamiento de diferentes estructuras de drenaje incluye ineludiblemente la consideración de riesgos. Estos tipos de estructuras pueden fallar si la magnitud correspondiente al periodo de retorno de diseño se excede durante la vida útil de la estructura. La probabilidad de riesgo de excedencia para la estructura dependerá del periodo de retorno y de la vida útil de la obra proyectada.

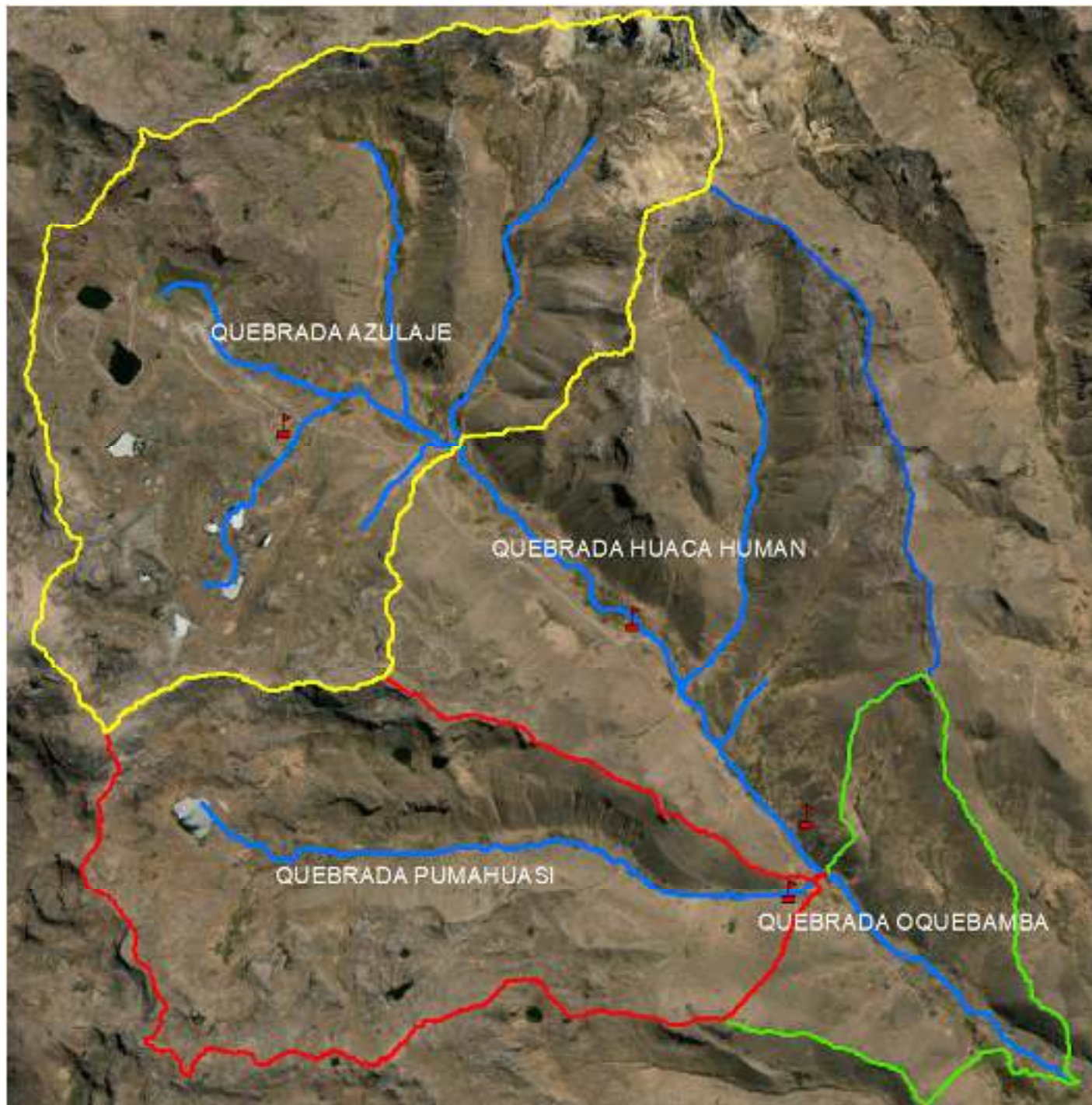
La magnitud del caudal de diseño, está relacionado directamente con el periodo de retorno que se le asigne, y también depende así mismo de la importancia, tipo y vida útil de una obra hidráulica. Existe una gran variedad de métodos empíricos, pero debido a su sencillez, pueden provocar grandes errores, ya que difiere con el proceso de escurrimiento. Para estudio se ha utilizado el método de Mac Math.



## CAPITULO V: RESULTADOS

### 5.1. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA

Figura 16: Sub-delimitación de la microcuenca del Rio Huayllumayo.



Fuente: Propia

Tabla 58: Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Huayllumayo

Parámetros		Unidad de medida	Quebrada Azulaje	Quebrada Huaca Human	Quebrada Pumahuasi	Quebrada Oquebamba
PARAMETROS DE FORMA	Área de la cuenca	Km <sup>2</sup>	21.06	15.78	13.29	4.74
	Perímetro de la cuenca	Km	26.25	22.03	22.11	14.24
	Ancho promedio de la cuenca	Km	5.80	2.80	2.24	1.55
	Factor de forma	-	1.60	0.50	0.38	0.50
	Coeficiente de compacidad	-	1.60	1.55	1.70	1.83
PARAMETROS DE RELIEVE	Altitud media de la cuenca	m.s.n.m.	4,670.00	4,558.50	4,578.00	4,426.00
	Altitud máxima	m.s.n.m.	4,966.00	4,882.00	4,921.00	4,701.00
	Altitud mínima	m.s.n.m.	4,374.00	4,235.00	4,235.00	4,151.00
	Pendiente media de la cuenca					
	Equidistancia de curvas	Km	0.05	0.05	0.05	0.05
	Longitud de curvas	Km	140.01	122.08	86.06	28.82
	Pendiente media	%	33.24%	38.68%	32.38%	30.42%
	Coeficiente orográfico	-	1.04	1.32	1.58	4.14
PARAMETROS DE RED HIDROGRAFICA	Tipo de corriente	-	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
	Longitud de máximo recorrido	Km	3.63	5.63	5.93	3.06
	Longitud total de los cursos de agua	Km	13.02	9.59	5.93	3.06
	Densidad de drenaje	Km/Km <sup>2</sup>	0.17	0.36	0.45	0.65
	Cotas del cauce principal					
	Altitud máxima	m.s.n.m.	4,710.00	4,571.00	4,672.00	4,234.00
	Altitud mínima	m.s.n.m.	4,375.00	4,295.00	4,235.00	4,151.00
	Pendiente media del cauce principal	m/m	0.092	0.049	0.074	0.027
	Tiempo de concentración					
	Temes	hora	1.26	1.98	1.91	1.39
	Kirpich	hora	0.45	0.80	0.71	0.63
	Promedio	hora	0.85	1.39	1.31	1.01

Fuente: Propia

## 5.2. CURVAS HIPSOMÉTRICAS Y FRECUENCIAS DE ALTITUDES

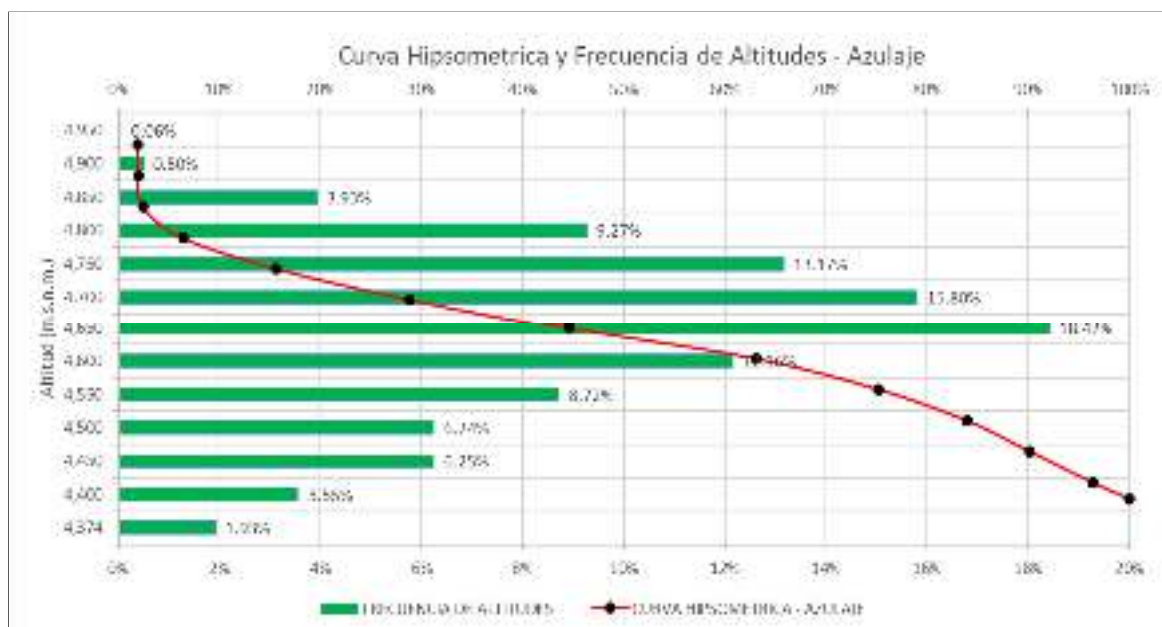
### AZULAJE

Tabla 59: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Azulaje

Curva hipsométrica - Azulaje										
Área Nº	Altitud		Altitud promedio (m.s.n.m.)	Área parcial (Km²)	Área por debajo (Km²)	Área por encima (Km²)	Área por debajo (%)	Área por encima (%)	Área acumulada debajo (%)	Área acumulada encima (%)
	Menor	Mayor								
1	4374	4400	4387.0	0.405846	0.41	21.06	1.93%	100.00%	1.93%	100.00%
2	4400	4450	4425.0	0.748471	1.15	20.31	3.55%	96.45%	5.48%	96.45%
3	4450	4500	4475.0	1.316011	2.47	18.99	6.25%	90.20%	11.73%	90.20%
4	4500	4550	4525.0	1.314586	3.78	17.68	6.24%	83.95%	17.98%	83.95%
5	4550	4600	4575.0	1.835252	5.62	15.84	8.72%	75.24%	26.69%	75.24%
6	4600	4650	4625.0	2.559443	8.18	13.28	12.16%	63.08%	38.85%	63.08%
7	4650	4700	4675.0	3.878617	12.06	9.40	18.42%	44.66%	57.27%	44.66%
8	4700	4750	4725.0	3.327338	15.39	6.08	15.80%	28.86%	73.07%	28.86%
9	4750	4800	4775.0	2.772198	18.16	3.30	13.17%	15.69%	86.24%	15.69%
10	4800	4850	4825.0	1.952304	20.11	1.35	9.27%	6.42%	95.51%	6.42%
11	4850	4900	4875.0	0.827112	20.94	0.52	3.93%	2.49%	99.44%	2.49%
12	4900	4950	4925.0	0.105633	21.04	0.42	0.50%	1.99%	99.94%	1.99%
13	4950	4966	4958.0	0.012686	8.19	13.27	0.06%	1.93%	100.00%	1.93%
Área total (Km²)				21.06						

Fuente: Propia

Gráfico 21: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Quebrada Azulaje



Fuente: Propia

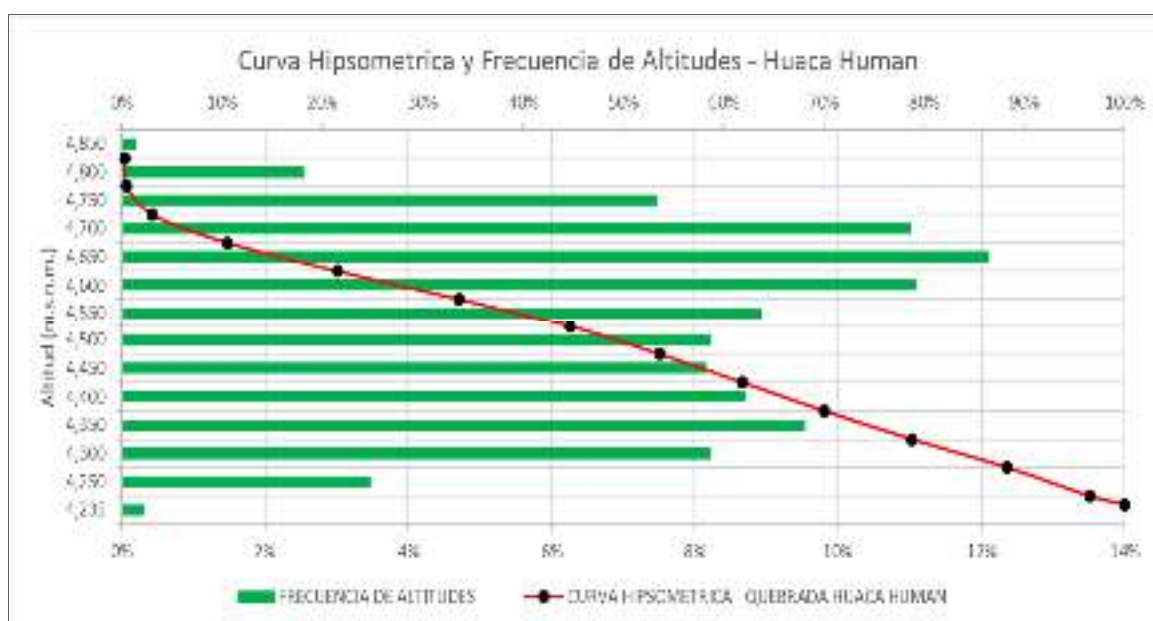
## HUACA HUMAN

Tabla 60: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Huaca Human

Curva hipsométrica - Quebrada Huaca Human										
Área Nº	Altitud		Altitud promedio (m.s.n.m.)	Área parcial (Km²)	Área por debajo (Km²)	Área por encima (Km²)	Área por debajo (%)	Área por encima (%)	Área acumulada debajo (%)	Área acumulada encima (%)
	Menor	Mayor								
1	4235	4250	4242.5	0.05	0.05	15.78	0.32%	100.00%	0.32%	100.00%
2	4250	4300	4275.0	0.55	0.60	15.23	3.47%	96.53%	3.80%	96.53%
3	4300	4350	4325.0	1.30	1.90	13.94	8.21%	88.31%	12.01%	88.31%
4	4350	4400	4375.0	1.51	3.40	12.43	9.54%	78.77%	21.55%	78.77%
5	4400	4450	4425.0	1.37	4.78	11.06	8.71%	70.06%	30.26%	70.06%
6	4450	4500	4475.0	1.29	6.06	9.77	8.17%	61.90%	38.43%	61.90%
7	4500	4550	4525.0	1.30	7.36	8.47	8.23%	53.66%	46.66%	53.66%
8	4550	4600	4575.0	1.41	8.77	7.06	8.93%	44.74%	55.59%	44.74%
9	4600	4650	4625.0	1.75	10.52	5.31	11.10%	33.64%	66.68%	33.64%
10	4650	4700	4675.0	1.91	12.43	3.40	12.10%	21.54%	78.78%	21.54%
11	4700	4750	4725.0	1.74	14.17	1.66	11.01%	10.53%	89.79%	10.53%
12	4750	4800	4775.0	1.18	15.35	0.48	7.47%	3.06%	97.26%	3.06%
13	4800	4850	4825.0	0.40	15.75	0.08	2.54%	0.52%	99.80%	0.52%
14	4850	4882	4866.0	0.03	15.78	0.05	0.20%	0.32%	100.00%	0.32%
Área total (Km²)				15.78						

Fuente: Propia

Gráfico 22: Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes – Quebrada Huaca Human



Fuente: Propia



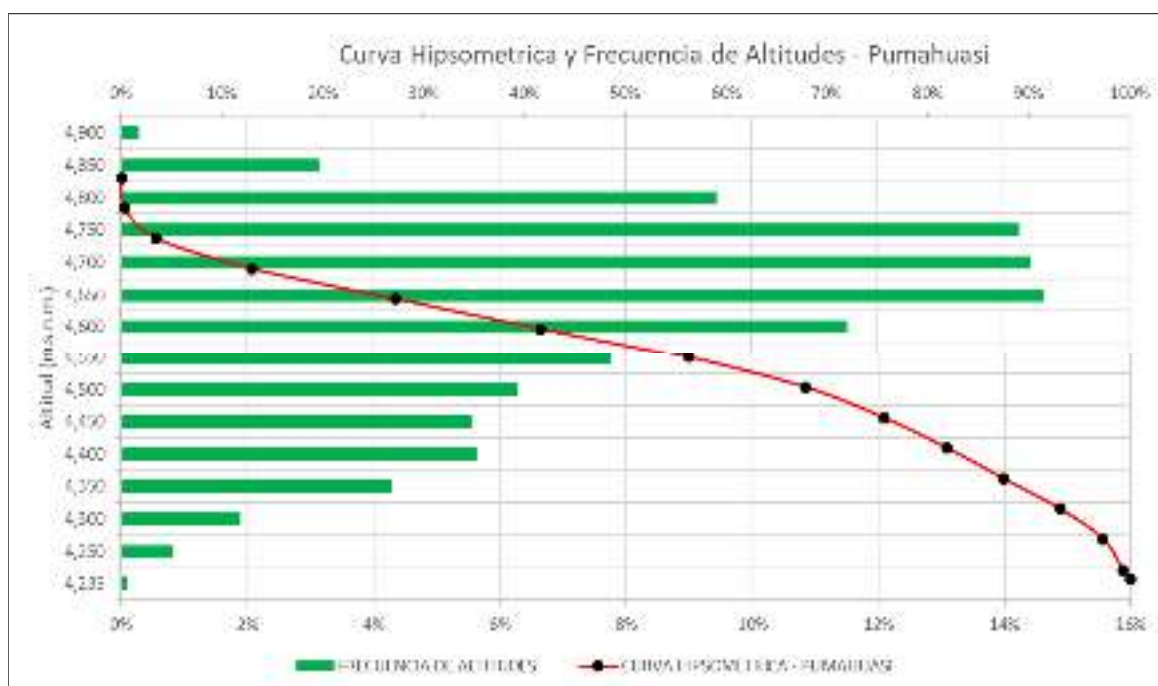
## PUMAHUASI

Tabla 61: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Pumahuasi

Curva hipsométrica - Pumahuasi										
Área Nº	Altitud		Altitud promedio (m.s.n.m.)	Área parcial (Km <sup>2</sup> )	Área por debajo (Km <sup>2</sup> )	Área por encima (Km <sup>2</sup> )	Área por debajo (%)	Área por encima (%)	Área acumulada debajo (%)	Área acumulada encima (%)
	Menor	Mayor								
1	4235	4250	4242.5	0.01	0.01	13.28	0.10%	100.00%	0.10%	100.00%
2	4250	4300	4275.0	0.11	0.12	13.18	0.81%	99.19%	0.91%	99.19%
3	4300	4350	4325.0	0.25	0.37	12.93	1.89%	97.30%	2.80%	97.30%
4	4350	4400	4375.0	0.57	0.94	12.36	4.29%	93.01%	7.09%	93.01%
5	4400	4450	4425.0	0.75	1.69	11.61	5.64%	87.38%	12.72%	87.38%
6	4450	4500	4475.0	0.74	2.43	10.87	5.56%	81.81%	18.29%	81.81%
7	4500	4550	4525.0	0.83	3.26	10.03	6.27%	75.54%	24.56%	75.54%
8	4550	4600	4575.0	1.03	4.29	9.01	7.75%	67.79%	32.31%	67.79%
9	4600	4650	4625.0	1.53	5.82	7.48	11.52%	56.27%	43.83%	56.27%
10	4650	4700	4675.0	1.94	7.77	5.53	14.64%	41.63%	58.47%	41.63%
11	4700	4750	4725.0	1.92	9.68	3.62	14.42%	27.21%	72.88%	27.21%
12	4750	4800	4775.0	1.89	11.57	1.72	14.23%	12.98%	87.12%	12.98%
13	4800	4850	4825.0	1.26	12.83	0.47	9.45%	3.53%	96.57%	3.53%
14	4850	4900	4875.0	0.42	13.25	0.05	3.14%	0.39%	99.71%	0.39%
15	4900	4921	4910.5	0.04	13.28	0.01	0.29%	0.10%	100.00%	0.10%
Área total (Km <sup>2</sup> )				13.28						

Fuente: Propia

Gráfico 23: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Quebrada Pumahuasi



Fuente: Propia

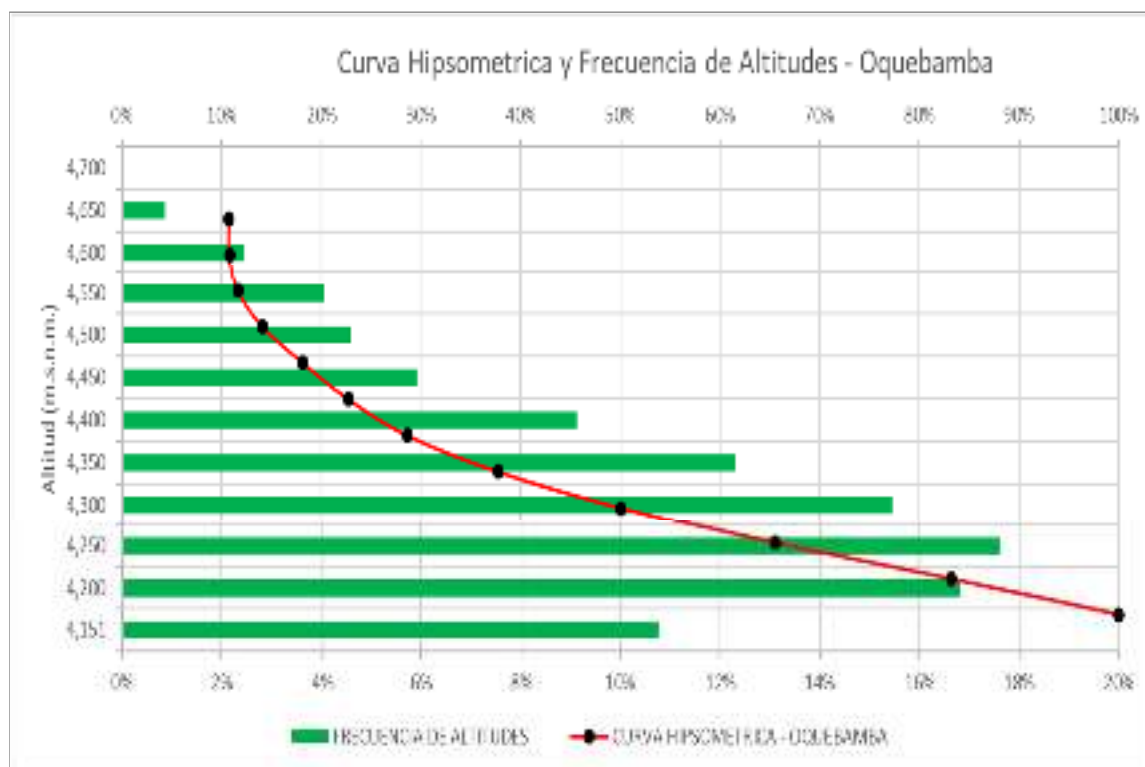
## OQUEBAMBA

Tabla 62: Altitudes y áreas parciales – Quebrada Oquebamba

Curva hipsométrica - Oquebamba										
Área Nº	Altitud		Altitud promedio (m.s.n.m.)	Área parcial (Km <sup>2</sup> )	Área por debajo (Km <sup>2</sup> )	Área por encima (Km <sup>2</sup> )	Área por debajo (%)	Área por encima (%)	Área acumulada debajo (%)	Área acumulada encima (%)
	Menor	Mayor								
1	4151	4200	4175.5	0.51	0.51	4.73	10.76%	100.00%	10.76%	100.00%
2	4200	4250	4225.0	0.80	1.31	3.94	16.83%	83.17%	27.59%	83.17%
3	4250	4300	4275.0	0.83	2.14	3.10	17.63%	65.53%	45.22%	65.53%
4	4300	4350	4325.0	0.73	2.87	2.37	15.45%	50.09%	60.67%	50.09%
5	4350	4400	4375.0	0.58	3.45	1.79	12.30%	37.79%	72.97%	37.79%
6	4400	4450	4425.0	0.43	3.89	1.36	9.13%	28.65%	82.10%	28.65%
7	4450	4500	4475.0	0.28	4.17	1.08	5.92%	22.73%	88.03%	22.73%
8	4500	4550	4525.0	0.22	4.38	0.86	4.58%	18.15%	92.60%	18.15%
9	4550	4600	4575.0	0.19	4.58	0.67	4.07%	14.09%	96.67%	14.09%
10	4600	4650	4625.0	0.12	4.69	0.55	2.45%	11.64%	99.12%	11.64%
11	4650	4700	4675.0	0.04	4.73	0.51	0.87%	10.76%	99.99%	10.76%
12	4700	4701	4700.5	0.00	4.73	0.51	0.01%	10.76%	100.00%	10.76%
Área total (Km <sup>2</sup> )				4.73						

Fuente: Propia

Gráfico 24: Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes – Oquebamba



Fuente: Propia

### 5.3. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA COMPLETA Y CORREGIDA

#### Temperatura

Tabla 63: Temperatura media mensual – Estación Yauri

Temperatura media mensual (°C) - Estación Yauri												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1992	9.80	9.63	9.65	8.89	6.79	5.00	4.20	5.10	8.60	9.30	10.10	10.60
1993	9.10	9.40	9.50	9.00	6.70	3.80	5.20	5.60	8.30	9.60	10.00	10.00
1994	10.00	9.60	9.40	9.00	7.00	4.50	4.50	6.20	8.50	10.50	10.90	10.70
1995	10.10	9.60	9.40	9.20	7.10	4.80	5.40	7.20	9.10	10.80	11.00	9.90
1996	9.40	9.70	10.10	9.60	7.30	4.20	4.90	6.50	8.40	10.30	9.80	9.30
1997	9.20	9.00	8.80	7.90	6.50	4.50	5.20	6.20	9.40	10.90	11.30	11.50
1998	11.50	11.60	11.40	10.30	7.00	5.70	5.30	7.50	9.30	10.40	10.90	10.90
1999	10.50	9.30	9.40	8.10	7.40	4.70	4.60	7.10	8.20	9.50	10.60	10.00
2000	9.20	9.00	9.20	9.40	7.60	5.10	5.00	7.30	9.30	9.10	11.10	9.50
2001	8.60	9.30	9.50	8.80	7.20	5.90	5.20	5.90	9.60	10.50	12.10	10.90
2002	10.40	9.60	10.10	8.80	7.20	5.50	4.40	6.20	8.30	9.50	10.90	10.40
2003	10.40	9.70	9.50	8.60	6.50	3.60	4.80	5.80	7.40	9.70	10.60	10.30
2004	9.60	9.40	9.50	8.50	5.90	4.10	4.20	5.80	8.60	10.40	11.10	10.40
2005	9.80	9.40	10.10	9.00	6.00	3.70	5.20	5.60	8.60	9.90	10.60	10.10
2006	9.20	10.00	9.60	8.90	5.50	4.50	4.00	6.90	8.20	10.40	10.30	10.90
2007	10.10	9.70	9.20	9.10	7.60	5.30	4.90	7.00	8.60	10.20	10.30	10.00
2008	9.30	9.00	8.90	8.10	5.30	5.20	5.30	6.40	8.40	9.90	11.80	10.10
2009	9.50	9.80	9.50	8.90	6.70	4.00	5.20	6.00	9.20	11.10	10.80	10.60
2010	9.80	10.40	10.50	9.40	7.40	6.50	5.50	7.60	9.70	10.70	11.30	10.30
2011	10.90	9.70	9.90	9.00	7.10	5.20	4.70	6.39	8.80	9.80	11.30	10.10
2012	9.80	9.10	9.20	8.90	6.20	4.80	4.60	6.00	8.80	10.90	11.50	9.70
2013	9.50	9.40	10.00	8.40	7.40	4.90	5.00	6.10	8.60	10.10	11.50	9.80
2014	9.70	9.80	9.50	8.60	6.70	6.00	5.40	6.60	8.80	9.90	10.80	10.30
2015	9.91	9.93	10.12	8.75	7.38	6.02	4.76	6.49	8.88	9.83	11.69	9.97
2016	11.33	10.91	11.15	8.98	7.17	5.08	5.36	6.71	9.04	9.94	10.41	10.53
2017	9.52	10.15	9.46	8.97	7.61	5.47	5.33	6.7	8.97	9.77	10.89	10.38
2018	9.32	9.78	9.43	8.2	6.05	4.92	4.88	5.9	7.86	9.48	10.77	10.12
2019	9.8	9.72	9.73	8.96	7.11	6.23	6.16	7.22	9.62	9.87	10.86	10.38
<b>T° Prom</b>	<b>9.83</b>	<b>9.70</b>	<b>9.71</b>	<b>8.87</b>	<b>6.84</b>	<b>4.97</b>	<b>4.97</b>	<b>6.43</b>	<b>8.75</b>	<b>10.08</b>	<b>10.90</b>	<b>10.27</b>

Fuente: Propia

Tabla 64: Temperatura media mensual – Estación La Angostura

Temperatura media mensual (°C) - La Angostura												
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	7.26	8.19	7.33	6.59	5.82	0.70	0.50	2.27	2.79	4.20	5.16	6.09
1965	6.75	6.21	6.54	5.94	3.25	0.29	0.11	1.02	4.02	4.87	5.42	7.56
1966	7.71	7.64	6.91	4.46	2.51	2.40	0.14	1.60	3.16	6.31	6.24	6.99
1967	7.00	7.26	6.39	5.55	4.03	1.36	0.45	1.73	4.61	5.18	4.49	5.76
1968	6.13	6.77	5.99	4.13	2.51	2.54	1.54	1.03	2.64	5.45	5.71	6.56
1969	6.83	7.30	7.29	5.91	2.43	3.12	2.57	0.71	4.19	5.67	6.10	7.67
1970	7.80	8.24	7.46	5.76	4.05	2.21	1.22	2.04	4.83	5.12	6.28	7.35
1971	7.52	7.51	7.24	5.93	2.45	1.24	0.57	1.94	3.17	3.23	4.86	7.52
1972	7.55	7.93	7.76	6.59	3.67	1.18	1.66	1.82	5.73	3.62	4.52	8.05
1973	8.55	9.12	8.99	8.04	2.61	1.86	1.24	2.03	4.52	3.18	7.91	8.21
1974	7.47	8.03	7.45	8.05	3.20	1.87	2.27	1.52	4.79	5.26	6.50	6.61
1975	6.89	6.81	7.41	5.99	3.08	1.26	1.29	2.08	4.35	5.94	6.08	7.21
1976	6.27	6.46	6.66	5.14	3.49	3.01	2.18	2.55	3.24	5.03	4.88	7.54
1977	7.83	6.78	6.95	6.03	2.94	1.18	2.44	2.64	4.88	5.41	6.28	6.42
1978	7.29	7.93	6.72	5.82	4.09	2.50	0.75	2.91	3.62	5.32	6.57	7.39
1979	6.70	7.40	7.09	6.02	3.44	3.00	2.09	2.64	4.96	4.28	7.42	7.06
1980	7.56	7.40	6.98	5.95	3.57	2.44	2.12	3.24	2.70	6.25	6.67	7.07
1981	7.03	7.01	6.29	7.45	3.81	1.24	1.67	3.42	3.42	6.15	7.68	7.87
1982	7.05	7.42	7.12	5.40	2.74	1.75	2.01	4.00	5.20	7.01	6.28	7.45
1983	6.29	7.92	8.34	7.54	3.67	2.38	2.46	2.15	5.32	6.49	7.18	7.02
1984	8.25	7.62	6.38	6.43	4.53	1.58	1.92	3.03	3.28	7.02	6.12	6.91
1985	7.06	7.81	7.36	6.70	4.88	2.61	1.21	3.52	5.09	5.63	7.11	6.84
1986	7.62	7.04	7.48	6.64	3.20	2.70	1.09	3.81	2.94	5.46	6.19	7.08
1987	7.95	7.82	7.47	6.40	4.43	2.25	1.52	3.63	4.40	6.44	6.34	6.82
1988	6.82	7.73	7.92	6.90	5.14	2.50	2.36	3.83	5.46	5.97	6.50	7.31
1989	6.38	7.03	7.05	6.41	4.76	3.43	1.54	3.82	4.83	6.32	5.58	7.18
1990	6.94	7.08	6.84	6.18	4.52	2.51	2.00	3.15	4.23	5.88	7.62	7.23
1991	6.28	7.91	7.62	6.45	4.53	2.46	1.84	3.32	4.41	5.98	6.25	6.65
1992	7.25	6.75	7.02	6.06	4.33	2.63	1.82	3.24	4.17	5.71	6.11	6.41
1993	7.23	6.72	7.03	6.72	4.96	2.64	1.24	3.09	4.52	6.26	7.51	8.50
1994	7.20	7.15	7.52	6.85	4.82	2.27	2.07	3.27	4.81	6.22	7.22	8.52
1995	8.55	7.71	7.16	6.28	4.10	2.88	3.05	4.37	5.78	6.16	7.10	7.55
1996	7.25	8.02	7.08	6.21	5.09	2.77	2.04	4.11	4.83	6.42	6.50	7.48
1997	7.61	7.61	7.62	6.31	4.02	2.01	2.78	4.01	5.21	7.17	6.55	7.36
1998	6.81	7.12	8.87	7.42	4.28	3.44	3.10	3.66	4.51	6.14	7.56	7.22
1999	6.29	6.83	8.25	7.05	5.07	2.71	3.51	3.57	3.21	5.64	5.95	7.40
2000	7.52	8.01	8.00	6.84	5.02	2.83	2.15	4.02	5.54	7.01	6.37	7.05
2001	7.00	7.26	7.31	6.41	5.32	3.50	2.71	3.61	4.05	6.23	6.27	7.09
2002	7.96	7.54	7.61	6.65	4.61	3.01	2.33	3.71	5.49	7.04	7.71	7.85
2003	7.99	8.22	7.53	6.71	5.10	2.76	3.06	3.34	4.45	6.04	7.19	7.04
2004	6.85	7.86	7.50	6.88	3.82	2.94	3.12	3.11	5.12	6.41	7.12	6.88
2005	7.90	7.84	8.00	6.97	4.36	2.06	3.42	3.09	4.95	6.55	7.19	7.78
2006	7.36	8.45	8.08	7.42	4.25	3.06	2.49	4.43	4.77	6.98	8.10	8.21
2007	8.13	8.14	7.96	7.46	5.32	4.01	2.91	4.46	6.22	6.49	7.06	7.39
2008	7.82	7.65	7.21	5.94	3.34	3.04	2.48	3.46	4.64	7.02	6.96	8.04
2009	7.82	8.13	7.55	7.01	4.71	2.31	3.04	2.96	5.30	7.10	8.17	8.79
2010	8.45	9.06	8.75	7.77	5.39	4.53	3.42	4.47	5.60	6.53	7.03	8.01
2011	7.94	7.85	8.15	7.14	5.30	3.53	3.23	4.60	5.68	6.36	7.97	7.33
2012	7.33	7.20	7.25	7.49	4.97	3.21	2.92	3.71	6.23	7.54	8.18	8.09
2013	8.11	8.41	8.26	6.30	5.62	3.69	3.58	3.77	4.91	6.52	7.81	7.97
2014	7.66	8.21	7.88	7.35	4.96	4.00	3.24	4.35	6.44	7.13	7.56	8.70
2015	7.53	8.00	7.90	7.14	5.39	4.60	3.33	4.25	6.57	6.69	7.31	8.48
2016	7.86	7.21	8.09	6.22	4.14	2.83	3.61	3.99	5.33	5.62	6.03	6.29
2017	6.32	6.79	6.59	5.81	4.75	3.66	3.30	3.69	5.44	5.93	6.97	6.55
2018	5.98	6.66	6.37	5.73	3.77	3.10	3.18	3.14	4.65	6.29	7.59	6.73
2019	6.90	6.75	6.83	6.18	5.62	5.66	5.12	5.67	6.58	6.09	6.77	7.42
2020	6.72	6.78	6.93	6.11	4.43	3.45	2.78	4.78	0.48	5.79	7.04	5.14
T° Prom	7.30	7.53	7.39	6.47	4.21	2.64	2.24	3.22	4.60	5.96	6.68	7.31

Fuente: Propia



## Humedad Relativa

Tabla 65: Humedad relativa – Estación Yauri

Humedad relativa (%) - Estación Yauri												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1992	77.10	78.07	78.11	75.71	68.45	59.60	51.00	74.70	49.40	54.70	53.80	57.40
1993	68.50	68.90	69.00	69.50	63.90	57.20	53.10	59.20	59.80	64.40	65.60	68.00
1994	71.10	73.70	72.60	73.60	61.30	48.40	50.30	49.90	53.30	63.83	62.89	60.10
1995	69.30	70.90	74.30	65.00	54.60	50.50	51.80	60.68	54.30	50.00	54.60	59.80
1996	69.80	76.50	72.60	80.10	72.80	58.70	56.00	62.00	53.30	51.60	58.30	68.90
1997	73.90	74.10	71.30	68.40	62.60	53.30	56.40	60.60	58.20	68.80	75.00	77.70
1998	78.70	81.30	79.50	74.70	69.00	73.00	66.80	66.00	62.70	69.10	71.00	69.30
1999	78.40	78.07	78.11	75.71	68.45	75.70	76.00	67.00	62.10	69.20	59.20	72.20
2000	81.50	83.20	81.10	75.80	70.10	70.00	64.90	64.90	60.10	69.30	54.10	74.50
2001	80.30	80.70	79.50	76.80	73.30	70.70	65.90	65.40	66.50	68.00	62.50	77.80
2002	77.60	87.30	78.11	83.10	74.50	77.10	79.10	73.40	71.60	78.60	62.89	78.20
2003	81.40	81.40	78.11	80.70	78.40	70.60	66.90	68.90	63.80	56.70	63.20	72.50
2004	79.60	82.40	82.50	79.50	70.80	74.20	79.40	71.10	68.90	67.40	71.40	75.90
2005	78.10	83.30	79.70	79.10	70.90	68.30	67.50	61.50	62.20	68.70	63.30	76.70
2006	82.30	84.40	87.00	77.60	68.80	71.70	68.00	65.80	63.10	65.40	74.40	73.70
2007	80.60	85.20	87.40	82.60	76.00	72.30	67.20	62.30	71.00	66.10	64.80	74.10
2008	84.20	81.70	80.00	69.20	58.10	58.90	58.20	59.10	55.00	68.30	67.40	76.40
2009	79.30	81.50	77.70	75.80	63.90	62.40	65.60	20.30	61.30	62.20	68.50	74.30
2010	84.00	82.20	82.60	77.20	73.00	69.70	68.30	57.60	63.10	66.10	60.90	73.80
2011	75.10	81.20	81.70	78.00	74.30	68.40	70.60	60.68	67.80	70.70	75.60	77.10
2012	79.40	85.00	80.60	83.00	72.60	71.90	59.00	53.30	52.90	50.90	52.40	77.40
2013	74.40	77.30	69.20	65.30	64.10	64.40	60.50	54.90	52.00	57.50	51.50	70.00
2014	68.70	37.30	75.80	75.00	64.50	53.60	61.80	56.40	62.40	60.60	53.10	67.60
2015	68.41	74.53	71.38	75.19	66.60	60.18	54.37	55.50	59.69	58.81	55.86	67.52
2016	65.11	72.32	66.41	67.73	58.02	56.41	55.56	55.69	55.80	58.63	52.31	63.15
2017	74.03	70.75	75.09	71.36	71.06	61.09	53.76	48.60	59.99	55.49	54.99	64.34
2018	74.35	75.81	77.81	68.76	59.36	65.07	61.06	61.41	53.07	63.24	60.06	62.80
2019	73.53	77.89	75.39	74.71	63.03	61.92	59.25	57.80	61.37	62.47	56.60	68.15
<b>Prom (%)</b>	<b>76.03</b>	<b>77.39</b>	<b>77.24</b>	<b>74.97</b>	<b>67.59</b>	<b>64.47</b>	<b>62.44</b>	<b>59.81</b>	<b>60.17</b>	<b>63.10</b>	<b>61.65</b>	<b>70.69</b>

Fuente: SENAMHI/Propia

## Horas de Sol

Tabla 66: Horas de sol total mensual – Estación Yauri

Horas de sol total mensual (hr) - Estación Yauri												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2000	111.00	144.40	197.80	231.30	266.80	257.40	276.70	262.90	266.50	217.30	255.80	192.60
2001	131.10	135.80	170.20	214.30	236.20	248.60	260.90	268.70	245.00	237.00	220.90	228.20
2002	213.30	123.40	181.60	184.10	266.58	237.90	239.00	271.20	228.60	228.80	240.93	208.70
2003	192.70	173.10	175.70	213.00	259.10	286.50	300.30	279.50	243.20	277.20	275.80	198.20
2004	164.70	208.50	216.90	225.70	295.80	246.20	246.20	243.20	234.40	277.20	251.30	216.20
2005	195.60	156.10	215.60	243.60	292.60	306.00	289.50	306.10	266.10	242.00	240.90	194.60
2006	166.10	192.40	195.60	22.40	302.50	275.40	318.50	275.00	270.90	256.30	215.20	210.90
2007	172.90	156.10	133.60	213.40	262.50	277.50	268.90	306.50	214.60	236.10	239.60	172.30
2008	110.70	157.50	198.60	242.80	278.80	276.10	305.20	298.40	266.10	227.70	258.80	180.40
2009	178.70	161.30	194.70	232.80	269.40	297.20	267.90	306.70	215.80	262.60	192.90	199.10
2010	142.30	154.60	211.90	226.80	250.80	270.10	311.50	301.80	282.90	234.40	272.00	165.10
2011	187.20	132.60	178.10	211.30	261.20	254.80	260.80	284.12	212.70	262.70	249.00	169.40
2012	175.90	132.10	187.20	191.70	281.30	265.10	287.90	321.60	250.60	257.40	228.20	135.80
2013	177.40	142.80	195.70	258.50	249.90	268.90	277.99	271.90	276.40	228.20	241.50	168.30
2014	162.20	203.90	200.50	200.60	254.50	276.60	251.50	263.00	212.30	242.20	234.60	202.70
2015	175.80	145.40	203.00	170.40	237.30	258.10	285.10	285.30	242.50	233.00	237.40	148.80
<b>Prom</b>	<b>166.10</b>	<b>157.50</b>	<b>191.04</b>	<b>205.17</b>	<b>266.58</b>	<b>268.90</b>	<b>277.99</b>	<b>284.12</b>	<b>245.54</b>	<b>245.01</b>	<b>240.93</b>	<b>186.96</b>
<b>Dia</b>	<b>6.92</b>	<b>6.56</b>	<b>7.96</b>	<b>8.55</b>	<b>11.11</b>	<b>11.20</b>	<b>11.58</b>	<b>11.84</b>	<b>10.23</b>	<b>10.21</b>	<b>10.04</b>	<b>7.79</b>

Fuente: SENAMHI/Propia

## Velocidad media del Viento

Tabla 67: Velocidad de viento media mensual (m/s) - Estación Yauri

Velocidad de viento media mensual (m/s) - Estación Yauri												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1996	1.20	1.40	1.30	1.10	1.10	1.00	0.70	1.60	1.40	1.50	1.80	1.40
1997	1.10	1.00	1.30	0.90	1.00	0.80	1.10	1.20	1.60	1.90	2.20	2.50
1998	2.50	1.60	1.10	1.00	0.80	0.80	0.60	1.20	1.70	1.60	1.90	1.70
1999	2.00	1.00	1.50	1.40	0.80	0.70	0.90	1.20	1.70	1.70	1.50	2.20
2000	1.70	2.00	1.70	0.90	1.10	0.60	1.10	1.10	1.00	1.40	2.10	1.40
2001	0.60	0.80	0.90	1.00	0.00	0.90	0.60	0.60	1.90	1.30	1.50	1.00
2002	1.00	0.60	0.60	0.90	1.10	0.60	1.20	1.60	2.10	1.90	1.64	1.30
2003	1.10	1.30	1.90	1.20	1.10	0.80	2.30	1.60	1.60	2.80	1.80	1.90
2004	1.90	1.60	1.10	1.60	1.20	0.90	1.20	1.00	1.60	1.40	2.70	1.70
2005	2.00	0.00	1.10	0.80	0.00	0.00	1.40	1.70	3.90	1.40	1.90	0.70
2006	1.50	1.50	1.10	0.60	0.70	0.00	0.00	0.80	1.10	1.80	1.50	2.00
2007	0.90	1.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.60	1.50	2.10	1.50	2.10	1.60
2008	1.80	1.90	0.90	0.70	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.20	1.50	0.90
2009	1.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	1.20	0.90	1.40	1.30	1.10	0.60
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	1.70	0.90	1.20	0.00
2011	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.90	0.80	0.00
2012	1.10	0.80	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.80	1.00	1.10
2013	1.50	1.80	0.60	1.10	1.30	1.50	1.10	1.70	1.60	2.10	1.30	1.90
2014	1.50	1.00	1.30	1.00	0.70	0.00	1.30	1.11	1.62	1.52	1.64	1.33
2015	1.20	1.20	1.10	0.90	1.00	0.30	0.80	1.80	2.00	1.20	2.30	1.30
2016	1.50	1.40	0.90	1.30	0.80	0.50	0.50	1.30	1.50	1.20	1.60	1.20
2017	1.50	0.80	0.50	0.70	1.30	0.70	0.30	1.40	1.70	1.50	1.40	1.50
2018	1.30	0.70	0.90	0.60	0.30	1.60	1.20	1.30	1.30	1.60	1.30	2.00
2019	1.60	2.10	1.60	1.20	1.00	1.07	1.22	1.10	1.60	1.31	1.67	1.34
<b>Prom</b>	<b>1.35</b>	<b>1.06</b>	<b>0.89</b>	<b>0.82</b>	<b>0.74</b>	<b>0.53</b>	<b>0.80</b>	<b>1.12</b>	<b>1.62</b>	<b>1.49</b>	<b>1.64</b>	<b>1.36</b>

Fuente: SENAMHI/Propia

## Precipitación Total Mensual

Tabla 68: Precipitación mensual corregida y extendida – Estación Yauri

Precipitación total mensual - Estación Yauri (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm)
2006	295.00	119.90	175.60	45.80	1.40	5.40	0.00	9.70	18.60	59.10	64.10	122.60	917.20
2007	129.70	133.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70	651.80
2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	43.40	24.80	103.30	561.50
2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	2.00	43.80	172.60	133.90	772.50
2010	172.60	165.70	114.90	32.00	13.60	0.00	0.00	0.00	1.70	16.20	36.00	176.70	729.40
2011	127.00	248.20	138.80	73.70	10.00	0.00	1.90	2.31	36.10	16.90	74.90	137.60	867.41
2012	171.50	266.10	191.40	76.40	11.40	0.00	0.10	0.00	13.70	31.30	76.20	215.20	1053.30
2013	169.00	165.10	81.80	8.60	2.70	14.40	3.40	20.10	0.00	28.60	53.00	156.10	702.80
2014	142.80	113.10	92.30	21.20	9.10	0.00	5.50	3.50	41.40	99.70	22.20	189.20	740.00
2015	184.20	112.70	117.30	131.40	13.70	0.50	1.50	17.30	20.60	30.10	26.40	142.60	798.30
2016	112.10	168.20	64.60	112.00	1.70	0.10	9.20	3.20	4.70	40.90	20.50	112.29	649.49
2017	168.00	105.70	168.10	68.40	22.60	0.10	3.20	0.00	12.10	57.70	66.30	156.40	828.60
2018	143.10	206.10	93.20	19.20	1.10	6.90	16.40	30.10	2.30	103.30	48.10	86.20	756.00
2019	226.60	211.00	147.80	74.50	12.50	0.00	0.73	0.00	3.80	29.07	222.19	174.13	1102.32
2020	149.02	119.27	130.11	67.92	13.15	0.00	1.07	0.99	1.22	35.68	33.14	127.91	679.48
2021	173.81	112.91	95.72	20.29	4.21	0.24	0.33	0.83	4.02	35.34	32.00	108.95	588.65
<b>Prom.</b>	<b>166.52</b>	<b>157.48</b>	<b>118.40</b>	<b>53.48</b>	<b>8.26</b>	<b>2.09</b>	<b>3.01</b>	<b>5.50</b>	<b>11.17</b>	<b>44.21</b>	<b>63.50</b>	<b>141.30</b>	<b>774.92</b>
<b>Max</b>	<b>295.00</b>	<b>266.10</b>	<b>191.40</b>	<b>131.40</b>	<b>22.60</b>	<b>14.40</b>	<b>16.40</b>	<b>30.10</b>	<b>41.40</b>	<b>103.30</b>	<b>222.19</b>	<b>215.20</b>	
<b>Min</b>	<b>102.00</b>	<b>105.70</b>	<b>64.60</b>	<b>1.20</b>	<b>1.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>16.20</b>	<b>20.50</b>	<b>86.20</b>	
<b>Desv.</b>	<b>46.90</b>	<b>51.72</b>	<b>37.45</b>	<b>36.51</b>	<b>6.00</b>	<b>4.07</b>	<b>4.34</b>	<b>9.12</b>	<b>12.80</b>	<b>25.26</b>	<b>56.11</b>	<b>34.70</b>	

Fuente: Propia

Tabla 69: Precipitación mensual corregida y extendida – Estación Chuquibambilla

Precipitación total mensual corregida y extendida - Estación Chuquibambilla (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm)
1974	167.20	118.30	126.50	47.90	0.00	4.20	0.00	35.40	0.00	28.50	43.30	71.10	642.40
1975	225.30	116.80	105.90	36.60	22.00	0.00	0.00	0.00	31.90	61.90	49.30	131.40	781.10
1976	208.80	88.90	151.90	27.40	15.40	1.50	0.80	2.80	33.80	1.90	26.00	43.00	602.20
1977	95.30	138.30	140.10	31.80	4.00	0.00	2.00	0.00	38.00	54.60	106.50	82.50	693.10
1978	295.20	127.70	67.00	64.00	0.90	0.60	0.00	0.00	24.70	19.90	101.90	122.30	824.20
1979	150.90	53.60	78.80	44.20	1.40	0.00	0.00	4.40	4.70	29.10	34.60	122.40	524.10
1980	109.00	103.70	149.20	11.80	11.20	0.00	1.30	2.40	4.80	87.20	64.20	105.80	650.60
1981	174.30	176.00	144.60	77.00	7.60	3.10	0.00	11.60	31.00	77.40	41.50	106.80	850.90
1982	148.30	91.70	101.10	82.20	0.00	2.00	0.00	0.00	27.00	95.00	154.20	67.90	769.40
1983	51.40	58.10	60.60	47.60	2.40	0.00	0.00	0.00	6.50	21.30	24.50	88.30	360.70
1984	220.30	175.40	139.90	30.50	20.90	0.00	1.30	0.70	2.70	120.60	124.10	180.10	1016.50
1985	114.00	123.50	90.50	121.00	20.70	25.90	0.00	0.50	65.70	24.60	140.80	106.90	834.10
1986	99.40	114.80	129.90	89.60	12.90	0.00	1.00	4.10	35.50	2.70	60.10	146.80	696.80
1987	111.20	75.10	72.50	32.00	1.10	1.40	7.30	0.90	3.20	9.30	96.60	79.80	490.40
1988	201.80	72.60	153.40	71.30	16.90	0.00	0.00	0.00	11.60	26.70	4.90	94.50	653.70
1989	156.80	84.70	113.90	86.80	3.60	0.70	0.70	40.10	30.90	59.80	55.90	95.50	729.40
1990	147.50	97.40	149.60	68.30	8.80	48.10	0.00	0.20	9.80	126.90	70.40	78.40	805.40
1991	191.40	61.40	118.00	30.10	28.80	39.10	0.00	0.00	1.00	48.30	29.80	94.50	642.40
1992	109.80	71.10	84.30	35.40	0.00	2.40	0.00	41.50	0.00	57.50	99.40	90.40	591.80
1993	183.40	29.00	182.90	46.90	0.00	16.00	0.00	28.60	9.30	94.10	162.00	98.10	850.30
1994	209.40	133.10	139.60	61.30	0.00	0.00	0.00	5.80	6.10	43.00	76.30	120.60	795.20
1995	119.70	119.70	119.80	15.80	2.10	0.00	0.00	0.00	2.50	27.00	56.70	123.80	587.10
1996	162.20	112.00	97.80	61.90	1.40	0.00	3.40	5.00	6.60	11.80	57.10	98.50	617.70
1997	205.10	204.30	192.70	63.80	4.00	0.00	0.00	16.50	31.00	35.40	111.60	121.70	986.10
1998	128.70	139.10	151.40	22.50	0.00	2.00	0.00	2.00	8.80	72.60	107.30	50.90	685.30
1999	114.10	162.60	139.90	146.80	9.80	0.00	1.40	1.70	20.30	58.10	28.00	94.10	776.80
2000	183.40	180.60	120.70	14.40	17.30	6.50	7.00	5.30	6.90	96.00	17.40	139.10	794.60
2001	238.60	127.30	126.90	25.10	19.30	1.20	4.70	7.50	10.80	40.40	18.20	69.90	689.90
2002	156.80	175.50	113.60	105.10	29.20	2.00	13.50	13.60	22.00	94.20	102.50	128.00	956.00
2003	137.90	154.80	245.00	43.60	4.30	3.30	0.00	12.60	23.30	18.70	33.60	97.60	774.70
2004	215.60	137.00	95.70	42.60	1.10	2.00	3.30	21.90	60.60	13.30	58.30	142.50	793.90
2005	88.10	213.70	97.70	39.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	118.30	75.70	97.90	738.30
2006	188.80	114.80	172.23	20.50	0.00	3.20	0.00	3.00	5.60	45.80	90.80	208.30	853.03
2007	94.00	96.90	130.80	81.90	3.50	0.00	4.60	0.00	22.10	21.10	67.20	72.90	595.00
2008	154.50	96.60	44.10	2.90	2.90	1.00	0.00	2.50	0.00	37.80	47.40	235.80	625.50
2009	114.10	90.40	137.60	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	14.40	19.10	84.80	131.10	656.70
2010	185.70	11.40	139.40	73.00	15.20	0.04	0.00	0.30	7.20	6.98	19.67	127.12	586.01
2011	122.80	180.70	122.40	72.50	13.50	7.80	9.70	6.80	37.20	31.00	48.92	163.20	816.52
2012	171.10	149.60	148.60	67.40	0.00	0.00	0.00	0.00	11.90	22.60	86.90	174.60	832.70
2013	207.50	173.40	129.90	36.30	3.60	16.00	6.70	7.40	5.30	57.30	44.60	214.70	902.70
2014	152.00	169.10	107.30	41.10	2.40	0.00	1.10	34.20	38.30	102.90	78.90	211.50	938.80
2015	233.70	81.30	127.80	91.60	4.20	0.00	4.50	5.50	40.00	40.50	40.90	170.20	840.20
2016	135.10	172.30	109.90	136.00	0.55	0.43	6.60	13.10	25.60	70.50	47.60	100.20	817.88
2017	137.90	58.81	154.10	35.80	32.20	0.00	3.10	0.00	55.60	42.20	80.10	95.50	695.31
2018	131.10	147.40	167.50	22.10	0.00	41.00	27.40	41.30	11.70	78.30	99.80	53.30	820.90
2019	203.80	213.70	111.10	53.60	18.90	0.00	0.00	0.00	5.50	31.40	115.50	141.60	895.10
2020	157.07	117.75	143.61	66.00	9.99	0.02	0.10	1.61	10.40	34.18	54.37	94.90	690.00
2021	170.52	101.54	104.39	27.27	2.12	0.54	0.08	0.91	11.11	44.25	50.73	93.64	607.10
Prom.	160.01	121.11	126.09	54.53	7.84	4.83	2.32	8.12	18.19	49.21	68.56	116.24	737.05
Max	295.20	213.70	245.00	146.80	32.20	48.10	27.40	41.50	65.70	126.90	162.00	235.80	
Min	51.40	11.40	44.10	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	4.90	43.00	
Desv.	47.86	47.28	35.67	31.73	9.05	11.08	4.76	12.14	16.59	32.96	36.95	43.83	

Fuente: Propia

Tabla 70: Precipitación mensual corregida y extendida – Estación Sicuani

Precipitación total mensual corregida y extendida - Estación Sicuani (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm)
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.50	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00	<b>588.70</b>
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	64.10	61.00	179.70	<b>669.10</b>
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.70	106.00	121.00	<b>751.90</b>
1967	63.40	117.20	155.90	33.60	8.20	1.40	21.20	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50	<b>695.30</b>
1968	118.20	171.30	272.90	56.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20	<b>960.20</b>
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	33.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80	<b>766.10</b>
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40	<b>809.70</b>
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60	<b>565.90</b>
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40	<b>573.80</b>
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.70	96.20	<b>721.10</b>
1974	126.64	123.35	105.50	51.13	2.31	2.53	0.08	20.19	15.19	43.32	55.97	75.44	<b>621.65</b>
1975	187.91	153.74	118.13	66.07	16.85	0.40	0.34	0.24	18.97	66.27	61.82	128.92	<b>819.66</b>
1976	155.52	123.06	84.99	66.17	16.36	0.38	1.03	10.09	28.62	38.55	50.24	59.71	<b>634.72</b>
1977	101.19	115.31	165.19	38.65	6.24	0.05	3.11	0.63	21.41	55.54	109.65	92.63	<b>709.60</b>
1978	204.15	106.88	82.25	54.67	5.75	1.00	0.02	0.12	19.64	47.78	106.70	127.93	<b>756.89</b>
1979	89.31	98.74	74.73	62.86	4.12	0.02	1.01	4.48	0.19	69.24	60.79	99.95	<b>565.44</b>
1980	89.06	85.87	119.82	30.48	5.09	0.02	0.48	0.89	39.17	71.06	94.27	97.00	<b>633.21</b>
1981	137.36	196.55	121.81	38.17	4.19	6.70	0.04	11.18	35.57	71.40	34.73	114.01	<b>771.71</b>
1982	133.32	98.01	138.76	77.56	2.34	1.05	0.23	0.24	25.83	71.40	129.05	60.12	<b>737.91</b>
1983	63.13	97.18	83.91	39.29	8.87	0.01	1.33	0.38	25.69	64.02	33.39	111.81	<b>529.01</b>
1984	179.85	181.90	156.03	49.71	18.54	0.06	0.78	2.21	7.50	71.40	91.20	134.19	<b>893.37</b>
1985	116.00	133.78	125.10	65.11	13.23	4.28	0.52	5.14	29.57	48.23	119.23	129.51	<b>789.70</b>
1986	79.66	138.78	137.86	83.78	20.15	0.07	0.02	10.64	30.42	20.93	54.97	123.07	<b>700.35</b>
1987	99.45	82.28	64.93	35.73	3.86	1.18	1.98	4.11	2.52	56.49	93.79	75.74	<b>522.06</b>
1988	142.95	107.90	127.78	69.75	13.58	0.03	0.54	0.04	3.22	58.10	7.51	93.23	<b>624.63</b>
1989	103.10	115.84	99.41	55.76	14.20	0.43	0.41	18.15	1.54	54.78	80.35	98.39	<b>642.36</b>
1990	130.38	83.58	166.03	59.08	15.24	12.33	1.71	1.55	13.76	71.38	70.97	91.20	<b>717.21</b>
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	101.75	<b>551.95</b>
1992	99.20	61.40	93.27	45.92	0.48	2.86	2.10	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60	<b>557.03</b>
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10	<b>779.90</b>
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40	<b>763.10</b>
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00	<b>677.30</b>
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70	<b>715.80</b>
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60	<b>905.70</b>
1998	102.30	131.00	97.80	15.10	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70	<b>612.00</b>
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20	<b>703.10</b>
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60	<b>660.00</b>
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40	<b>948.40</b>
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50	<b>1037.80</b>
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50	<b>705.70</b>
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40	<b>784.30</b>
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40	<b>641.80</b>
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00	<b>765.10</b>
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.80	<b>663.20</b>
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00	<b>716.50</b>
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10	<b>659.10</b>
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	49.60	125.10	<b>671.40</b>
2011	107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	2.60	52.20	25.30	29.00	131.10	<b>777.00</b>
2012	155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80	<b>735.60</b>
2013	191.80	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70	<b>746.20</b>
2014	154.10	134.30	55.40	36.70	9.40	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	33.80	156.40	<b>660.30</b>
2015	142.00	97.20	104.40	101.16	8.40	2.50	0.30	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50	<b>736.66</b>
2016	131.40	259.50	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	44.96	77.00	<b>758.76</b>
2017	162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	13.80	22.70	72.90	121.90	73.40	<b>816.80</b>
2018	112.60	165.90	116.60	30.80	5.20	20.40	20.10	28.60	4.40	76.20	104.60	48.60	<b>734.00</b>
2019	131.60	135.70	86.10	68.32	8.50	0.00	0.66	0.00	0.50	67.21	137.50	212.30	<b>848.39</b>
2020	105.46	87.41	116.33	51.01	19.96	0.07	1.65	2.26	6.68	68.10	50.45	81.14	<b>590.52</b>
2021	123.36	105.42	111.60	30.52	6.80	0.61	1.00	3.12	13.17	61.08	68.62	62.62	<b>587.92</b>
<b>Prom.</b>	<b>129.53</b>	<b>129.40</b>	<b>119.16</b>	<b>55.69</b>	<b>10.78</b>	<b>2.12</b>	<b>3.32</b>	<b>6.86</b>	<b>18.76</b>	<b>55.07</b>	<b>73.34</b>	<b>107.73</b>	<b>711.77</b>
<b>Max</b>	<b>226.70</b>	<b>259.50</b>	<b>272.90</b>	<b>132.70</b>	<b>40.80</b>	<b>20.40</b>	<b>26.10</b>	<b>29.60</b>	<b>52.50</b>	<b>148.70</b>	<b>149.30</b>	<b>212.30</b>	
<b>Min</b>	<b>43.20</b>	<b>61.40</b>	<b>53.80</b>	<b>6.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.80</b>	<b>48.60</b>	
<b>Desv.</b>	<b>38.62</b>	<b>38.36</b>	<b>37.83</b>	<b>24.09</b>	<b>9.73</b>	<b>3.92</b>	<b>5.83</b>	<b>8.10</b>	<b>14.38</b>	<b>22.82</b>	<b>34.58</b>	<b>34.86</b>	

Fuente: Propia

Tabla 71: Precipitación mensual corregida y extendida – Estación La Angostura

Precipitación total mensual - La Angostura (mm)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm)
1964	78.80	126.50	101.20	61.30	13.60	0.00	0.00	8.90	0.00	27.20	64.70	106.50	588.70
1965	76.80	185.30	75.80	35.30	0.00	0.00	3.50	0.00	14.80	23.70	27.60	179.60	622.40
1966	96.30	99.20	83.10	15.40	33.20	0.61	0.00	2.00	1.10	46.00	143.40	102.40	622.71
1967	103.20	149.20	276.00	37.90	14.00	1.00	11.30	3.00	55.50	26.00	13.10	80.30	770.50
1968	259.20	136.80	134.80	11.30	14.70	8.20	8.20	8.90	15.00	72.50	118.20	56.40	844.20
1969	125.50	160.70	89.90	41.60	0.00	2.20	1.50	4.10	3.20	32.30	77.60	131.60	670.20
1970	206.80	214.10	168.80	27.30	13.20	0.00	2.10	0.00	36.10	35.65	20.00	208.90	932.95
1971	156.60	293.80	104.70	24.20	8.00	0.05	0.00	0.10	0.15	9.90	16.00	137.20	750.70
1972	251.80	129.30	200.60	59.30	3.30	0.00	1.00	0.05	37.50	37.65	27.35	72.25	820.10
1973	262.90	192.30	170.30	105.45	6.70	1.70	3.60	4.40	26.90	7.05	66.00	104.00	951.30
1974	214.50	242.60	80.15	42.15	5.40	7.40	0.40	60.25	4.75	2.75	24.00	46.60	730.95
1975	190.35	226.20	151.70	29.85	28.10	3.90	0.10	0.03	5.73	59.15	12.80	195.60	903.51
1976	185.85	193.20	158.10	33.60	7.85	8.65	3.10	8.50	56.75	4.05	1.25	58.35	719.25
1977	56.75	277.60	144.70	4.30	3.80	0.00	2.15	0.00	26.30	34.40	110.65	94.65	755.30
1978	331.40	58.15	70.30	37.00	1.55	1.60	0.10	0.35	8.15	38.90	103.05	103.00	753.55
1979	130.15	71.55	141.55	25.30	1.25	0.00	3.00	2.70	0.30	48.90	73.35	119.15	617.20
1980	106.05	50.55	214.10	25.85	2.30	0.10	0.60	3.60	34.35	123.75	28.10	87.55	676.90
1981	251.45	256.00	67.30	55.80	5.95	0.05	0.00	47.05	32.70	47.60	52.75	114.00	930.65
1982	192.80	99.95	198.80	57.90	0.00	0.20	0.05	3.65	46.90	106.95	146.70	50.35	904.25
1983	72.40	117.30	81.85	39.15	8.25	1.40	0.90	0.10	23.85	36.30	1.75	55.30	438.55
1984	279.30	267.20	329.50	55.25	3.95	7.75	1.45	6.90	0.35	116.25	153.90	190.15	1411.95
1985	49.05	206.30	126.75	104.85	12.15	16.30	0.00	9.80	21.25	11.10	74.90	177.20	809.65
1986	210.30	199.90	222.20	122.30	11.25	0.00	0.00	26.55	17.85	10.75	26.75	207.45	1055.30
1987	252.60	54.65	35.60	22.00	1.20	2.30	22.90	13.25	0.95	36.95	19.70	40.60	502.70
1988	271.00	143.95	211.90	103.25	3.40	0.00	0.00	0.00	2.10	18.20	7.55	74.40	835.75
1989	194.30	154.80	157.90	43.45	28.75	11.55	0.30	12.20	1.00	10.80	15.90	29.75	660.70
1990	174.05	56.35	76.00	39.35	17.80	34.85	0.40	7.35	8.80	69.40	107.40	182.25	774.00
1991	153.40	194.20	167.70	31.90	14.15	24.30	1.20	0.05	5.90	25.35	83.20	76.25	777.60
1992	96.50	101.50	41.60	3.60	0.10	7.45	1.70	61.20	4.85	34.20	23.30	96.10	472.10
1993	237.05	72.90	140.80	99.05	6.05	6.70	0.40	15.35	13.90	46.10	127.40	131.00	896.70
1994	296.65	226.10	106.55	43.65	7.95	0.10	0.00	0.00	9.20	8.95	39.80	128.60	867.55
1995	131.30	148.80	249.15	38.95	3.95	0.00	0.15	2.25	16.50	16.40	42.80	130.65	780.90
1996	222.15	258.65	85.10	68.10	5.00	4.00	0.05	8.90	11.55	9.40	34.60	123.70	831.20
1997	244.60	205.35	147.55	20.65	8.30	0.00	0.00	42.85	56.30	9.50	57.50	125.55	918.15
1998	222.25	139.80	101.35	14.75	0.00	1.75	0.00	0.20	0.10	17.50	44.10	129.20	671.00
1999	159.60	247.90	170.25	46.65	8.95	0.00	0.15	0.10	32.20	37.10	19.40	142.50	864.80
2000	247.60	233.75	203.15	13.25	19.80	4.10	0.60	17.40	2.95	85.95	25.00	116.45	970.00
2001	311.00	307.70	211.45	91.90	17.75	0.15	18.05	7.80	9.75	10.35	9.20	81.90	1077.00
2002	143.90	251.10	177.35	90.70	10.10	5.60	16.90	0.10	18.35	52.20	100.95	111.00	978.25
2003	133.70	174.00	221.60	42.20	9.10	4.50	0.00	2.35	17.40	18.75	39.30	133.60	796.50
2004	284.10	143.30	104.60	56.80	1.80	3.50	23.90	18.10	10.90	8.90	14.30	54.30	724.50
2005	129.20	197.60	163.70	74.40	0.20	0.00	0.00	0.40	7.60	14.85	22.50	194.50	804.95
2006	271.20	159.30	206.60	58.10	1.30	4.90	0.00	0.85	18.65	63.10	93.15	105.90	983.05
2007	193.35	151.40	160.90	36.15	11.20	0.05	3.10	0.00	13.20	18.70	69.55	134.35	791.95
2008	222.15	148.95	85.15	2.45	0.90	0.00	0.80	0.05	0.10	36.00	8.15	148.00	652.70
2009	125.75	171.20	130.60	74.10	10.90	0.00	10.30	0.00	12.05	15.65	70.00	62.80	683.35
2010	235.00	166.10	81.50	43.50	6.00	0.05	0.40	0.05	2.60	27.15	2.75	134.50	699.60
2011	240.25	275.70	125.70	73.70	4.50	0.00	3.50	6.85	11.50	10.45	33.45	144.75	930.35
2012	204.05	302.00	133.40	79.50	2.30	2.80	0.35	0.00	36.40	11.85	20.60	241.05	1034.30
2013	128.22	194.70	148.80	6.41	9.52	16.00	2.20	13.30	0.20	57.40	35.83	73.06	685.64
2014	154.45	63.61	142.91	48.02	1.02	0.00	8.41	2.22	67.50	52.58	36.71	30.02	607.45
2015	143.31	253.00	131.41	56.72	3.00	0.00	8.40	18.00	36.80	20.41	22.62	90.63	784.30
2016	68.10	298.60	115.90	91.80	7.90	16.20	5.10	12.10	0.00	38.80	21.20	116.70	792.40
2017	225.30	160.20	181.30	73.90	50.00	0.00	2.60	4.10	26.80	43.80	37.90	162.70	968.60
2018	218.90	218.60	231.80	52.80	24.80	16.60	32.40	10.50	1.70	51.20	26.80	119.30	1005.40
2019	342.80	256.70	263.20	22.60	0.00	0.26	0.18	0.00	17.00	31.10	82.30	146.10	1162.24
2020	192.70	113.37	201.28	64.61	2.97	0.36	1.62	3.65	0.62	32.74	32.55	90.30	736.77
2021	248.96	111.21	145.72	27.35	8.11	1.10	0.33	4.01	5.20	26.82	20.19	97.01	696.01
Prom.	189.79	177.77	149.17	48.43	8.75	3.97	3.61	8.39	16.38	34.96	48.82	115.14	805.16
Max	342.80	307.70	329.50	122.30	50.00	34.85	32.40	61.20	67.50	123.75	153.90	241.05	
Min	49.05	50.55	35.60	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75	1.25	29.75	
Desv.	72.91	70.41	60.84	28.77	9.42	6.76	6.72	13.74	16.89	26.77	39.88	48.02	

Fuente: Propia

## 5.4. CAUDALES GENERADOS POR EL MÉTODO LUTZ – SCHOLZ

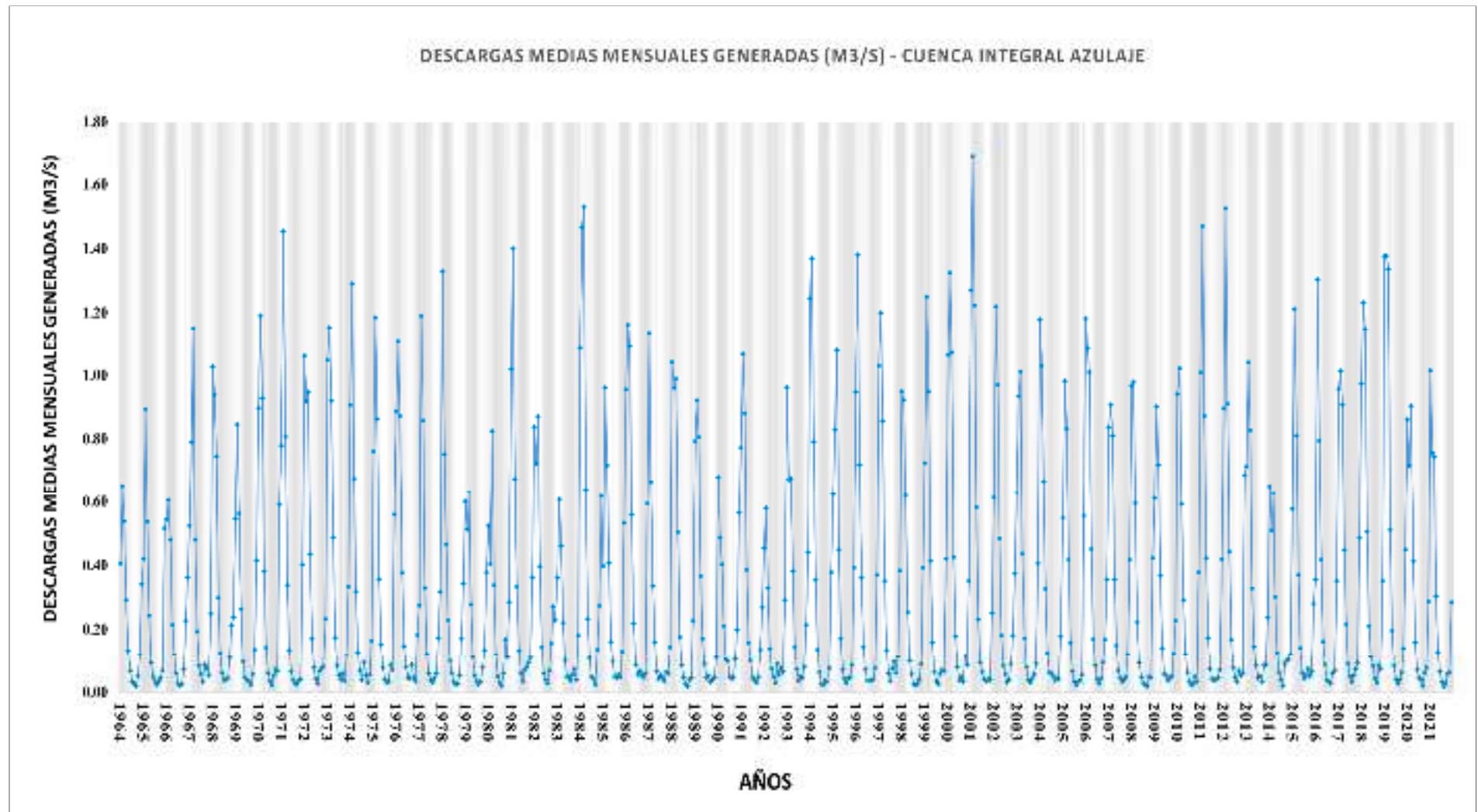
Tabla 72: Descargas medias mensuales generadas - Quebrada Azulaje

Descargas medias mensuales generadas - Quebrada Azulaje													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (m³/s)
1964	0.407	0.652	0.538	0.293	0.133	0.068	0.033	0.029	0.020	0.050	0.118	0.342	2.684
1965	0.420	0.894	0.537	0.244	0.092	0.049	0.036	0.024	0.035	0.045	0.069	0.516	2.960
1966	0.544	0.604	0.480	0.215	0.120	0.059	0.028	0.022	0.025	0.071	0.229	0.363	2.760
1967	0.524	0.791	1.151	0.480	0.194	0.083	0.056	0.033	0.087	0.075	0.054	0.250	3.777
1968	1.028	0.939	0.745	0.300	0.125	0.060	0.038	0.040	0.043	0.109	0.214	0.239	3.880
1969	0.546	0.846	0.563	0.264	0.096	0.046	0.038	0.034	0.024	0.057	0.137	0.415	3.066
1970	0.898	1.190	0.928	0.382	0.144	0.061	0.034	0.022	0.051	0.071	0.066	0.590	4.438
1971	0.780	1.455	0.808	0.339	0.136	0.064	0.038	0.028	0.025	0.036	0.041	0.402	4.154
1972	1.061	0.919	0.947	0.436	0.172	0.078	0.042	0.028	0.066	0.074	0.081	0.233	4.137
1973	1.048	1.154	0.920	0.488	0.175	0.083	0.054	0.041	0.059	0.036	0.118	0.334	4.511
1974	0.907	1.291	0.676	0.319	0.129	0.068	0.038	0.095	0.054	0.030	0.055	0.165	3.828
1975	0.762	1.185	0.863	0.358	0.154	0.076	0.040	0.030	0.034	0.085	0.070	0.560	4.217
1976	0.887	1.107	0.872	0.378	0.147	0.080	0.048	0.043	0.087	0.044	0.035	0.183	3.911
1977	0.275	1.190	0.858	0.330	0.122	0.060	0.038	0.030	0.043	0.059	0.174	0.318	3.499
1978	1.329	0.753	0.466	0.230	0.098	0.060	0.031	0.025	0.027	0.054	0.172	0.345	3.590
1979	0.600	0.514	0.631	0.278	0.111	0.052	0.035	0.025	0.033	0.077	0.136	0.379	2.872
1980	0.525	0.405	0.825	0.339	0.121	0.050	0.031	0.020	0.059	0.169	0.111	0.286	2.940
1981	1.019	1.401	0.675	0.334	0.133	0.060	0.034	0.070	0.078	0.092	0.109	0.362	4.367
1982	0.838	0.723	0.871	0.397	0.145	0.059	0.038	0.029	0.069	0.157	0.272	0.230	3.828
1983	0.362	0.608	0.462	0.221	0.102	0.048	0.047	0.036	0.055	0.073	0.040	0.182	2.236
1984	1.086	1.467	1.530	0.640	0.233	0.108	0.048	0.040	0.025	0.137	0.274	0.618	6.208
1985	0.399	0.961	0.717	0.408	0.162	0.096	0.049	0.045	0.055	0.047	0.131	0.533	3.603
1986	0.956	1.163	1.092	0.560	0.220	0.087	0.055	0.066	0.053	0.047	0.059	0.593	4.950
1987	1.132	0.665	0.336	0.161	0.066	0.042	0.053	0.046	0.036	0.064	0.059	0.145	2.805
1988	1.042	0.961	0.989	0.505	0.177	0.085	0.046	0.025	0.019	0.038	0.046	0.228	4.160
1989	0.794	0.921	0.807	0.367	0.171	0.089	0.046	0.049	0.033	0.038	0.046	0.109	3.469
1990	0.679	0.487	0.404	0.212	0.105	0.097	0.049	0.043	0.047	0.105	0.199	0.565	2.993
1991	0.774	1.067	0.880	0.386	0.158	0.101	0.047	0.037	0.030	0.048	0.138	0.269	3.936
1992	0.456	0.579	0.330	0.140	0.074	0.049	0.028	0.090	0.055	0.076	0.065	0.293	2.237
1993	0.963	0.674	0.676	0.383	0.145	0.073	0.035	0.050	0.045	0.080	0.215	0.441	3.779
1994	1.244	1.369	0.792	0.355	0.138	0.063	0.026	0.024	0.037	0.033	0.077	0.379	4.536
1995	0.624	0.829	1.078	0.450	0.172	0.071	0.042	0.029	0.044	0.048	0.085	0.393	3.865
1996	0.947	1.381	0.720	0.362	0.145	0.071	0.037	0.038	0.036	0.041	0.076	0.372	4.225
1997	1.030	1.199	0.856	0.352	0.136	0.059	0.036	0.074	0.096	0.060	0.112	0.384	4.395
1998	0.950	0.923	0.620	0.255	0.098	0.057	0.025	0.024	0.026	0.041	0.089	0.393	3.500
1999	0.725	1.251	0.949	0.414	0.160	0.064	0.036	0.026	0.057	0.070	0.067	0.421	4.239
2000	1.064	1.325	1.072	0.427	0.179	0.079	0.036	0.047	0.034	0.116	0.085	0.352	4.818
2001	1.271	1.694	1.223	0.583	0.232	0.093	0.063	0.042	0.035	0.041	0.038	0.252	5.567
2002	0.614	1.220	0.971	0.484	0.182	0.084	0.057	0.032	0.039	0.088	0.183	0.375	4.328
2003	0.630	0.934	1.011	0.438	0.173	0.079	0.038	0.030	0.043	0.057	0.089	0.407	3.928
2004	1.179	1.030	0.666	0.328	0.125	0.062	0.060	0.052	0.038	0.042	0.042	0.178	3.801
2005	0.549	0.982	0.833	0.419	0.158	0.066	0.034	0.023	0.031	0.037	0.056	0.556	3.744
2006	1.182	1.083	1.010	0.451	0.170	0.084	0.040	0.027	0.044	0.094	0.170	0.357	4.714
2007	0.836	0.907	0.811	0.357	0.151	0.069	0.045	0.033	0.039	0.049	0.122	0.419	3.837
2008	0.967	0.978	0.595	0.223	0.094	0.048	0.029	0.023	0.020	0.048	0.047	0.423	3.496
2009	0.612	0.901	0.720	0.369	0.142	0.056	0.051	0.037	0.045	0.051	0.124	0.229	3.336
2010	0.941	1.022	0.592	0.293	0.123	0.062	0.035	0.023	0.026	0.049	0.034	0.379	3.579
2011	1.008	1.471	0.873	0.424	0.174	0.073	0.041	0.039	0.040	0.047	0.070	0.420	4.679
2012	0.896	1.526	0.911	0.443	0.169	0.076	0.047	0.033	0.069	0.053	0.061	0.686	4.970
2013	0.714	1.041	0.827	0.329	0.147	0.083	0.044	0.049	0.034	0.084	0.087	0.238	3.677
2014	0.651	0.509	0.628	0.303	0.127	0.062	0.040	0.021	0.088	0.101	0.103	0.123	2.757
2015	0.576	1.212	0.811	0.371	0.143	0.060	0.044	0.054	0.074	0.050	0.064	0.281	3.740
2016	0.357	1.304	0.795	0.419	0.162	0.087	0.039	0.035	0.029	0.058	0.069	0.352	3.705
2017	0.958	1.012	0.907	0.449	0.216	0.090	0.049	0.032	0.053	0.073	0.092	0.485	4.415
2018	0.973	1.232	1.149	0.505	0.212	0.113	0.082	0.043	0.031	0.084	0.072	0.352	4.849
2019	1.376	1.378	1.337	0.511	0.197	0.084	0.041	0.028	0.039	0.062	0.141	0.450	5.643
2020	0.861	0.717	0.905	0.413	0.160	0.069	0.045	0.039	0.019	0.061	0.078	0.288	3.654
2021	1.015	0.758	0.744	0.305	0.130	0.064	0.033	0.018	0.030	0.058	0.062	0.285	3.501
Prom.	0.824	1.013	0.810	0.369	0.148	0.071	0.042	0.037	0.044	0.066	0.102	0.357	3.884
Max	1.376	1.694	1.530	0.640	0.233	0.113	0.082	0.095	0.096	0.169	0.274	0.686	
Min	0.275	0.405	0.330	0.140	0.066	0.042	0.025	0.018	0.019	0.030	0.034	0.109	
Desv.	0.268	0.298	0.235	0.102	0.037	0.016	0.010	0.016	0.019	0.029	0.059	0.130	

Fuente: Propia

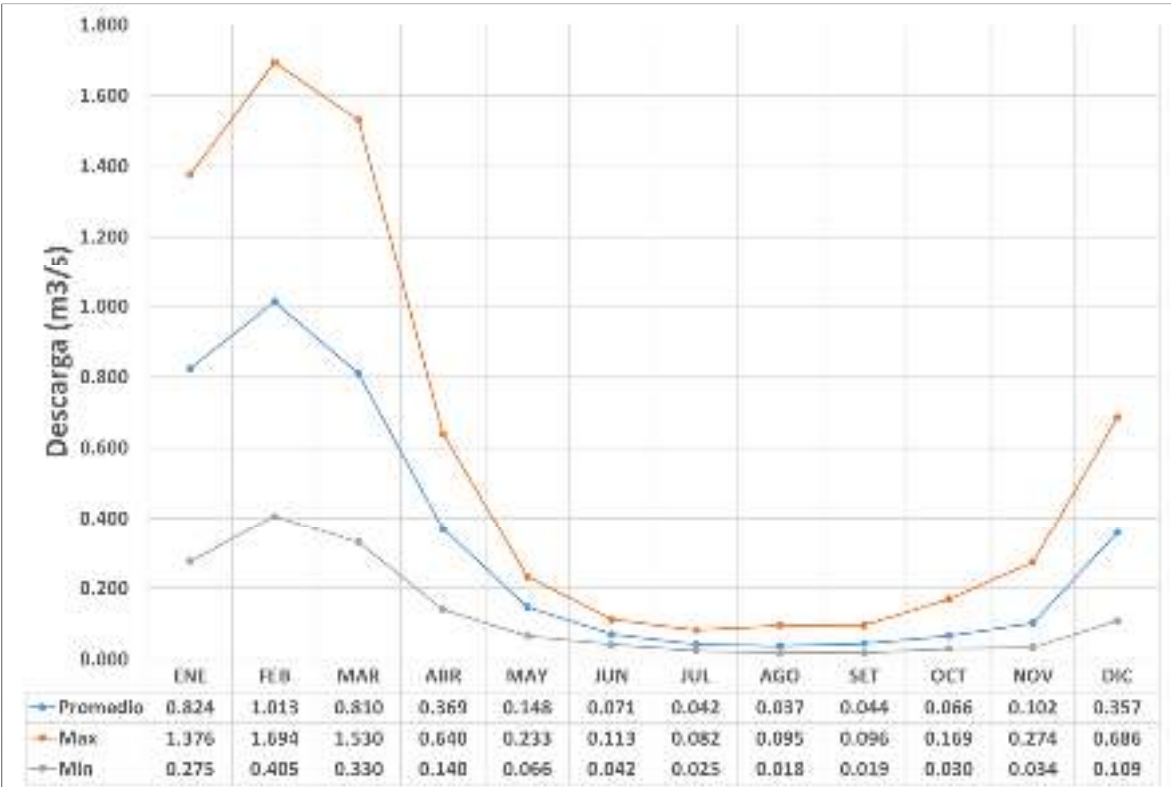


Gráfico 25: Hidrograma de caudales mensuales generados – Quebrada Azulaje



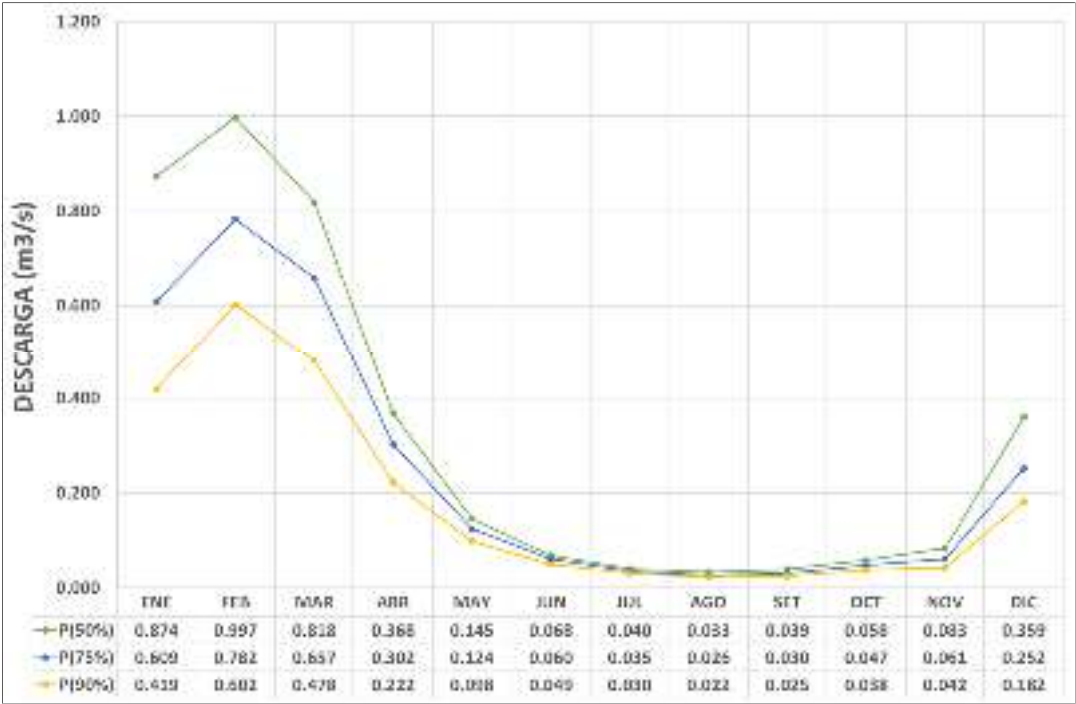
Fuente: Propia

Gráfico 26: Variación multianual de caudales generados - Quebrada Azulaje



Fuente: Propia

Gráfico 27: Variación de persistencia de caudales generados - Quebrada Azulaje



Fuente: Propia

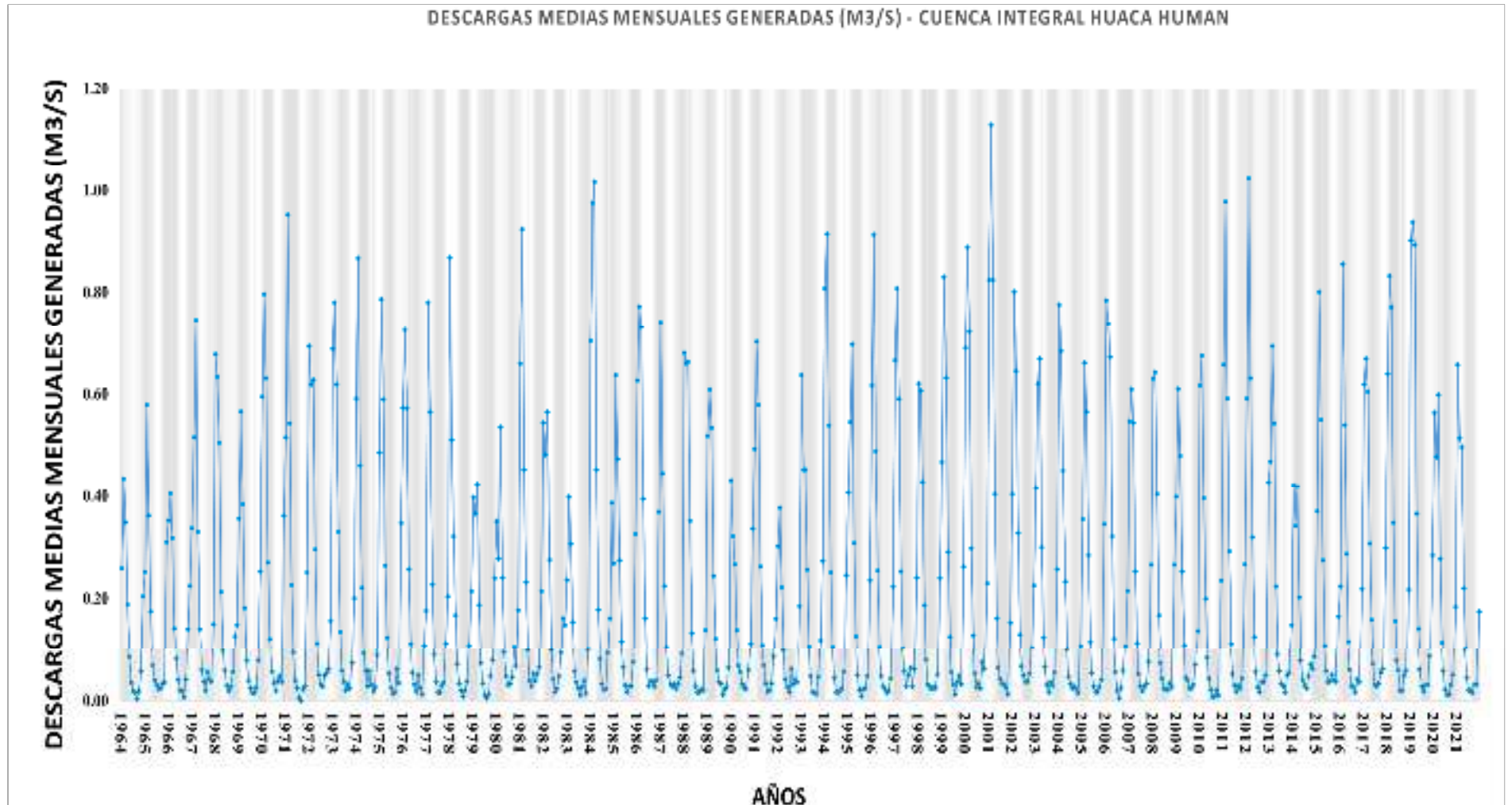
## Quebrada Huaca Human

Tabla 73: Descargas medias mensuales generadas - Quebrada Huaca Human

Descargas medias mensuales generadas - Quebrada Huaca Human													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total (m³/s)
1964	0.26	0.44	0.35	0.19	0.09	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.06	0.20	1.67
1965	0.25	0.58	0.36	0.18	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.31	1.93
1966	0.35	0.40	0.32	0.14	0.08	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	0.14	0.22	1.79
1967	0.34	0.52	0.75	0.33	0.14	0.06	0.04	0.02	0.06	0.04	0.04	0.15	2.47
1968	0.68	0.63	0.51	0.21	0.10	0.06	0.03	0.02	0.03	0.06	0.13	0.15	2.59
1969	0.36	0.57	0.38	0.18	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.08	0.25	2.02
1970	0.60	0.80	0.63	0.27	0.12	0.06	0.03	0.02	0.04	0.05	0.04	0.36	3.01
1971	0.52	0.95	0.54	0.23	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	0.25	2.70
1972	0.69	0.62	0.63	0.30	0.11	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.16	2.78
1973	0.69	0.78	0.62	0.33	0.14	0.06	0.04	0.02	0.03	0.02	0.07	0.20	3.00
1974	0.59	0.87	0.46	0.22	0.09	0.06	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.09	2.55
1975	0.49	0.79	0.59	0.26	0.12	0.05	0.02	0.01	0.02	0.06	0.03	0.35	2.80
1976	0.57	0.73	0.57	0.26	0.11	0.06	0.03	0.02	0.05	0.02	0.01	0.11	2.54
1977	0.18	0.78	0.57	0.23	0.09	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0.11	0.20	2.29
1978	0.87	0.51	0.32	0.17	0.07	0.03	0.02	0.01	0.02	0.04	0.11	0.21	2.38
1979	0.40	0.37	0.42	0.19	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.08	0.24	1.88
1980	0.35	0.28	0.54	0.24	0.09	0.05	0.03	0.03	0.05	0.10	0.07	0.18	2.01
1981	0.66	0.92	0.45	0.23	0.10	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.21	2.86
1982	0.54	0.48	0.57	0.28	0.10	0.04	0.02	0.02	0.05	0.09	0.16	0.15	2.50
1983	0.24	0.40	0.31	0.15	0.06	0.04	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.10	1.41
1984	0.70	0.98	1.02	0.45	0.18	0.08	0.03	0.02	0.02	0.09	0.16	0.39	4.13
1985	0.27	0.64	0.47	0.28	0.12	0.07	0.03	0.02	0.03	0.03	0.08	0.33	2.34
1986	0.63	0.77	0.73	0.39	0.16	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.37	3.29
1987	0.74	0.45	0.22	0.11	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.09	1.85
1988	0.68	0.66	0.66	0.35	0.13	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.14	2.79
1989	0.52	0.61	0.53	0.24	0.12	0.06	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.06	2.28
1990	0.43	0.32	0.27	0.14	0.07	0.06	0.03	0.03	0.02	0.06	0.11	0.34	1.87
1991	0.49	0.70	0.58	0.26	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.09	0.16	2.57
1992	0.30	0.38	0.22	0.10	0.04	0.03	0.02	0.06	0.03	0.04	0.04	0.19	1.44
1993	0.64	0.45	0.45	0.26	0.11	0.05	0.02	0.02	0.01	0.05	0.12	0.27	2.44
1994	0.81	0.91	0.54	0.25	0.10	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.25	3.04
1995	0.41	0.55	0.70	0.31	0.13	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.05	0.24	2.50
1996	0.62	0.91	0.49	0.25	0.11	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.22	2.78
1997	0.67	0.81	0.59	0.25	0.10	0.06	0.03	0.05	0.06	0.03	0.06	0.24	2.95
1998	0.62	0.61	0.43	0.19	0.08	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.24	2.35
1999	0.47	0.83	0.63	0.29	0.13	0.06	0.03	0.01	0.04	0.05	0.03	0.26	2.82
2000	0.69	0.89	0.72	0.30	0.13	0.05	0.03	0.03	0.02	0.08	0.06	0.23	3.23
2001	0.83	1.13	0.82	0.40	0.16	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.15	3.71
2002	0.40	0.80	0.65	0.33	0.13	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.10	0.23	2.88
2003	0.42	0.62	0.67	0.30	0.12	0.07	0.03	0.02	0.04	0.03	0.05	0.26	2.62
2004	0.78	0.68	0.45	0.23	0.10	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.11	2.52
2005	0.35	0.66	0.57	0.28	0.11	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.35	2.51
2006	0.78	0.74	0.67	0.32	0.12	0.06	0.02	0.01	0.03	0.06	0.11	0.22	3.13
2007	0.55	0.61	0.54	0.25	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.08	0.27	2.57
2008	0.63	0.64	0.40	0.17	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.27	2.36
2009	0.40	0.61	0.48	0.25	0.11	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.07	0.14	2.22
2010	0.62	0.68	0.40	0.20	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.24	2.32
2011	0.66	0.98	0.59	0.29	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.27	3.09
2012	0.59	1.02	0.63	0.32	0.13	0.06	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.43	3.34
2013	0.47	0.69	0.54	0.22	0.09	0.06	0.03	0.03	0.02	0.05	0.05	0.15	2.41
2014	0.42	0.34	0.42	0.20	0.08	0.04	0.03	0.02	0.05	0.07	0.06	0.09	1.82
2015	0.37	0.80	0.55	0.27	0.11	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.16	2.53
2016	0.22	0.86	0.54	0.29	0.12	0.06	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.22	2.45
2017	0.62	0.67	0.61	0.31	0.16	0.07	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.30	2.94
2018	0.64	0.83	0.77	0.35	0.16	0.08	0.06	0.02	0.02	0.05	0.06	0.22	3.25
2019	0.90	0.94	0.89	0.37	0.14	0.06	0.03	0.02	0.03	0.03	0.09	0.28	3.78
2020	0.56	0.48	0.60	0.28	0.11	0.06	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.18	2.40
2021	0.66	0.51	0.50	0.22	0.10	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.17	2.33
Prom.	0.54	0.68	0.54	0.26	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.22	2.57
Max	0.90	1.13	1.02	0.45	0.18	0.08	0.06	0.06	0.06	0.10	0.16	0.43	
Min	0.18	0.28	0.22	0.10	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.06	
Desv.	0.18	0.20	0.16	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	

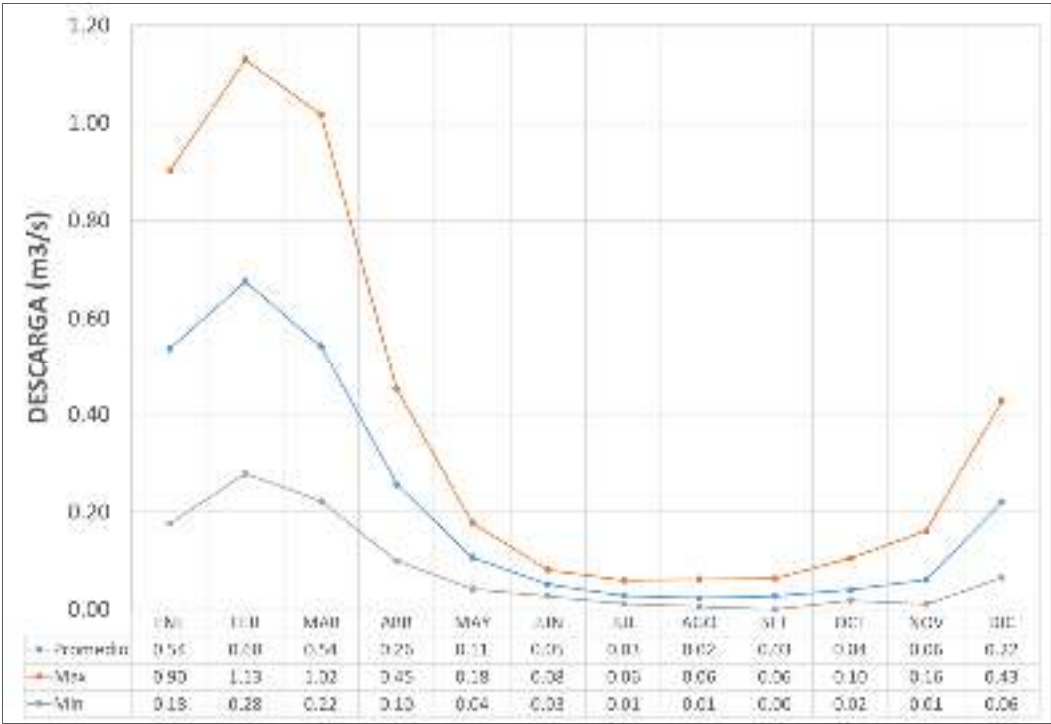
Fuente: Propia

Gráfico 28: Hidrograma de caudales mensuales generados – Quebrada Huaca Human



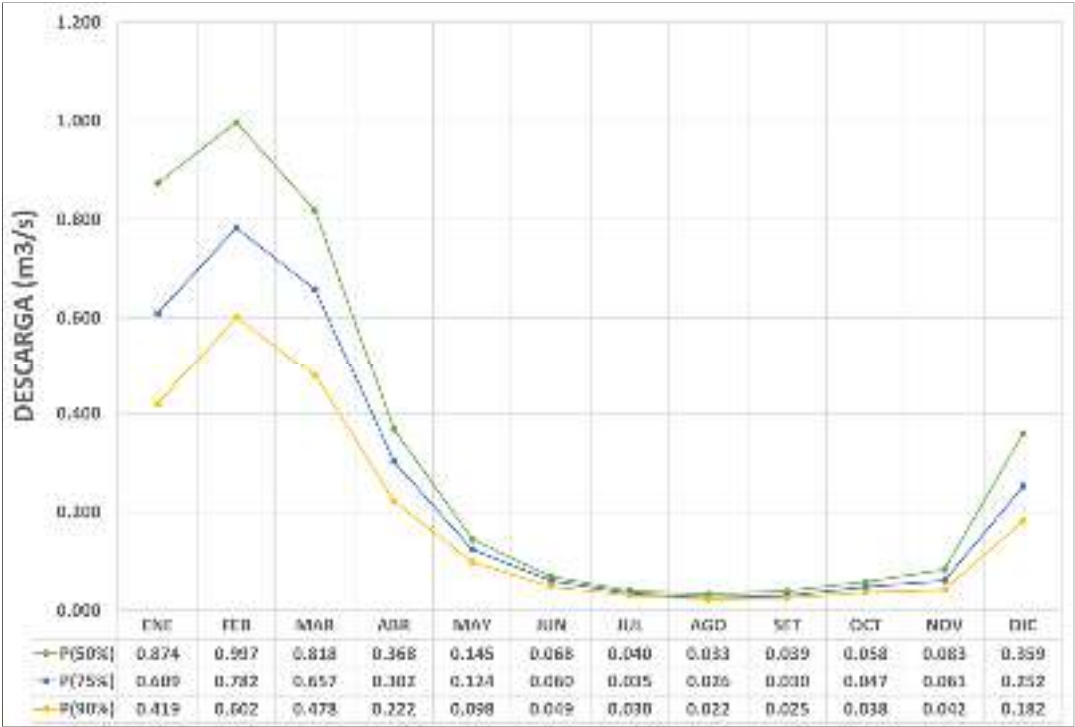
Fuente: Propia

Gráfico 29: Variación multianual de caudales generados - Quebrada Huaca Human



Fuente: Propia

Gráfico 30: Variación de persistencia de caudales generados - Quebrada Huaca Human



Fuente: Propia

## 5.5. CAUDALES ECOLÓGICOS SEGÚN NORMATIVA DEL ANA

Tabla 74: Caudales Ecológicos – Quebrada Azulaje

Caudales medios ecológicos mensuales generados - Microcuenca Azulaje													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (m³/s)
1964	0.04	0.07	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.27
1965	0.04	0.09	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.30
1966	0.05	0.06	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.28
1967	0.05	0.08	0.12	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.38
1968	0.10	0.09	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.39
1969	0.05	0.08	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.31
1970	0.09	0.12	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.06	0.44
1971	0.08	0.15	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.42
1972	0.11	0.09	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.41
1973	0.10	0.12	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.45
1974	0.09	0.13	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.38
1975	0.08	0.12	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.42
1976	0.09	0.11	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.39
1977	0.03	0.12	0.09	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.35
1978	0.13	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.36
1979	0.06	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.29
1980	0.05	0.04	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03	0.29
1981	0.10	0.14	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.44
1982	0.08	0.07	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.38
1983	0.04	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.22
1984	0.11	0.15	0.15	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.62
1985	0.04	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05	0.36
1986	0.10	0.12	0.11	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.49
1987	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.28
1988	0.10	0.10	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.42
1989	0.08	0.09	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.35
1990	0.07	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.30
1991	0.08	0.11	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.39
1992	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.22
1993	0.10	0.07	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.38
1994	0.12	0.14	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.45
1995	0.06	0.08	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.39
1996	0.09	0.14	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.42
1997	0.10	0.12	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.44
1998	0.09	0.09	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.35
1999	0.07	0.13	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.42
2000	0.11	0.13	0.11	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.48
2001	0.13	0.17	0.12	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.56
2002	0.06	0.12	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.43
2003	0.06	0.09	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.39
2004	0.12	0.10	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.38
2005	0.05	0.10	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.37
2006	0.12	0.11	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.47
2007	0.08	0.09	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.38
2008	0.10	0.10	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.35
2009	0.06	0.09	0.07	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.33
2010	0.09	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.36
2011	0.10	0.15	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.47
2012	0.09	0.15	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.07	0.50
2013	0.07	0.10	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.37
2014	0.07	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.28
2015	0.06	0.12	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.37
2016	0.04	0.13	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.37
2017	0.10	0.10	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.44
2018	0.10	0.12	0.11	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.48
2019	0.14	0.14	0.13	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.56
2020	0.09	0.07	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.37
2021	0.10	0.08	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.35
Prom.	0.08	0.10	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.388
Max	0.14	0.17	0.15	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	
Min	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
Desv.	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	

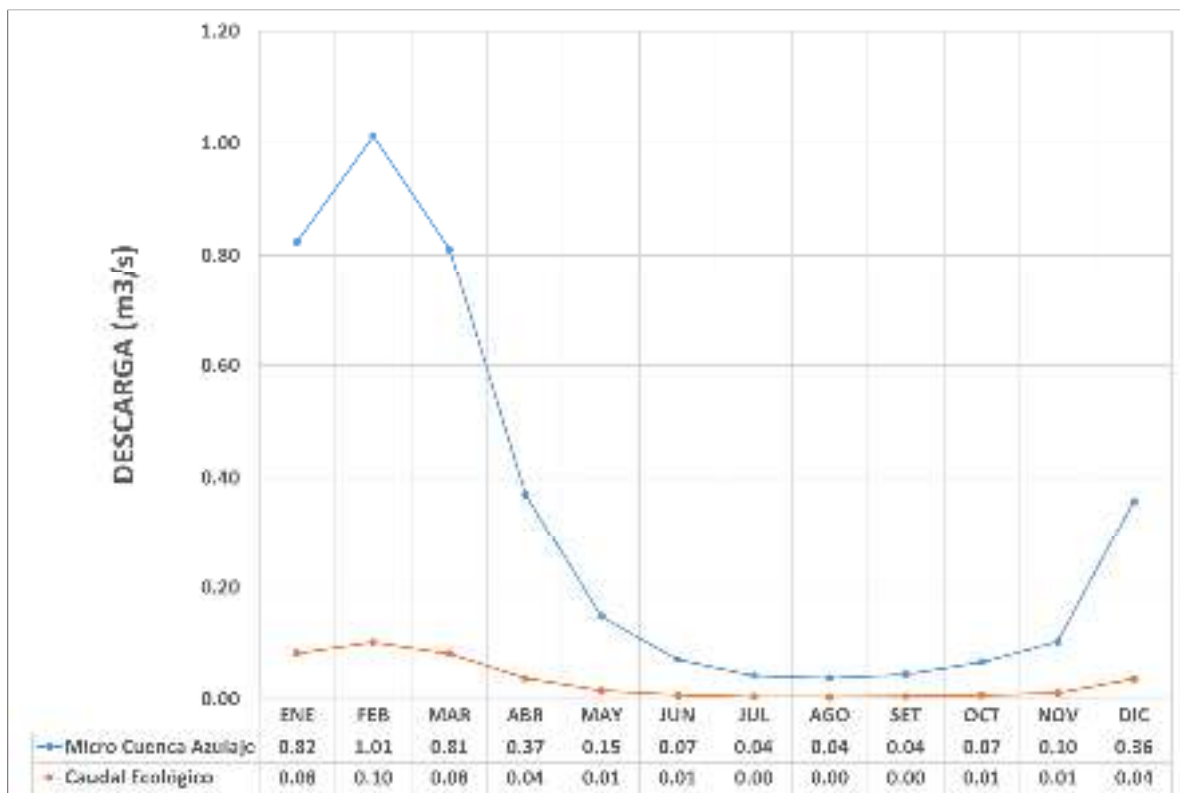
Fuente: Propia

Tabla 75: Variación multianual de caudales ecológicos y caudales generados  
– Quebrada Azulaje

Descripción	Und	Meses												Total (Hm³)
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Micro Cuenca Azulaje	m³/s	0.82	1.01	0.81	0.37	0.15	0.07	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.36	10.09
	Hm³	2.21	2.45	2.17	0.96	0.40	0.18	0.11	0.10	0.11	0.18	0.26	0.96	
Caudal Ecológico	m³/s	0.08	0.10	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	1.01
	Hm³	0.22	0.25	0.22	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.10	

Fuente: Propia

Gráfico 31: Variación multianual de caudales ecológicos - Quebrada Azulaje



Fuente: Propia



## Cuenca Integral Huaca Human

Tabla 76: Caudales Ecológicos – Quebrada Huaca Human

Caudales medios ecológicos mensuales generados - Quebrada Huaca Human													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total (m³/s)
1964	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.17
1965	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19
1966	0.04	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.18
1967	0.03	0.05	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.25
1968	0.07	0.06	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.26
1969	0.04	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.20
1970	0.06	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.30
1971	0.05	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.27
1972	0.07	0.06	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.28
1973	0.07	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.30
1974	0.06	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.25
1975	0.05	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.28
1976	0.06	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.25
1977	0.02	0.08	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.23
1978	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.24
1979	0.04	0.04	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.19
1980	0.04	0.03	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.20
1981	0.07	0.09	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.29
1982	0.05	0.05	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.25
1983	0.02	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14
1984	0.07	0.10	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.41
1985	0.03	0.06	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.23
1986	0.06	0.08	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.33
1987	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.19
1988	0.07	0.07	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.28
1989	0.05	0.06	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.23
1990	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.19
1991	0.05	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.26
1992	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14
1993	0.06	0.05	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.24
1994	0.08	0.09	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.30
1995	0.04	0.05	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.25
1996	0.06	0.09	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.28
1997	0.07	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.30
1998	0.06	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.24
1999	0.05	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.28
2000	0.07	0.09	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.32
2001	0.08	0.11	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.37
2002	0.04	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.29
2003	0.04	0.06	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.26
2004	0.08	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.25
2005	0.04	0.07	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.25
2006	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.31
2007	0.05	0.06	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.26
2008	0.06	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.24
2009	0.04	0.06	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.22
2010	0.06	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23
2011	0.07	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.31
2012	0.06	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.33
2013	0.05	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.24
2014	0.04	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.18
2015	0.04	0.08	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.25
2016	0.02	0.09	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.25
2017	0.06	0.07	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.29
2018	0.06	0.08	0.08	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.33
2019	0.09	0.09	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.38
2020	0.06	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.24
2021	0.07	0.05	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23
<b>Prom</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.26</b>
<b>Max</b>	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	
<b>Min</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	
<b>Desv.</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	

Fuente: Propia

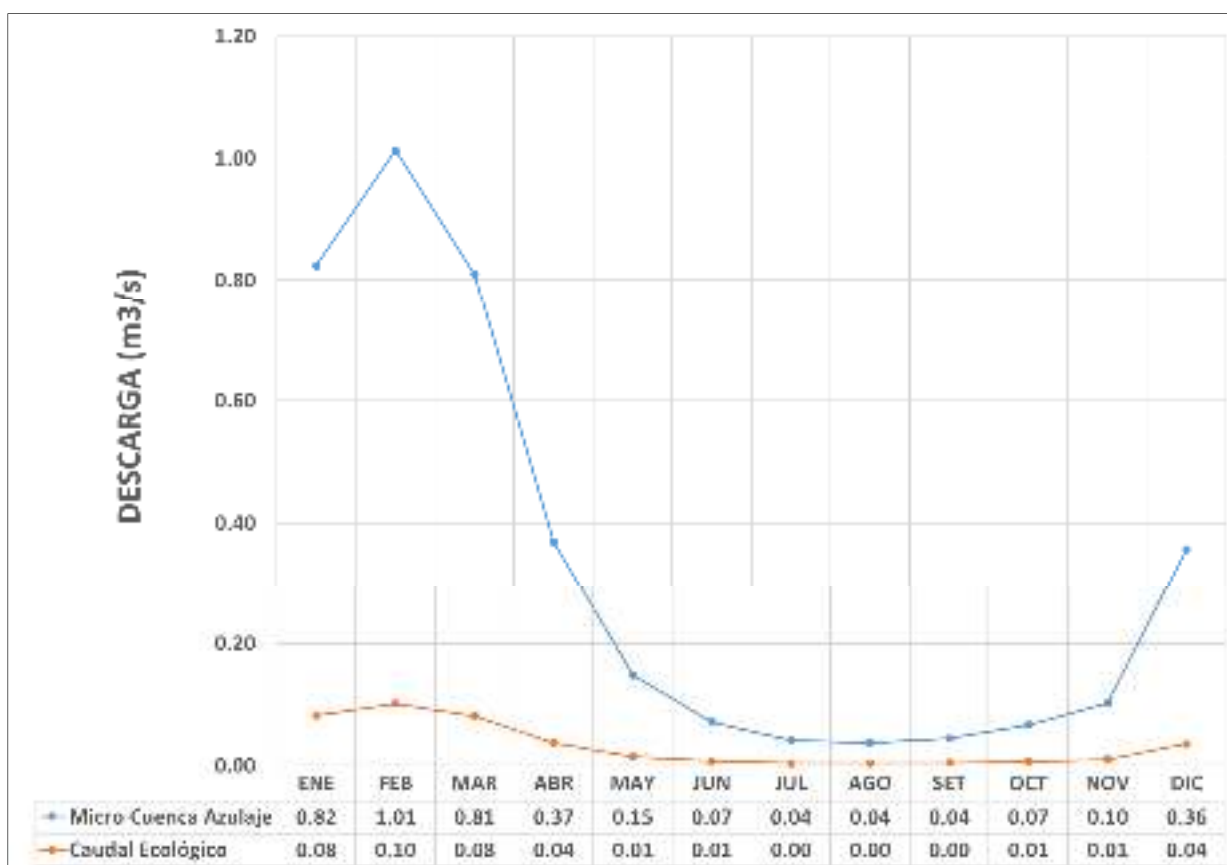


Tabla 77: Variación multianual de caudales ecológicos y caudales generados  
– Quebrada Huaca Human

Descripción	Und	Meses												Total (Hm³)
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>Quebrada Huaca Human</b>	m³/s	0.54	0.68	0.54	0.26	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.22	<b>6.68</b>
	Hm³/mes	1.44	1.63	1.45	0.66	0.29	0.13	0.08	0.06	0.07	0.11	0.16	0.59	
<b>Caudal Ecológico</b>	m³/s	0.05	0.07	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	<b>0.64</b>
	Hm³/mes	0.14	0.16	0.15	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	

Fuente: Propia

Gráfico 32: Variación multianual de caudales ecológicos - Quebrada Huaca Human



Fuente: Propia

## 5.6. DEMANDA DE HÍDRICA

Tabla 78: Demanda de agua con proyecto – Sector Pumahuasi

Demanda de agua para uso agrario según cedula de cultivo - Sector Pumahuasi											Eficiencia de aplicación de riego				38%	Demanda Anual (Hm³)
Nº	Cultivo	Parámetro	Und	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1	Rey Grass	"ETo"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.73	2.55	2.27	2.39	2.83	3.03	3.37	3.56	3.19	0.43
		"Pe"	(mm/día)	6.30	6.54	4.95	1.66	0.29	0.14	0.12	0.28	0.56	1.16	1.68	3.82	
		Área de Riego	ha	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95	
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.63	1.85	1.77	1.89	2.10	1.98	1.67	1.32	0.00	
		Volumen Mensual	(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	16.62	48.73	46.59	49.68	55.23	52.19	43.95	34.61	0.00	
Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	19945.90	60420.10	55912.68	61598.43	68483.82	62625.12	54497.91	41535.11	0.00			
2	Trébol	Área de Riego	ha	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.27
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95	
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.63	1.85	1.77	1.89	2.10	1.98	1.67	1.32	0.00	
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.66	4.87	4.66	4.97	5.52	5.22	4.39	3.46	0.00	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	16.62	48.73	46.59	49.68	55.23	52.19	43.95	34.61	0.00	
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	12466.19	37762.57	34945.43	38499.02	42802.39	39140.70	34061.19	25959.45	0.00	
3	Dactilys	Área de Riego	ha	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.27
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95	
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.63	1.85	1.77	1.89	2.10	1.98	1.67	1.32	0.00	
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.66	4.87	4.66	4.97	5.52	5.22	4.39	3.46	0.00	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	16.62	48.73	46.59	49.68	55.23	52.19	43.95	34.61	0.00	
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	12466.19	37762.57	34945.43	38499.02	42802.39	39140.70	34061.19	25959.45	0.00	
4	Avena	Área de Riego	ha	190.00	190.00	190.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	190.00	190.00	190.00	0.32
		"Kc"		1.15	0.98	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.88	1.15	
		"ETc"	(mm/día)	3.44	2.89	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	3.13	3.67	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	1.46	0.00	
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	3.84	0.00	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.34	38.36	0.00	
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	102160.06	218651.79	0.00	

5	Alfalfa	Área de Riego	ha	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	0.65
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.95	
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.32	2.17	1.93	2.03	2.41	2.58	2.86	3.03	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.66	1.88	1.79	1.91	2.13	2.01	1.70	1.35	
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.73	4.94	4.72	5.03	5.60	5.30	4.48	3.55	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	17.34	49.40	47.19	50.31	55.97	52.98	44.84	35.55	
Volumen Total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	31212.01	91878.31	84944.29	93567.49	104110.94	95372.94	83396.39	63988.99	0.00	
6	Papa "Chacra"	Área de Riego	ha	50.00	50.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	50.00	0.20
		"Kc"		0.91	1.06	1.02	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.85	0.91	
		"ETc"	(mm/día)	2.72	3.13	3.09	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	2.86	3.24	
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	1.70	1.56	
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	4.48	4.12	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00	25.08	44.84	41.17	
Volumen Total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	29242.90	0.00	0.00	0.00	0.00	37615.61	69496.99	61755.73	0.00	
7	Quinua	Área de Riego	ha	50.00	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	50.00	0.16
		"Kc"		0.89	0.83	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.80	0.91	
		"ETc"	(mm/día)	2.66	2.45	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	2.70	3.24	
		Demanda neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	1.54	1.56	
		Demanda mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	4.04	4.12	
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.08	40.40	41.17	
Volumen total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37615.61	62623.96	61755.73	0.00	
Demanda total bruta		(m³/mes)	0.000	0.000	0.000	105333.181	227823.548	210747.822	232163.965	258199.538	311510.676	440297.687	499606.256	0.000	2.29
		(Hm³/mes)	0.000	0.000	0.000	0.105	0.228	0.211	0.232	0.258	0.312	0.440	0.500	0.000	
		(m³/s)	0.000	0.000	0.000	0.041	0.085	0.081	0.087	0.096	0.120	0.164	0.193	0.000	

Fuente: Propia

Tabla 79: Demanda de agua con proyecto – Sector Oquebamba

Demanda de agua para uso agrario según cedula de cultivo - Sector Oquebamba															Eficiencia de aplicación de riego		38%
Nº	Cultivo	Parámetro	Und	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Demanda Anual (Hm³)	
				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
		"ETo"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.73	2.55	2.27	2.39	2.83	3.03	3.37	3.56	3.19		
		"Pe"	(mm/día)	6.13	6.36	4.82	1.62	0.28	0.13	0.12	0.27	0.55	1.13	1.63	3.72		
1	Rey Grass	Área de Riego	ha	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95		
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03		
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.68	1.86	1.77	1.89	2.11	2.00	1.70	1.36	0.00	0.54	
		Volumen	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.78	4.89	4.67	4.98	5.54	5.26	4.48	3.58	0.00		
		Mensual	(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	17.82	48.94	46.69	49.76	55.43	52.59	44.79	35.82	0.00		
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	26731.10	75850.00	70038.33	77132.17	85916.32	78889.86	69420.78	53732.28	0.00		
		2	Trébol	Área de Riego	ha	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
"Kc"				1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95		
"ETc"	(mm/día)			2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03		
Demanda Neta	(mm/día)			0.00	0.00	0.00	0.68	1.86	1.77	1.89	2.11	2.00	1.70	1.36	0.00	0.43	
Demanda	(mm/día)			0.00	0.00	0.00	1.78	4.89	4.67	4.98	5.54	5.26	4.48	3.58	0.00		
Mensual	(m³/ha/día)			0.00	0.00	0.00	17.82	48.94	46.69	49.76	55.43	52.59	44.79	35.82	0.00		
Volumen Total	(m³/ha/mes)			0.00	0.00	0.00	21384.88	60680.00	56030.66	61705.74	68733.05	63111.89	55536.62	42985.83	0.00		
3	Dactylis	Área de Riego	ha	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00		
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.95		
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.29	2.14	1.91	2.01	2.38	2.55	2.83	2.99	3.03		
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.68	1.86	1.77	1.89	2.11	2.00	1.70	1.36	0.00	0.32	
		Demanda	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.78	4.89	4.67	4.98	5.54	5.26	4.48	3.58	0.00		
		Mensual	(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	17.82	48.94	46.69	49.76	55.43	52.59	44.79	35.82	0.00		
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	16038.66	45510.00	42023.00	46279.30	51549.79	47333.92	41652.47	32239.37	0.00		
4	Avena	Área de Riego	ha	305.00	305.00	305.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	305.00	305.00	305.00		
		"Kc"		1.15	0.98	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.88	1.15		
		"ETc"	(mm/día)	3.44	2.89	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	3.13	3.67		
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	1.50	0.00	0.53	
		Demanda	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	3.96	0.00		
		Mensual	(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.18	39.57	0.00		
		Volumen Total	(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	171913.98	362055.34	0.00		

5	Alfalfa	Área de Riego	ha	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	0.77	
		"Kc"		1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.95		
		"ETc"	(mm/día)	2.99	2.95	3.03	2.32	2.17	1.93	2.03	2.41	2.58	2.86	3.03		
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.70	1.89	1.80	1.91	2.13	2.03	1.74	1.40		0.00
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	1.85	4.96	4.73	5.04	5.62	5.34	4.57	3.68		0.00
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	18.54	49.61	47.29	50.39	56.17	53.39	45.67	36.76		0.00
Volumen Total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	38932.23	107646.18	99308.13	109349.86	121898.92	112120.28	99113.54	77192.56	0.00		
6	Papa "Chacra"	Área de Riego	ha	90.00	90.00	90.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	90.00	90.00	0.37	
		"Kc"		0.91	1.06	1.02	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.85	0.91		0.91
		"ETc"	(mm/día)	2.72	3.13	3.09	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	2.86	3.24		2.90
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.74	1.61		0.00
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	4.57	4.24		0.00
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	20.69	0.00	0.00	0.00	0.00	25.48	45.67	42.38		0.00
Volumen Total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	55874.94	0.00	0.00	0.00	0.00	68803.33	127431.69	114424.42	0.00		
7	Quinua	Área de Riego	ha	90.00	90.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	90.00	90.00	0.30	
		"Kc"		0.89	0.83	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.80	0.91		0.93
		"ETc"	(mm/día)	2.66	2.45	1.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	2.70	3.24		2.97
		Demanda Neta	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.57	1.61		0.00
		Demanda Mensual	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	4.12	4.24		0.00
			(m³/ha/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.48	41.24	42.38		0.00
Volumen Total		(m³/ha/mes)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68803.33	115060.24	114424.42	0.00		
Demanda Total Bruta		(m³/mes)	0.0	0.0	0.0	158961.8	289686.2	267400.1	294467.1	328098.1	439062.6	680129.3	797054.2	0.0	3.25	
		(Hm³/mes)	0.000	0.000	0.000	0.159	0.290	0.267	0.294	0.328	0.439	0.680	0.797	0.000		
		(m³/s)	0.000	0.000	0.000	0.061	0.108	0.103	0.110	0.122	0.169	0.254	0.308	0.000		

Fuente: Propia

## 5.7. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Tabla 80: Disponibilidad hídrica - Microcuenca del Rio Huayllumayo

Componentes	Und	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total (Hm³)
Aguas superficiales Microcuenca Huayllumayo - Azulaje al 75% Persistencia	m³/s	0.609	0.782	0.657	0.302	0.124	0.060	0.035	0.026	0.030	0.047	0.061	0.252	<b>7.756</b>
	l/s	608.814	782.347	657.354	302.128	124.375	60.047	35.319	25.873	30.482	47.091	60.570	251.762	
	Hm³	1.631	1.893	1.761	0.783	0.333	0.156	0.095	0.069	0.079	0.126	0.157	0.674	
Aguas superficiales Quebrada Huaca Human al 75% Persistencia	m³/s	0.399	0.515	0.446	0.211	0.089	0.042	0.024	0.017	0.017	0.026	0.037	0.155	<b>5.136</b>
	l/s	398.851	515.385	445.810	210.621	88.890	41.773	23.931	16.857	17.178	25.981	36.550	155.312	
	Hm³	1.068	1.247	1.194	0.546	0.238	0.108	0.064	0.045	0.045	0.070	0.095	0.416	
<b>TOTAL</b>	<b>Hm³</b>	<b>2.699</b>	<b>3.139</b>	<b>2.955</b>	<b>1.329</b>	<b>0.571</b>	<b>0.264</b>	<b>0.159</b>	<b>0.114</b>	<b>0.124</b>	<b>0.196</b>	<b>0.252</b>	<b>1.090</b>	<b>12.892</b>

Fuente: Propia

## 5.8. BALANCE HÍDRICO

Tabla 81: Balance Hídrico Sin proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo

Balance hídrico sin proyecto en la microcuenca Rio Huayllumayo - Azulaje														
Componentes	Und	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total (Hm³)
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Demanda hídrica	Caudal ecológico Rio Huayllumayo - Azulaje	m³/s	0.082	0.101	0.081	0.037	0.015	0.007	0.004	0.004	0.004	0.007	0.010	0.036
		l/s	82.399	101.300	81.003	36.928	14.780	7.101	4.191	3.745	4.430	6.620	10.216	<b>1.009</b>
		Hm³	0.221	0.245	0.217	0.096	0.040	0.018	0.011	0.010	0.011	0.018	0.026	
	Caudal ecológico Quebrada Huaca Human	m³/s	0.054	0.068	0.054	0.026	0.011	0.005	0.003	0.002	0.003	0.004	0.006	0.022
		l/s	53.742	67.536	54.213	25.644	10.713	5.156	2.849	2.311	2.728	4.030	6.084	<b>0.652</b>
		Hm³	0.144	0.163	0.145	0.066	0.029	0.013	0.008	0.006	0.007	0.011	0.000	
	<b>Total</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.365</b>	<b>0.408</b>	<b>0.362</b>	<b>0.162</b>	<b>0.068</b>	<b>0.032</b>	<b>0.019</b>	<b>0.016</b>	<b>0.019</b>	<b>0.029</b>	<b>0.026</b>	<b>0.155</b>
	Aguas superficiales microcuenca Huayllumayo - Azulaje al 75% persistencia	m³/s	0.609	0.782	0.657	0.302	0.124	0.060	0.035	0.026	0.030	0.047	0.061	0.252
		l/s	608.814	782.347	657.354	302.128	124.375	60.047	35.319	25.873	30.482	47.091	60.570	<b>7.756</b>
		Hm³	1.631	1.893	1.761	0.783	0.333	0.156	0.095	0.069	0.079	0.126	0.157	
Oferta hídrica	Aguas superficiales Quebrada Huaca Human al 75% persistencia	m³/s	0.399	0.515	0.446	0.211	0.089	0.042	0.024	0.017	0.017	0.026	0.037	0.155
		l/s	398.851	515.385	445.810	210.621	88.890	41.773	23.931	16.857	17.178	25.981	36.550	<b>5.136</b>
		Hm³	1.068	1.247	1.194	0.546	0.238	0.108	0.064	0.045	0.045	0.070	0.095	
Balance hídrico	<b>Total</b>	<b>Hm³</b>	<b>2.699</b>	<b>3.139</b>	<b>2.955</b>	<b>1.329</b>	<b>0.571</b>	<b>0.264</b>	<b>0.159</b>	<b>0.114</b>	<b>0.124</b>	<b>0.196</b>	<b>0.252</b>	<b>1.090</b>
	<b>Demanda atendida</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.365</b>	<b>0.408</b>	<b>0.362</b>	<b>0.162</b>	<b>0.068</b>	<b>0.032</b>	<b>0.019</b>	<b>0.016</b>	<b>0.019</b>	<b>0.029</b>	<b>0.026</b>	<b>0.155</b>
	<b>Superávit</b>	<b>Hm³</b>	<b>2.334</b>	<b>2.731</b>	<b>2.593</b>	<b>1.167</b>	<b>0.503</b>	<b>0.232</b>	<b>0.140</b>	<b>0.098</b>	<b>0.105</b>	<b>0.167</b>	<b>0.225</b>	<b>11.231</b>
	<b>Déficit</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

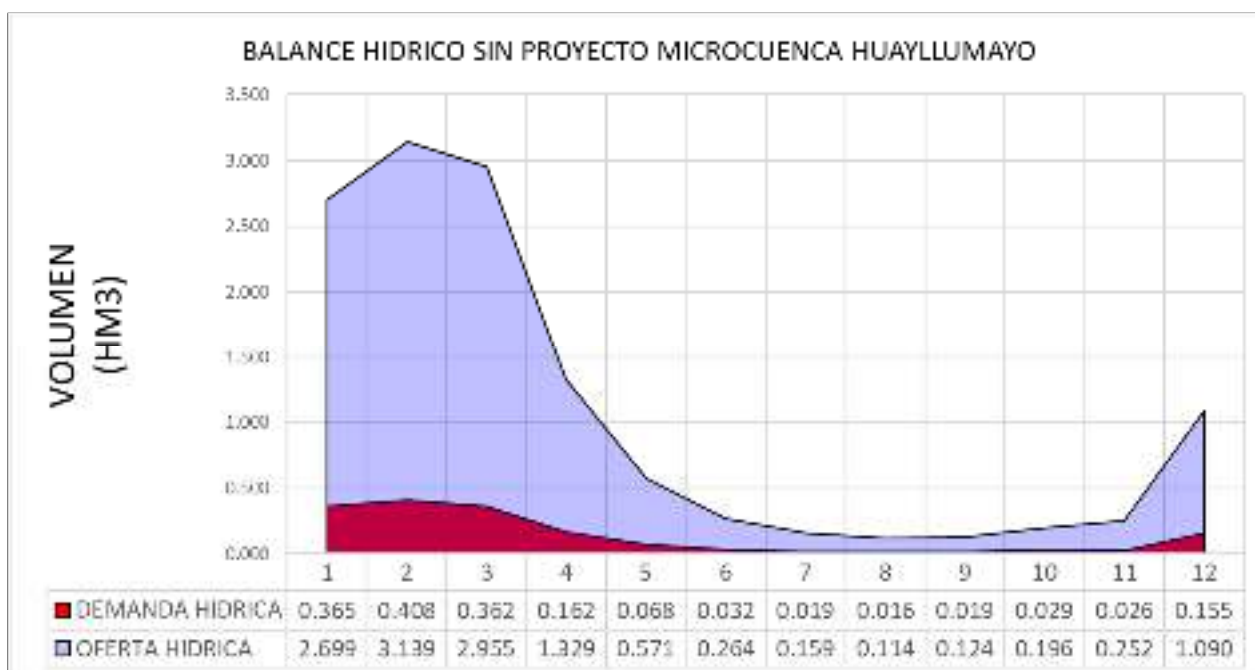
Fuente: Propia

Tabla 82: Balance Hídrico Con proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo

Balance hídrico con proyecto en la microcuenca Rio Huayllumayo														
Componentes	Und	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	(Hm³)
Demanda hídrica	Caudal ecológico	m³/s	0.082	0.101	0.081	0.037	0.015	0.007	0.004	0.004	0.004	0.007	0.010	0.036
	Quebrada Azulaje	l/s	82.399	101.300	81.003	36.928	14.780	7.101	4.191	3.745	4.430	6.620	10.216	35.721
		Hm³	0.221	0.245	0.217	0.096	0.040	0.018	0.011	0.010	0.011	0.018	0.026	0.096
	Caudal ecológico	m³/s	0.054	0.068	0.054	0.026	0.011	0.005	0.003	0.002	0.003	0.004	0.006	0.022
	Quebrada Huaca Human	l/s	53.742	67.536	54.213	25.644	10.713	5.156	2.849	2.311	2.728	4.030	6.084	22.065
		Hm³	0.144	0.163	0.145	0.066	0.029	0.013	0.008	0.006	0.007	0.011	0.000	0.059
	Uso agrícola Sector Pumahuasi	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.041	0.085	0.081	0.087	0.096	0.120	0.164	0.193	0.000
		l/s	0.000	0.000	0.000	40.638	85.060	81.307	86.680	96.401	120.182	164.388	192.749	0.000
		Hm³	0.000	0.000	0.000	0.105	0.228	0.211	0.232	0.258	0.312	0.440	0.500	0.000
	Uso agrícola Sector Oquebamba	m³/s	0.000	0.000	0.000	0.061	0.108	0.103	0.110	0.122	0.169	0.254	0.308	0.000
		l/s	0.000	0.000	0.000	61.328	108.156	103.164	109.941	122.498	169.391	253.931	307.505	0.000
		Hm³	0.000	0.000	0.000	0.159	0.290	0.267	0.294	0.328	0.439	0.680	0.797	0.000
	<b>Total</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.365</b>	<b>0.408</b>	<b>0.362</b>	<b>0.426</b>	<b>0.586</b>	<b>0.510</b>	<b>0.545</b>	<b>0.603</b>	<b>0.769</b>	<b>1.149</b>	<b>1.323</b>	<b>0.155</b>
														<b>7.201</b>
Oferta hídrica	Aguas superficiales Quebrada Azulaje al 75% persistencia	m³/s	0.609	0.782	0.657	0.302	0.124	0.060	0.035	0.026	0.030	0.047	0.061	0.252
		l/s	308.814	782.347	657.354	302.128	124.375	60.047	35.319	25.873	30.482	47.091	60.570	251.762
		Hm³	1.631	1.893	1.761	0.783	0.333	0.156	0.095	0.069	0.079	0.126	0.157	0.674
	Aguas superficiales Quebrada Huaca Human al 75% persistencia	m³/s	0.399	0.515	0.446	0.211	0.089	0.042	0.024	0.017	0.017	0.026	0.037	0.155
		l/s	398.851	515.385	445.810	210.621	88.890	41.773	23.931	16.857	17.178	25.981	36.550	155.312
		Hm³	1.068	1.247	1.194	0.546	0.238	0.108	0.064	0.045	0.045	0.070	0.095	0.416
Balance hídrico	<b>Total</b>	<b>Hm³</b>	<b>2.699</b>	<b>3.139</b>	<b>2.955</b>	<b>1.329</b>	<b>0.571</b>	<b>0.264</b>	<b>0.159</b>	<b>0.114</b>	<b>0.124</b>	<b>0.196</b>	<b>0.252</b>	<b>1.090</b>
														<b>12.892</b>
	<b>Demanda atendida</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.365</b>	<b>0.408</b>	<b>0.362</b>	<b>0.426</b>	<b>0.015</b>	<b>0.246</b>	<b>0.387</b>	<b>0.488</b>	<b>0.646</b>	<b>0.953</b>	<b>1.071</b>	<b>0.155</b>
	<b>Superávit</b>	<b>Hm³</b>	<b>2.334</b>	<b>2.731</b>	<b>2.593</b>	<b>0.903</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.936</b>
	<b>Déficit</b>	<b>Hm³</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.015</b>	<b>0.246</b>	<b>0.387</b>	<b>0.488</b>	<b>0.646</b>	<b>0.953</b>	<b>1.071</b>	<b>0.000</b>
														<b>3.806</b>

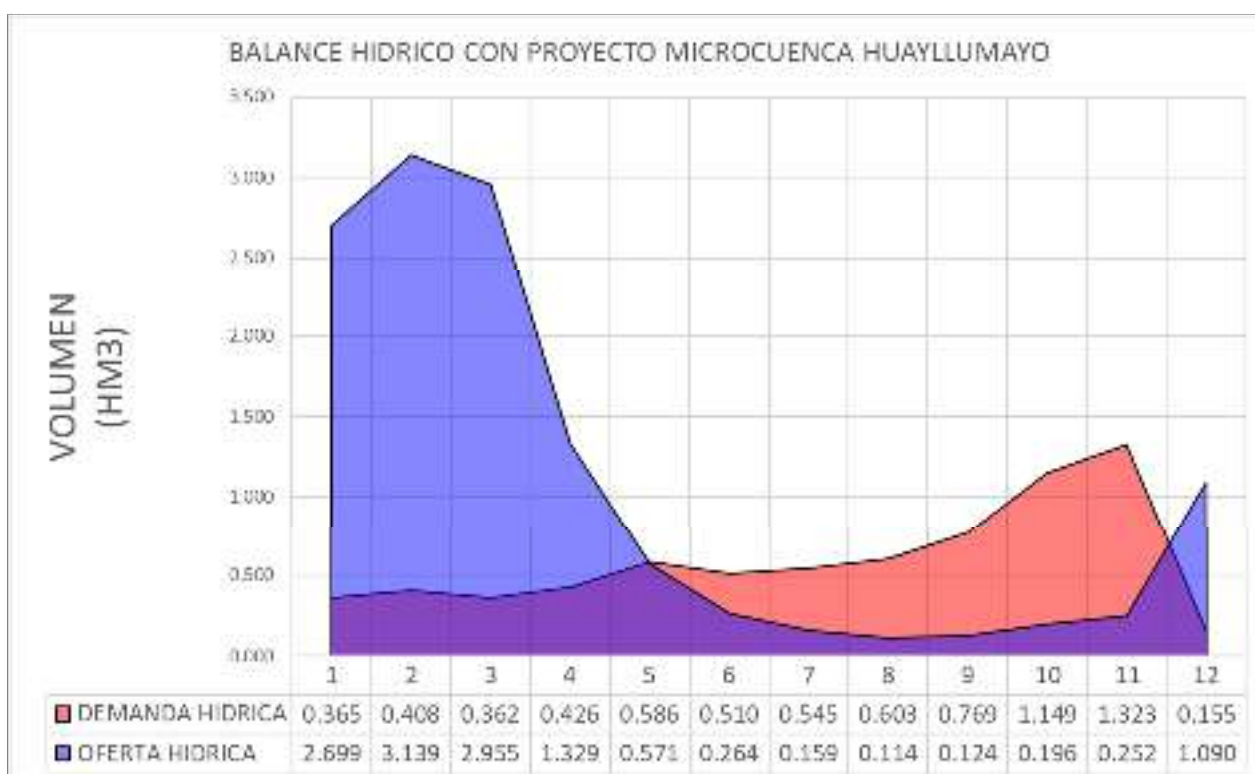
Fuente: Propia

Gráfico 33: Balance Hídrico Sin proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo



Fuente: Propia

Gráfico 34: Balance Hídrico Con proyecto – Microcuenca Rio Huayllumayo



Fuente: Propia



## 5.9. AVENIDAS MÁXIMAS

### Precipitación Máxima en 24 horas

Tabla 83: Precipitación Máxima en 24 horas – Estación Sicuani

Precipitación máxima en 24 hr (mm) - Estación Sicuani													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
1964	29.00	16.50	33.00	22.00	17.00	0.00	2.50	3.20	8.50	10.50	15.20	8.20	33.00
1965	7.30	20.30	20.50	15.20	1.10	0.00	1.50	2.80	15.00	23.00	12.00	24.00	24.00
1966	13.00	29.10	16.20	3.00	15.40	0.00	0.00	1.60	9.30	31.50	19.00	22.00	31.50
1967	14.00	28.30	22.20	10.00	3.20	1.40	9.00	10.00	11.00	11.00	9.00	29.80	29.80
1968	10.40	17.00	43.70	17.00	0.00	0.00	8.00	15.50	10.00	11.30	34.00	11.20	43.70
1969	20.10	14.40	17.80	13.80	3.60	1.80	8.00	1.60	10.00	18.00	14.20	17.90	20.10
1970	31.00	16.50	17.90	14.10	4.10	0.00	0.00	0.00	11.10	11.80	17.50	25.00	31.00
1971	25.20	29.90	24.80	31.80	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	9.80	31.80
1972	19.20	14.20	15.60	24.70	3.10	0.00	11.00	15.50	0.00	4.10	10.30	14.80	24.70
1973	26.80	22.20	19.90	18.40	3.10	0.00	1.60	7.30	4.10	10.90	9.30	18.60	26.80
1974	20.40	32.50	17.20	9.50	0.80	4.30	0.00	4.90	19.20	3.60	8.50	13.64	32.50
1975	22.80	16.40	20.80	7.50	6.20	0.40	0.00	5.20	12.30	5.30	15.20	25.40	25.40
1976	22.60	9.80	19.80	8.10	8.80	4.10	3.70	7.50	6.10	7.80	10.70	16.50	22.60
1977	22.20	24.80	19.20	10.40	3.20	0.00	0.80	0.00	10.10	10.20	12.00	19.80	24.80
1993	27.70	17.50	29.50	12.70	0.00	1.20	1.50	4.80	11.50	20.20	30.40	21.50	30.40
1994	23.10	19.30	20.00	20.00	10.00	0.30	0.00	1.20	4.10	17.90	15.40	24.50	24.50
1995	18.80	16.60	14.00	17.50	3.10	1.20	1.60	0.00	6.50	8.00	23.40	27.00	27.00
1996	12.70	17.90	40.60	14.30	7.30	0.00	0.00	7.40	10.60	15.00	11.60	16.80	40.60
1997	20.60	40.50	28.00	16.10	2.00	0.00	5.20	6.50	5.80	7.70	17.50	14.50	40.50
1998	24.20	28.10	10.20	6.30	0.00	0.00	0.00	4.20	1.70	26.30	10.00	28.80	28.80
1999	16.40	18.20	10.80	18.80	13.90	3.20	0.30	0.00	16.50	6.00	10.60	24.80	24.80
2000	17.20	22.50	22.30	6.20	4.00	6.00	4.40	1.30	8.30	25.80	8.90	15.30	25.80
2001	35.40	18.60	31.60	16.50	10.20	1.20	5.70	4.40	14.80	17.10	14.50	36.00	36.00
2002	32.50	27.70	17.20	34.60	16.00	0.00	6.00	3.20	8.20	15.20	16.50	23.10	34.60
2003	26.00	12.30	24.80	15.00	6.60	6.60	0.00	6.10	1.20	9.70	9.50	30.40	30.40
2004	16.10	34.10	18.50	14.40	2.90	2.70	2.80	5.60	12.00	7.70	14.00	15.60	34.10
2005	12.80	44.40	23.50	9.10	4.50	0.00	1.60	0.00	6.20	11.10	18.10	15.00	44.40
2006	18.30	23.50	12.10	29.80	3.30	5.30	0.00	8.00	8.30	8.20	19.00	25.20	29.80
2007	24.50	12.50	28.80	8.40	1.90	0.00	6.80	0.00	12.50	12.60	20.20	18.60	28.80
2008	18.20	22.90	31.30	7.40	6.00	0.70	0.60	0.60	1.60	23.70	9.00	24.70	31.30
2009	13.60	15.50	11.90	10.10	5.20	0.00	3.70	0.00	4.80	12.30	18.40	20.00	20.00
2010	24.70	20.60	22.30	19.10	2.30	0.00	0.00	5.70	1.60	13.40	23.70	22.70	24.70
2011	12.70	11.40	22.80	32.50	12.40	2.90	2.90	1.00	11.00	14.60	6.80	34.10	34.10
2012	31.50	31.60	17.50	16.60	0.50	3.20	0.80	0.00	5.50	9.40	16.00	22.40	31.60
2013	28.30	25.80	11.20	5.80	6.30	3.50	0.00	7.40	0.90	7.00	14.30	20.70	28.30
2014	19.60	23.30	15.90	11.00	3.80	0.00	0.20	5.90	10.00	8.50	5.60	23.30	23.30
2015	28.50	20.20	17.90	12.40	3.80	2.40	9.40	5.50	5.50	14.10	19.70	21.00	28.50
2016	34.20	32.20	11.00	20.30	2.50	0.00	0.30	3.60	6.70	12.90	21.31	15.70	34.20
2017	22.20	27.40	18.00	20.80	14.90	0.00	2.20	12.70	11.30	40.10	28.80	15.70	40.10
2018	19.00	35.50	21.10	11.20	2.80	10.00	18.70	10.80	3.00	15.90	28.40	13.60	35.50
2019	20.80	19.70	17.00	3.83	6.90	0.00	0.00	0.00	0.50	10.40	32.50	32.70	32.70
2020	14.20	32.40	14.60	6.00	9.30	0.10	0.00	0.00	7.50	11.60	12.00	25.80	32.40

Fuente: SENAMHI/Estudio: Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros

Tabla 84: Precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno

Periodo de retorno T (años)	Hidroesta 2 precipitación máxima (mm)	Precipitación máxima corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia
2	29.97	33.87	50.000%
5	35.23	39.81	80.000%
10	38.26	43.23	90.000%
25	41.71	47.13	96.000%
50	44.05	49.78	98.000%
100	46.25	52.26	99.000%
200	48.30	54.58	99.500%
500	50.88	57.49	99.800%
1000	52.71	59.56	99.900%
2000	54.43	61.51	99.950%

Fuente: Propia

## Riesgo de excedencia y Caudal de Diseño (Método Mac Math)

Tabla 85: Riesgo de excedencia y caudal de diseño para diferentes periodos de retorno

									Parámetros de intensidad		
									$I = \frac{335.072 \times T^{0.0860}}{D^{0.750}}$		
									K =	m =	n =
									335.072	0.0860	0.750
Riesgo de excedencia				Parámetros de cuenca					Intensidad y Caudal		
Tipo de obra	Periodo de retorno T (años)	Vida útil (años)	Riesgo de excedencia	Cuenca	Área (ha)	Coefficiente de escorrentía	Pendiente promedio del cauce principal	Tiempo de concentración (Kirpich) min	Intensidad máxima, igual al tiempo de concentración (mm/hr)	Caudal de diseño (m3/s)	
Represa	2		100.00%						30.11	44.66	
	5		100.00%						32.57	48.32	
	10		99.48%						34.57	51.29	
	25		87.01%						37.41	55.50	
	50	50	63.58%	Quebrada Azulaje	2,105.86	0.58	9.22%	26.91	39.71	58.90	
	100		39.50%						42.15	62.52	
	200		22.17%						44.74	66.36	
	500		9.53%						48.40	71.80	
	1000		4.88%						51.38	76.21	
	2		100.00%						19.47	18.39	
Bocatoma	5		99.62%						21.07	19.90	
	10		92.82%						22.36	21.12	
	25	25	63.96%	Quebrada Huaca Human	1,578.03	0.52	4.90%	48.11	24.19	22.86	
	50		39.65%						25.68	24.26	
	100		22.22%						27.26	25.75	
	200		11.78%						28.93	27.33	
	500		4.88%						31.30	29.57	
	1000		2.47%						33.23	31.39	

Fuente: Propia

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- Se concluye en la obtención de los parámetros geomorfológicos lo siguiente: parámetros de forma, de relieve y de red hidrográfica de la microcuenca en estudio, así como las curvas hipsométricas de las quebradas generadas.
- Se concluyó que los análisis que se realizaron a la información pluviométrica entregada por el senamhi no requirieron correcciones ya que dichos datos se encontraban dentro de los rangos aceptados para el estudio.
- Se concluye que el método Lutz Scholz sirvió para la generación de caudales en las quebradas de Azulaje y Huaca Human en base a eso se logró hallar los caudales ecológicos según la normativa del ANA.
- Se concluye que la disponibilidad hídrica de la microcuenca es de aproximadamente 12.892 Hm<sup>3</sup>.
- Se concluye que la demanda hídrica para uso agrícola de los sectores de Pumahuasi y Oquebamba es de 2,29 Hm<sup>3</sup> y de 3.25 Hm<sup>3</sup> respectivamente.
- Según el balance hídrico podemos concluir que en los meses de diciembre y marzo la oferta hídrica es superior a la demanda requerida y en los meses de abril a noviembre la oferta hídrica es superada por la demanda.
- Se concluye que los caudales de diseño para avenidas máximas en una represa y una bocatoma es de respectivamente 58.9 m<sup>3</sup>/s. y 24.26 m<sup>3</sup>/s.

## **CAPITULO VII: RECOMENDACIONES**

- Realizar capacitaciones poblacionales para un mejor manejo del recurso hídrico para uso agrícola.
- Construcción de canales para una buena distribución del recurso hídrico en los predios de cultivos de cada uno de los pobladores de las comunidades.
- Construcción de una represa de captación de agua con el fin de satisfacer las necesidades hídricas en tiempos de sequía en la zona y así la oferta hídrica pueda superar la demanda.
- A las entidades competentes se les recomienda dar previas capacitaciones en los tiempos que los pobladores empezaran con la campaña de siembra, así mismo ayudarles e instruirlos en el mejor manejo del agua para sus tierras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Béjar, M. V. (2015). Cálculos hidrológicos e hidráulicos en Cuencas Hidrográficas. Lima: Villón.
- Baldeon Jara, L. (2016). "MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA SUB CUENTA DEL RIO ACHAMAYO" (*Tesis de titulación*). Universidad del centro del Perú.
- Tejada Espinoza, H. E. (2014). "ESTUDIO HIDROLOGICO DE MAXIMAS AVENIDAS DE LA SUBCUENCA JUANA RIOS – CUENCA CHANCAY – LAMBAYEQUE" (*tesis de titulación*). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México, D.F.: Francisco
- Reyes Rodríguez, T. M. (2017). Hidrología para ingenieros. Huaraz-Perú, Toribio.
- Autoridad Nacional del Agua- Ana Gobierno del Perú. Balance hídrico superficial de las subcuencas de los Ríos Salado, Cañipia y Huayllumayo. Perú, <http://www.gob.pe/ana>
- Huaranga Manrique, D. F. (2019). "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO HIDRÁULICO DE LA BOCATOMA ZAPATERO EN LA LOCALIDAD DE CASCAJAL, DISTRITO DE OLMOS, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE" (*tesis de titulación*). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Córdova Gonzales, J. D. (2016). "DETERMINACION DEL VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE PURAPA EN LA SUBCUENCA VICHAYCOCHA" (*tesis de titulación*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- SENAMHI 2012. Caracterización de la oferta hídrica superficial: Cuenca Pampas, Apurímac y Urubamba. Serie de investigación regional N°03. Programa de adaptación al cambio climático PACC- Perú.

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería: 2da edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., German.

Juan M.G. Racca (2007). Análisis Hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de modelos digitales del terreno.

Javier Sánchez Room (2006). Dpto. Geología de la Universidad de Salamanca

## ANEXOS

### **ANEXO A: Delimitación de la Microcuenca y Determinación de los parámetros geomorfológicos**

Las características físicas de una cuenca son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Dichas características físicas condicionan la velocidad de respuesta, el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal, etc.

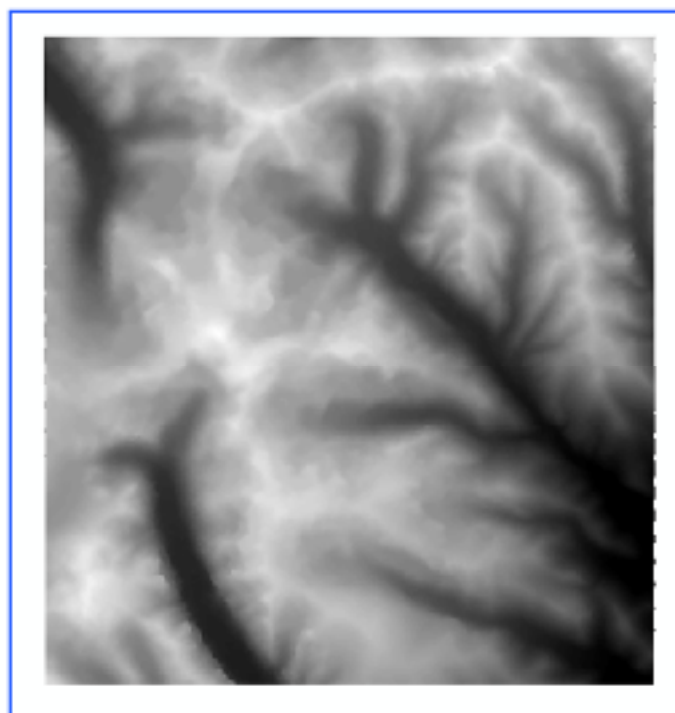
Pueden determinarse indirectamente valores hidrológicos en secciones de interés práctico donde falten datos o donde por razones de índole fisiográfica o económica no sea factible la instalación de estaciones hidrométricas.

Toda cuenca en estudio debe estar delimitada en cuanto a su río principal tanto aguas abajo como aguas arriba.

Hay diversas webs en las que podemos descargar MDE de todo el mundo de forma gratuita, una de ellas es ASF DATA SEARCH, una plataforma impulsada por la NASA, con la finalidad de crear Modelos Digitales de Elevaciones de toda la superficie terrestre, por lo que podemos descargar MDE de cualquier parte del mundo, tan sólo es necesario registrarse.

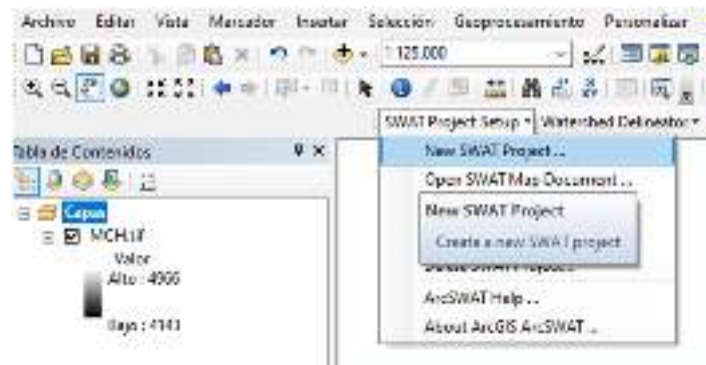
#### **1. Modelo de Elevación Digital (DEM)**

DEM de la zona de estudio

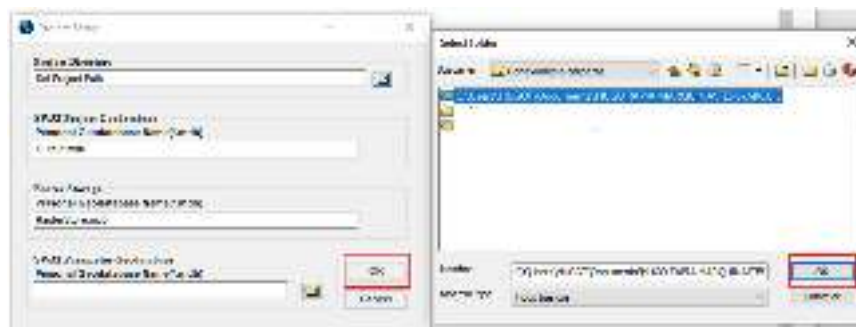


Fuente: Propia

## 2. Iniciar nuevo proyecto en ARCSWAT



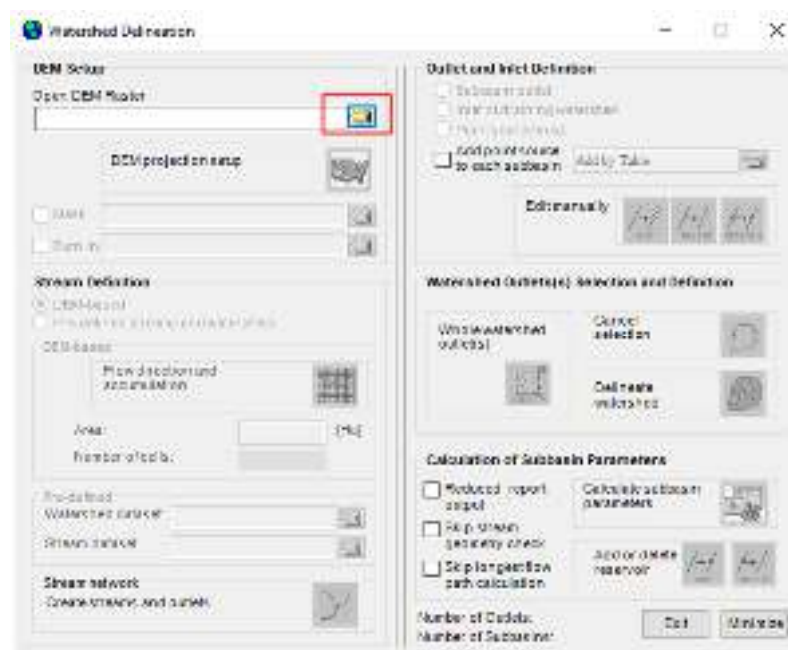
## 3. Guardar Proyecto



## 4. Delimitación de la microcuenca

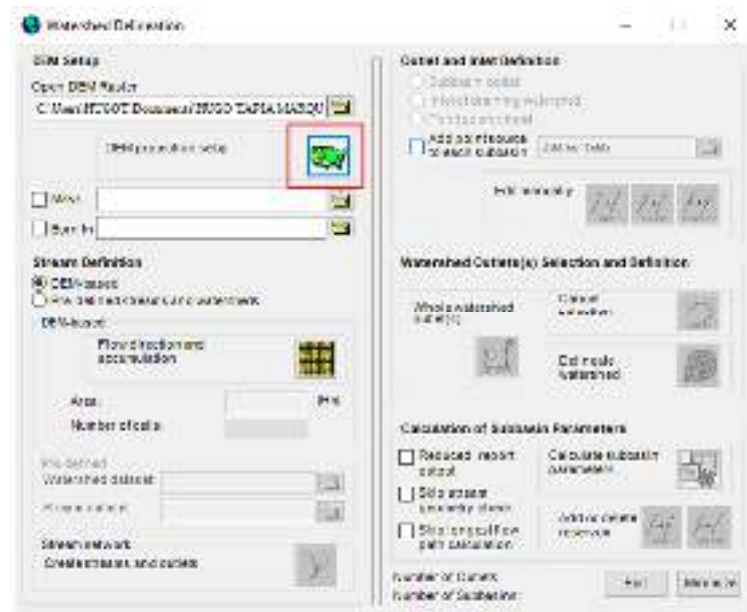


### 4.1. Cargar DEM

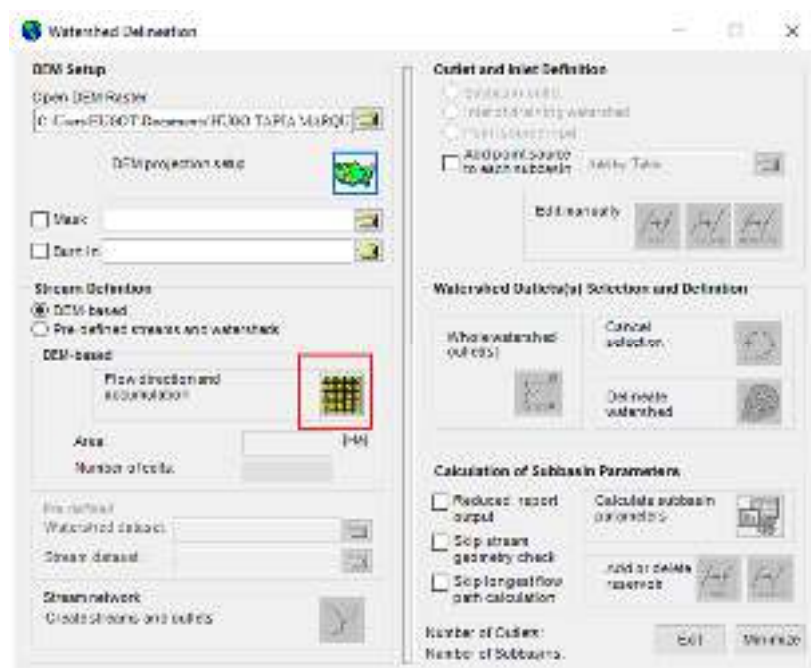




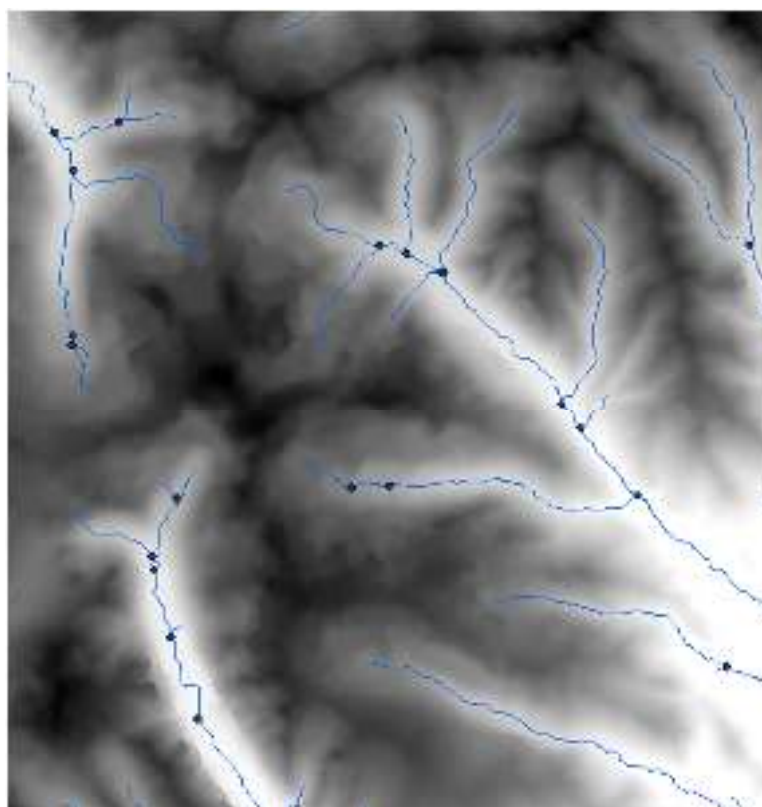
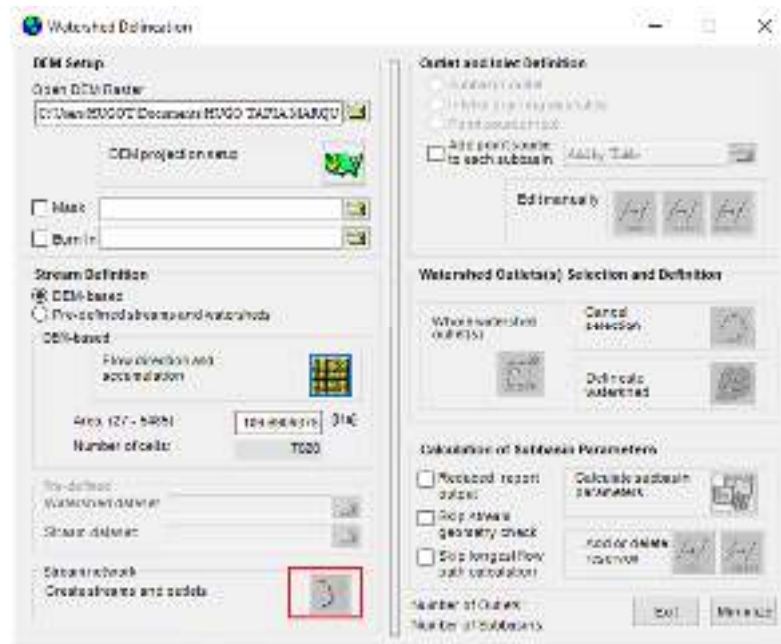
## 4.2. Proyectar DEM



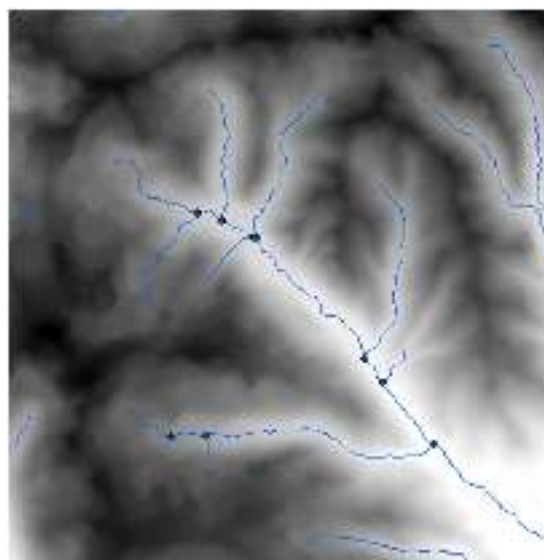
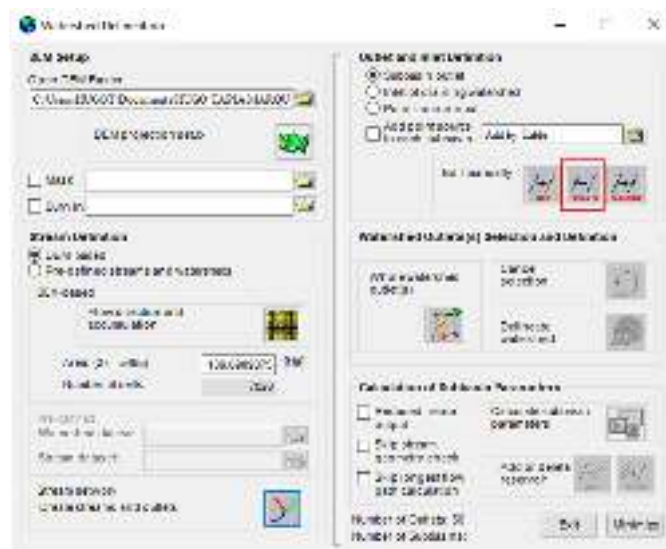
## 4.3. Calcular dirección y acumulación de flujos



## 4.4. Crear Corrientes y salidas



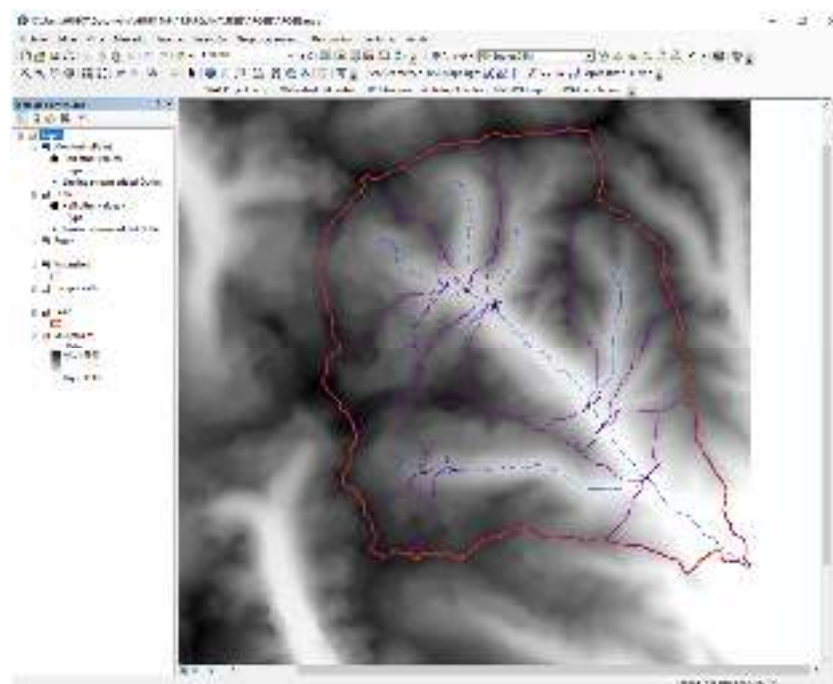
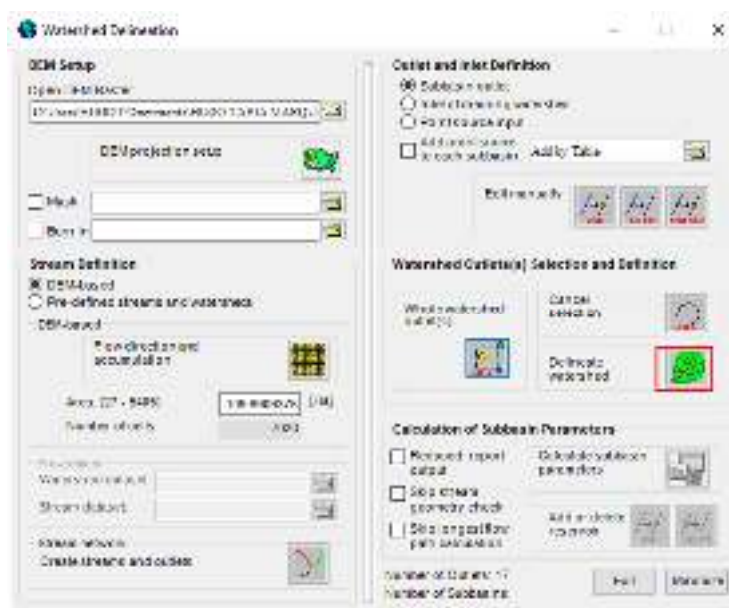
#### 4.5. Eliminar salidas que no pertenecen a la cuenca de estudio



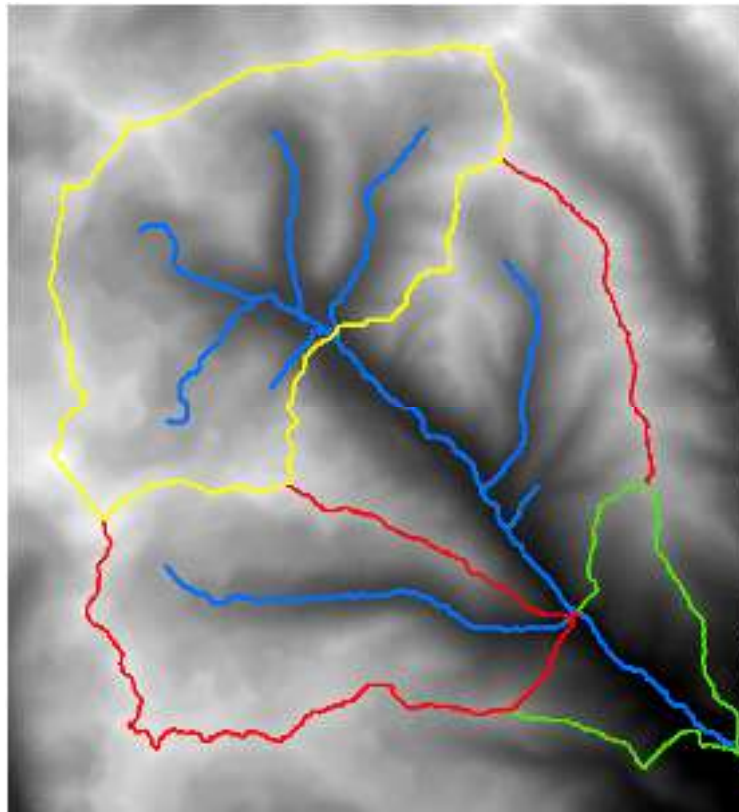
#### 4.6. Escoger punto de aforo



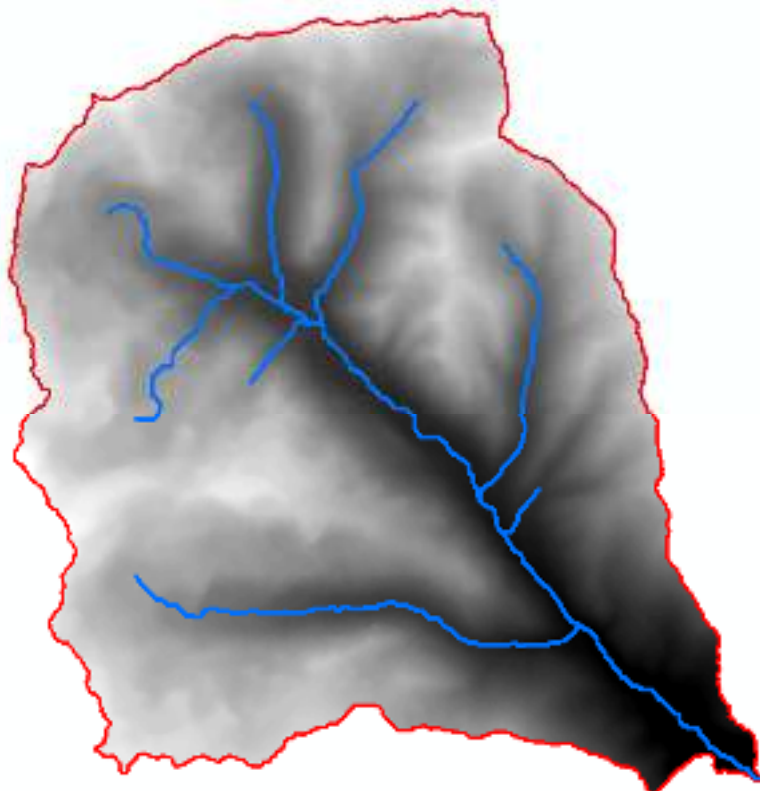
## 4.7. Calcular Limites de la Microcuenca



#### 4.8. Sub dividir la microcuenca



#### 4.9. Extraer únicamente la microcuenca en estudio





## 5. Extraer datos de área y perímetro por subcuenca

AZULAJE					
FID	Shape *	AREA	PERIMETRO	X	Y
1	Polygon	21.659623	26.254372	3248227.40675	210457.671167

PUMAHUASI					
FID	Shape *	AREA	PERIMETRO	X	Y
1	Polygon	13.266870	22.113436	216730.711664	8301653.71016

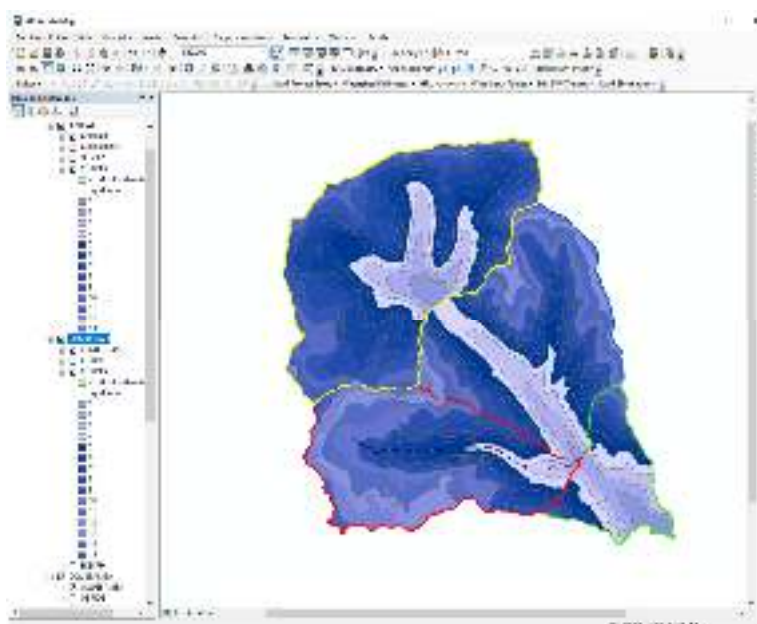
  

OQUEBAMBA					
FID	Shape *	AREA	PERIMETRO	X	Y
1	Polygon	4.737194	14.241319	214519.355661	8380864.33238

HUACAHUMAN					
FID	Shape *	AREA	PERIMETRO	X	Y
1	Polygon	15.786598	22.82749	213953.018072	8385753.01698

## 6. Extraer datos de altitudes por subcuenca



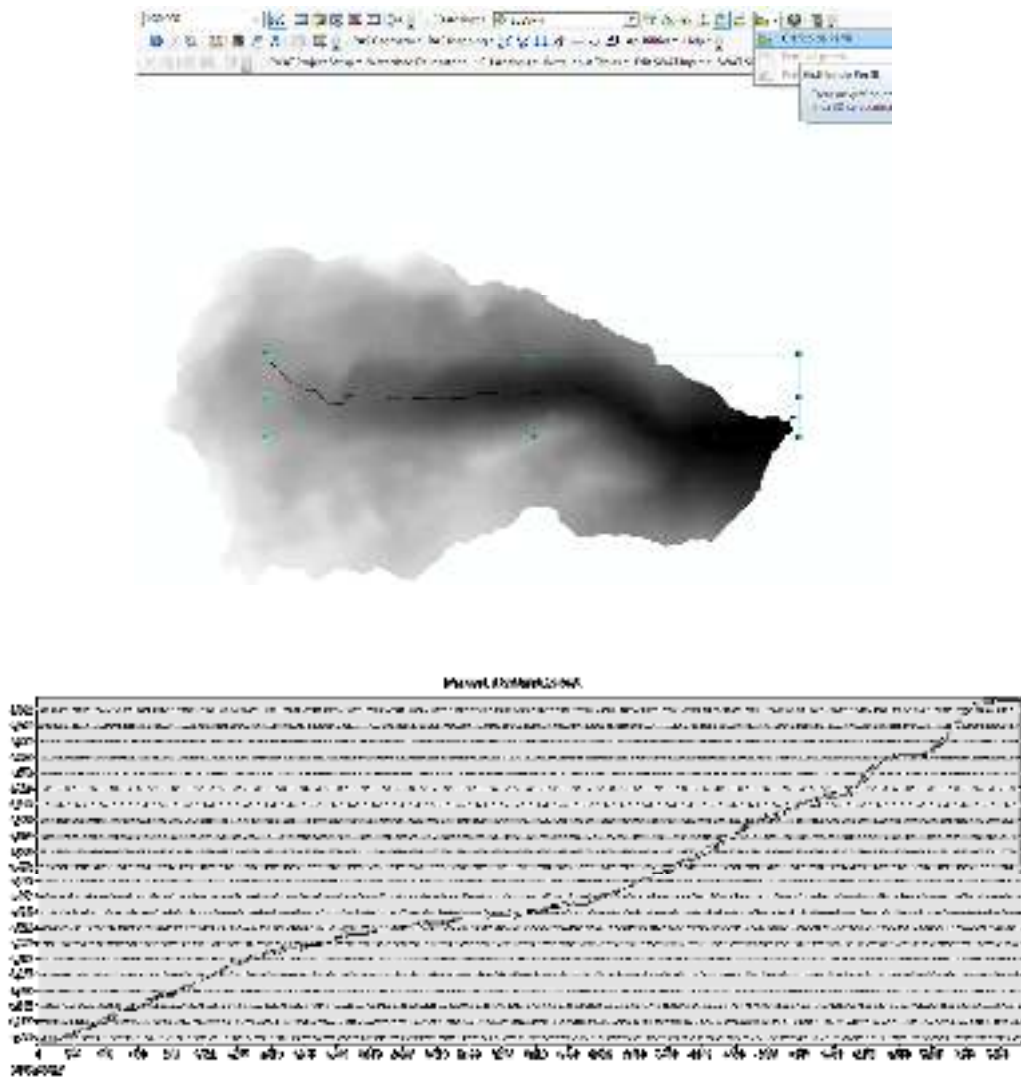
AZULAJE						PUMAHUASI					
Nº	ALTITUD		ALTITUD MEDIA	AREA (KM2)	PERIMETRO DE CURVA (KM)	Nº	ALTITUD		ALTITUD MEDIA	AREA (KM2)	PERIMETRO DE CURVA (KM)
	MENOR	MAYOR					MENOR	MAYOR			
1	4374	4400	4387.00	0.405846	2.807184	1	4235	4250	4242.50	0.013124	0.657591
2	4400	4450	4425.00	0.748471	5.341102	2	4250	4300	4275.00	0.107872	1.074641
3	4450	4500	4475.00	1.316011	10.1311	3	4300	4350	4325.00	0.250949	2.21266
4	4500	4550	4525.00	1.314586	11.892195	4	4350	4400	4375.00	0.56924	4.765476
5	4550	4600	4575.00	1.835252	16.018971	5	4400	4450	4425.00	0.748929	6.284489
6	4600	4650	4625.00	2.559443	20.040447	6	4450	4500	4475.00	0.739134	6.506594
7	4650	4700	4675.00	3.878617	19.994254	7	4500	4550	4525.00	0.833428	8.070993
8	4700	4750	4725.00	3.327338	18.344651	8	4550	4600	4575.00	1.029522	8.729296
9	4750	4800	4775.00	2.772198	17.526763	9	4600	4650	4625.00	1.529968	10.579817
10	4800	4850	4825.00	1.952304	12.327317	10	4650	4700	4675.00	1.944712	7.441043
11	4850	4900	4875.00	0.827112	5.058795	11	4700	4750	4725.00	1.915241	12.499413
12	4900	4950	4925.00	0.105633	-1.35637	12	4750	4800	4775.00	1.890969	7.596272
13	4950	4966	4958.00	0.012686	1.884465	13	4800	4850	4825.00	1.25561	8.800053
TOTAL				21.055497	140.01	14	4850	4900	4875.00	0.41689	-0.032212
						15	4900	4921	4910.50	0.038564	0.86934
TOTAL						TOTAL					
				21.055497	140.01					12.828698	86.06

HUACA HUMAN						OQUEBAMBA					
Nº	ALTITUD		ALTITUD MEDIA	AREA (KM2)	PERIMETRO DE CURVA (KM)	Nº	ALTITUD		ALTITUD MEDIA	AREA (KM2)	PERIMETRO DE CURVA (KM)
	MENOR	MAYOR					MENOR	MAYOR			
1	4235	4250	4242.50	0.051234	1.192022						
2	4250	4300	4275.00	0.548179	4.596961						
3	4300	4350	4325.00	1.295962	8.430282	1	4151	4200	4175.50	0.509311	4.14489
4	4350	4400	4375.00	1.505601	11.230563	2	4200	4250	4225.00	0.796884	3.891531
5	4400	4450	4425.00	1.374085	11.383585	3	4250	4300	4275.00	0.834792	6.413201
6	4450	4500	4475.00	1.289016	12.017152	4	4300	4350	4325.00	0.731369	2.059775
7	4500	4550	4525.00	1.298769	11.984328	5	4350	4400	4375.00	0.582229	5.55871
8	4550	4600	4575.00	1.408405	13.716917	6	4400	4450	4425.00	0.432398	0.70681
9	4600	4650	4625.00	1.751024	14.287616	7	4450	4500	4475.00	0.280357	3.877327
10	4650	4700	4675.00	1.909349	13.656439	8	4500	4550	4525.00	0.216721	-0.232895
11	4700	4750	4725.00	1.737826	10.991237	9	4550	4600	4575.00	0.192483	3.2872
12	4750	4800	4775.00	1.178683	6.465495	10	4600	4650	4625.00	0.11613	-0.961668
13	4800	4850	4825.00	0.400238	2.123202	11	4650	4700	4675.00	0.041212	2.004583
14	4850	4882	4866.00	0.031438	-0.603563	12	4700	4701	4700.50	0.000312	-1.929583
TOTAL				15.748371	122.08	TOTAL				21.055497	28.82



### Barra de Herramientas/3d Analyst/Grafico del Perfil



## Completar y calcular datos en tablas de Excel



## ANEXO B: Información Proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) entre los años 1964 – 2020

### Evaporación Total Mensual

#### Evaporación total mensual - Estación Ayaviri

Evaporación total mensual (mm) - Estación Ayaviri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	130.80	91.70	102.60	93.70	101.80	101.80	94.90	145.50	167.60	135.40	134.00	112.00
2003	114.00	97.30	107.10	112.10	108.40	96.90	98.50	108.80	120.60	156.10	163.90	142.10
2004	116.50	120.40	104.00	94.70	98.40	92.40	91.10	96.10	109.40	156.50	145.00	145.30
2005	108.8	98.6	105.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	127.9	S/D	112.7
2007	S/D	S/D	S/D	80.20	86.30	S/D	S/D	S/D	93.10	116.40	124.80	105.80
2008	73.70	86.80	89.30	97.30	79.90	76.20	79.60	96.80	129.80	136.60	145.00	88.70
2009	93.70	73.50	69.40	91.23	88.71	71.00	87.10	104.90	111.50	131.70	109.10	103.20
2010	76.40	90.60	98.50	95.60	94.00	89.20	86.90	114.20	125.00	122.80	144.70	100.20
2011	97.50	60.30	67.50	76.10	77.40	71.10	68.90	109.30	106.60	123.50	121.00	98.80
2012	61.60	55.70	71.30	67.60	67.60	59.50	68.70	88.00	112.50	138.40	124.20	79.30
2013	77.50	67.20	79.30	92.70	84.20	56.90	74.10	95.80	122.88	137.63	119.10	102.70
2014	68.10	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	110.90	93.20
2015	65.20	75.70	78.30	65.40	87.90	101.80	94.20	109.70	136.50	134.80	143.70	109.30
2016	122.80	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	S/D	94.80	70.80	73.60	77.30	80.60	94.40	113.00	104.90	128.60	142.20	108.80
2018	89.30	78.20	83.30	95.40	94.20	74.20	75.40	95.60	125.00	113.10	146.80	135.20
2019	131.20	79.90	100.90	89.10	99.70	77.50	89.30	120.90	148.80	139.10	128.80	121.40
2020	113.10	101.30	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	138.40	136.30	S/D	191.30	135.30

Fuente: Senamhi

#### Evaporación total mensual - Estación Chuquibambilla

Evaporación total mensual (mm) - Estación Chuquibambilla												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	137	143.2	134	131.6	127.9	S/D
2009	123.90	108.90	125.10	115.20	145.50	128.28	133.90	129.40	123.56	137.70	110.73	124.20
2010	121.00	112.40	126.40	130.30	142.90	141.30	135.70	139.90	136.20	140.60	110.73	80.40
2011	139.30	104.50	113.64	130.40	187.50	161.90	154.60	171.80	145.60	124.90	115.50	101.30
2012	97.40	88.50	108.00	104.60	130.90	122.70	125.10	125.30	117.60	125.40	109.60	106.90
2013	107.60	91.90	106.90	113.60	114.80	106.00	111.40	111.40	117.30	112.20	109.90	102.70
2014	99.20	88.10	101.80	97.10	109.80	109.50	107.60	105.90	101.10	108.20	107.90	103.10
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	97.90	86.00	103.70	94.70	S/D	99.80	99.60	104.80	102.10	104.40	103.30	102.10
2017	97.90	S/D	93.20	97.90	101.70	102.00	106.10	110.60	103.50	109.70	105.80	105.50
2018	99.30	90.00	95.30	104.60	113.60	91.00	98.10	95.70	108.80	98.10	104.80	120.00
2019	114.10	100.80	112.80	111.90	117.80	107.70	109.90	115.80	115.60	90.50	87.50	86.90
2020	85.70	81.40	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi

### Evaporación total mensual - Estación La Angostura

Evaporación total mensual (mm) - Estación La Angostura												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	122.35	105.28	114.90	114.61	115.80	100.10	103.00	130.40	83.50	152.80	203.40	141.60
2001	122.35	105.28	112.99	114.61	105.10	96.00	100.00	114.30	130.80	158.20	176.90	166.40
2002	140.80	79.40	89.80	92.10	93.10	84.80	83.00	107.50	122.50	142.60	156.80	129.00
2003	124.40	105.28	112.99	100.20	71.10	91.00	108.50	128.80	134.40	185.60	193.30	175.10
2004	110.30	111.30	115.20	111.80	107.80	88.50	91.90	116.00	130.90	181.40	209.80	169.80
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	103.60	103.80	102.50	99.10	96.30	83.90	103.50	125.30	138.60	170.10	164.10	164.80
2007	119.30	106.90	102.20	108.10	106.20	99.00	104.10	126.00	118.20	170.70	189.50	160.80
2008	113.00	109.40	121.10	121.90	126.90	118.50	111.30	134.00	175.50	175.00	212.10	175.40
2009	122.10	113.20	111.00	122.10	109.70	107.50	105.70	127.00	158.00	198.60	164.50	232.40
2010	124.50	115.60	140.50	142.00	134.00	147.00	153.90	169.50	193.20	198.60	204.10	170.00
2011	155.20	107.70	124.60	118.70	121.00	120.00	115.50	145.80	160.90	196.90	196.40	167.20
2012	119.50	106.10	115.90	120.00	122.80	111.70	101.80	118.00	146.40	155.20	180.10	127.50
2013	113.10	99.40	105.20	124.70	93.50	85.00	82.40	107.80	136.70	154.40	194.00	124.70
2014	113.10	99.40	105.20	124.70	93.50	85.00	82.40	107.80	136.70	154.40	194.00	124.70
2015	98.60	98.50	S/D	S/D	85.60	98.50	105.80	S/D	93.20	103.90	162.30	166.00
2016	105.30	83.60	S/D	S/D	75.00	88.50	87.40	101.00	118.80	136.40	151.20	134.70
2017	162.80	107.90	111.40	97.40	121.80	97.60	97.80	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi

### Evaporación total mensual - Estación Llally

EVAPORACION TOTAL MENSUAL TANQUE (mm) - ESTACION LLALLY												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	122.60	114.50	139.60	118.50	124.60	112.20	118.40	160.40	156.90	177.80	168.70	134.80
2010	125.90	113.50	130.10	110.30	123.50	114.90	128.40	144.40	163.40	167.50	167.30	119.80
2011	146.60	94.50	111.20	118.40	105.00	109.70	119.80	127.90	132.00	153.40	166.50	132.00
2012	139.60	106.40	112.80	110.70	129.30	101.80	111.00	118.50	109.60	119.20	66.90	132.60
2013	127.30	106.70	118.00	121.90	117.50	100.50	102.80	111.60	140.48	154.48	119.20	118.90
2014	121.00	108.40	117.80	116.00	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	112.30	S/D	118.50	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	120.30	117.50	124.50	115.60	121.70	S/D	S/D	S/D	111.50	121.10	112.60	119.60
2017	119.50	111.10	125.20	122.50	130.10	114.90	118.80	119.20	118.30	124.40	117.60	126.20
2018	126.10	119.00	128.80	120.00	119.60	120.80	120.00	121.90	116.60	130.30	121.00	124.20
2019	122.50	120.50	128.00	119.00	121.00	116.20	S/D	117.10	116.10	123.00	122.20	131.30
2020	135.30	114.70	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	125.80	126.10	119.20	122.40

Fuente: Senamhi

## Velocidad media de viento

### Velocidad de viento media mensual - Estación Yauri

Velocidad de viento media mensual (m/s) - Estación Yauri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	1.20	1.40	1.30	1.10	1.10	1.00	0.70	1.60	1.40	1.50	1.80	1.40
1997	1.10	1.00	1.30	0.90	1.00	0.80	1.10	1.20	1.60	1.90	2.20	2.50
1998	2.50	1.60	1.10	1.00	0.80	0.80	0.60	1.20	1.70	1.60	1.90	1.70
1999	2.00	1.00	1.50	1.40	0.80	0.70	0.90	1.20	1.70	1.70	1.50	2.20
2000	1.70	2.00	1.70	0.90	1.10	0.60	1.10	1.10	1.00	1.40	2.10	1.40
2001	0.60	0.80	0.90	1.00	0.00	0.90	0.60	0.60	1.90	1.30	1.50	1.00
2002	1.00	0.60	0.60	0.90	1.10	0.60	1.20	1.60	2.10	1.90	1.64	1.30
2003	1.10	1.30	1.90	1.20	1.10	0.80	2.30	1.60	1.60	2.80	1.80	1.90
2004	1.90	1.60	1.10	1.60	1.20	0.90	1.20	1.00	1.60	1.40	2.70	1.70
2005	2.00	0.00	1.10	0.80	0.00	0.00	1.40	1.70	3.90	1.40	1.90	0.70
2006	1.50	1.50	1.10	0.60	0.70	0.00	0.00	0.80	1.10	1.80	1.50	2.00
2007	0.90	1.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.60	1.50	2.10	1.50	2.10	1.60
2008	1.80	1.90	0.90	0.70	0.90	0.00	0.00	0.00	1.50	1.20	1.50	0.90
2009	1.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	1.20	0.90	1.40	1.30	1.10	0.60
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	1.70	0.90	1.20	0.00
2011	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.90	0.80	0.00
2012	1.10	0.80	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.80	1.00	1.10
2013	1.50	1.80	0.60	1.10	1.30	1.50	1.10	1.70	1.60	2.10	1.30	1.90
2014	1.50	1.00	1.30	1.00	0.70	0.00	1.30	1.11	1.62	1.52	1.64	1.33
2015	1.20	1.20	1.10	0.90	1.00	0.30	0.80	1.80	2.00	1.20	2.30	1.30
2016	1.50	1.40	0.90	1.30	0.80	0.50	0.50	1.30	1.50	1.20	1.60	1.20
2017	1.50	0.80	0.50	0.70	1.30	0.70	0.30	1.40	1.70	1.50	1.40	1.50
2018	1.30	0.70	0.90	0.60	0.30	1.60	1.20	1.30	1.30	1.60	1.30	2.00
2019	1.60	2.10	1.60	1.20	1.00	S/D	S/D	1.10	1.60	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi

## Horas de sol

### Horas de sol total mensual - Estación Yauri

Horas de sol total mensual (hr) - Estación Yauri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2000	111.00	144.40	197.80	231.30	266.80	257.40	276.70	262.90	266.50	217.30	255.80	192.60
2001	131.10	135.80	170.20	214.30	236.20	248.60	260.90	268.70	245.00	237.00	220.90	228.20
2002	213.30	123.40	181.60	184.10	266.58	237.90	239.00	271.20	228.60	228.80	240.93	208.70
2003	192.70	173.10	175.70	213.00	259.10	286.50	300.30	279.50	243.20	277.20	275.80	198.20
2004	164.70	208.50	216.90	225.70	295.80	246.20	246.20	243.20	234.40	277.20	251.30	216.20
2005	195.60	156.10	215.60	243.60	292.60	306.00	289.50	306.10	266.10	242.00	240.90	194.60
2006	166.10	192.40	195.60	22.40	302.50	275.40	318.50	275.00	270.90	256.30	215.20	210.90
2007	172.90	156.10	133.60	213.40	262.50	277.50	268.90	306.50	214.60	236.10	239.60	172.30
2008	110.70	157.50	198.60	242.80	278.80	276.10	305.20	298.40	266.10	227.70	258.80	180.40
2009	178.70	161.30	194.70	232.80	269.40	297.20	267.90	306.70	215.80	262.60	192.90	199.10
2010	142.30	154.60	211.90	226.80	250.80	270.10	311.50	301.80	282.90	234.40	272.00	165.10
2011	187.20	132.60	178.10	211.30	261.20	254.80	260.80	284.12	212.70	262.70	249.00	169.40
2012	175.90	132.10	187.20	191.70	281.30	265.10	287.90	321.60	250.60	257.40	228.20	135.80
2013	177.40	142.80	195.70	258.50	249.90	268.90	277.99	271.90	276.40	228.20	241.50	168.30
2014	162.20	203.90	200.50	200.60	254.50	276.60	251.50	263.00	212.30	242.20	234.60	202.70
2015	175.80	145.40	203.00	170.40	237.30	258.10	285.10	285.30	242.50	233.00	237.40	148.80

Fuente: Senamhi

## Humedad Relativa

### Humedad relativa mensual – Estación Yauri

Humedad relativa (%) - Estación Yauri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1992	77.10	78.07	78.11	75.71	68.45	59.60	51.00	74.70	49.40	54.70	53.80	57.40
1993	68.50	68.90	69.00	69.50	63.90	57.20	53.10	59.20	59.80	64.40	65.60	68.00
1994	71.10	73.70	72.60	73.60	61.30	48.40	50.30	49.90	53.30	63.83	62.89	60.10
1995	69.30	70.90	74.30	65.00	54.60	50.50	51.80	60.68	54.30	50.00	54.60	59.80
1996	69.80	76.50	72.60	80.10	72.80	58.70	56.00	62.00	53.30	51.60	58.30	68.90
1997	73.90	74.10	71.30	68.40	62.60	53.30	56.40	60.60	58.20	68.80	75.00	77.70
1998	78.70	81.30	79.50	74.70	69.00	73.00	66.80	66.00	62.70	69.10	71.00	69.30
1999	78.40	78.07	78.11	75.71	68.45	75.70	76.00	67.00	62.10	69.20	59.20	72.20
2000	81.50	83.20	81.10	75.80	70.10	70.00	64.90	64.90	60.10	69.30	54.10	74.50
2001	80.30	80.70	79.50	76.80	73.30	70.70	65.90	65.40	66.50	68.00	62.50	77.80
2002	77.60	87.30	78.11	83.10	74.50	77.10	79.10	73.40	71.60	78.60	62.89	78.20
2003	81.40	81.40	78.11	80.70	78.40	70.60	66.90	68.90	63.80	56.70	63.20	72.50
2004	79.60	82.40	82.50	79.50	70.80	74.20	79.40	71.10	68.90	67.40	71.40	75.90
2005	78.10	83.30	79.70	79.10	70.90	68.30	67.50	61.50	62.20	68.70	63.30	76.70
2006	82.30	84.40	87.00	77.60	68.80	71.70	68.00	65.80	63.10	65.40	74.40	73.70
2007	80.60	85.20	87.40	82.60	76.00	72.30	67.20	62.30	71.00	66.10	64.80	74.10
2008	84.20	81.70	80.00	69.20	58.10	58.90	58.20	59.10	55.00	68.30	67.40	76.40
2009	79.30	81.50	77.70	75.80	63.90	62.40	65.60	20.30	61.30	62.20	68.50	74.30
2010	84.00	82.20	82.60	77.20	73.00	69.70	68.30	57.60	63.10	66.10	60.90	73.80
2011	75.10	81.20	81.70	78.00	74.30	68.40	70.60	60.68	67.80	70.70	75.60	77.10
2012	79.40	85.00	80.60	83.00	72.60	71.90	59.00	53.30	52.90	50.90	52.40	77.40
2013	74.40	77.30	69.20	65.30	64.10	64.40	60.50	54.90	52.00	57.50	51.50	70.00
2014	68.70	37.30	75.80	75.00	64.50	53.60	61.80	56.40	62.40	60.60	53.10	67.60
2015	68.41	74.53	71.38	75.19	66.60	60.18	54.37	55.50	59.69	58.81	55.86	67.52
2016	65.11	72.32	66.41	67.73	58.02	56.41	55.56	55.69	55.80	58.63	52.31	63.15
2017	74.03	70.75	75.09	71.36	71.06	61.09	53.76	48.60	59.99	55.49	54.99	64.34
2018	74.35	75.81	77.81	68.76	59.36	65.07	61.06	61.41	53.07	63.24	60.06	62.80
2019	73.53	77.89	75.39	74.71	63.03	S/D	S/D	57.80	61.37	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi

## Temperatura

### Temperatura media mensual - Estación Yauri

Temperatura media mensual (°C) - Estación Yauri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1992	9.80	9.63	9.65	8.89	6.79	5.00	4.20	5.10	8.60	9.30	10.10	10.60
1993	9.10	9.40	9.50	9.00	6.70	3.80	5.20	5.60	8.30	9.60	10.00	10.00
1994	10.00	9.60	9.40	9.00	7.00	4.50	4.50	6.20	8.50	10.50	10.90	10.70
1995	10.10	9.60	9.40	9.20	7.10	4.80	5.40	7.20	9.10	10.80	11.00	9.90
1996	9.40	9.70	10.10	9.60	7.30	4.20	4.90	6.50	8.40	10.30	9.80	9.30
1997	9.20	9.00	8.80	7.90	6.50	4.50	5.20	6.20	9.40	10.90	11.30	11.50
1998	11.50	11.60	11.40	10.30	7.00	5.70	5.30	7.50	9.30	10.40	10.90	10.90
1999	10.50	9.30	9.40	8.10	7.40	4.70	4.60	7.10	8.20	9.50	10.60	10.00
2000	9.20	9.00	9.20	9.40	7.60	5.10	5.00	7.30	9.30	9.10	11.10	9.50
2001	8.60	9.30	9.50	8.80	7.20	5.90	5.20	5.90	9.60	10.50	12.10	10.90
2002	10.40	9.60	10.10	8.80	7.20	5.50	4.40	6.20	8.30	9.50	10.90	10.40
2003	10.40	9.70	9.50	8.60	6.50	3.60	4.80	5.80	7.40	9.70	10.60	10.30
2004	9.60	9.40	9.50	8.50	5.90	4.10	4.20	5.80	8.60	10.40	11.10	10.40
2005	9.80	9.40	10.10	9.00	6.00	3.70	5.20	5.60	8.60	9.90	10.60	10.10
2006	9.20	10.00	9.60	8.90	5.50	4.50	4.00	6.90	8.20	10.40	10.30	10.90
2007	10.10	9.70	9.20	9.10	7.60	5.30	4.90	7.00	8.60	10.20	10.30	10.00
2008	9.30	9.00	8.90	8.10	5.30	5.20	5.30	6.40	8.40	9.90	11.80	10.10
2009	9.50	9.80	9.50	8.90	6.70	4.00	5.20	6.00	9.20	11.10	10.80	10.60
2010	9.80	10.40	10.50	9.40	7.40	6.50	5.50	7.60	9.70	10.70	11.30	10.30
2011	10.90	9.70	9.90	9.00	7.10	5.20	4.70	6.39	8.80	9.80	11.30	10.10
2012	9.80	9.10	9.20	8.90	6.20	4.80	4.60	6.00	8.80	10.90	11.50	9.70
2013	9.50	9.40	10.00	8.40	7.40	4.90	5.00	6.10	8.60	10.10	11.50	9.80
2014	9.70	9.80	9.50	8.60	6.70	6.00	5.40	6.60	8.80	9.90	10.80	10.30
2015	9.91	9.93	10.12	8.75	7.38	6.02	4.76	6.49	8.88	9.83	11.69	9.97
2016	11.33	10.91	11.15	8.98	7.17	5.08	5.36	6.71	9.04	9.94	10.41	10.53
2017	9.52	10.15	9.46	8.97	7.61	5.47	5.33	6.7	8.97	9.77	10.89	10.38
2018	9.32	9.78	9.43	8.2	6.05	4.92	4.88	5.9	7.86	9.48	10.77	10.12
2019	9.8	9.72	9.73	8.96	7.11	S/D	S/D	7.22	9.62	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi

## Temperatura media mensual - Estación La Angostura

Temperatura Media Mensual (°C) - La Angostura												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	7.26	8.19	7.33	6.59	5.82	0.70	0.50	2.27	2.79	4.20	5.16	6.09
1965	6.75	6.21	6.54	5.94	3.25	0.29	0.11	1.02	4.02	4.87	5.42	7.56
1966	7.71	7.64	6.91	4.46	2.51	2.40	0.14	1.60	3.16	6.31	6.24	6.99
1967	7.00	7.26	6.39	5.55	4.03	1.36	0.45	1.73	4.61	5.18	4.49	5.76
1968	6.13	6.77	5.99	4.13	2.51	2.54	1.54	1.03	2.64	5.45	5.71	6.56
1969	6.83	7.30	7.29	5.91	2.43	3.12	2.57	0.71	4.19	5.67	6.10	7.67
1970	7.80	8.24	7.46	5.76	4.05	2.21	1.22	2.04	4.83	5.12	6.28	7.35
1971	7.52	S/D	7.24	5.93	2.45	1.24	0.57	1.94	3.17	3.23	4.86	7.52
1972	7.55	7.93	7.76	6.59	3.67	1.18	1.66	1.82	5.73	3.62	4.52	8.05
1973	8.55	9.12	8.99	8.04	2.61	1.86	1.24	2.03	4.52	3.18	7.91	8.21
1974	7.47	8.03	7.45	8.05	3.20	1.87	2.27	1.52	4.79	5.26	6.50	6.61
1975	6.89	6.81	7.41	5.99	3.08	1.26	1.29	2.08	4.35	5.94	6.08	7.21
1976	6.27	6.46	6.66	5.14	3.49	3.01	2.18	2.55	3.24	5.03	4.88	7.54
1977	7.83	6.78	6.95	6.03	2.94	1.18	2.44	2.64	S/D	5.41	6.28	6.42
1978	7.29	7.93	6.72	5.82	4.09	2.50	0.75	2.91	3.62	5.32	6.57	7.39
1979	6.70	7.40	7.09	6.02	3.44	3.00	2.09	2.64	4.96	4.28	7.42	7.06
1980	7.56	7.40	6.98	5.95	3.57	2.44	2.12	3.24	2.70	6.25	6.67	7.07
1981	7.03	7.01	6.29	7.45	3.81	1.24	1.67	3.42	3.42	6.15	7.68	7.87
1982	7.05	7.42	7.12	5.40	2.74	1.75	2.01	4.00	5.20	7.01	6.28	7.45
1983	6.29	7.92	8.34	7.54	S/D	2.38	2.46	2.15	5.32	6.49	7.18	7.02
1984	8.25	7.62	6.38	6.43	4.53	1.58	1.92	3.03	3.28	7.02	6.12	6.91
1985	7.06	7.81	7.36	6.70	4.88	2.61	1.21	3.52	5.09	5.63	7.11	6.84
1986	7.62	7.04	7.48	6.64	3.20	2.70	1.09	3.81	2.94	5.46	6.19	7.08
1987	7.95	7.82	7.47	6.40	4.43	2.25	1.52	3.63	4.40	6.44	6.34	6.82
1988	6.82	7.73	7.92	6.90	5.14	2.50	2.36	3.83	5.46	5.97	6.50	7.31
1989	6.38	7.03	7.05	6.41	4.76	3.43	1.54	3.82	4.83	6.32	5.58	7.18
1990	6.94	7.08	6.84	6.18	4.52	2.51	2.00	3.15	4.23	5.88	7.62	7.23
1991	6.28	7.91	7.62	6.45	4.53	2.46	1.84	3.32	4.41	5.98	6.25	6.65
1992	7.25	6.75	7.02	6.06	4.33	2.63	1.82	3.24	4.17	5.71	6.11	6.41
1993	7.23	6.72	7.03	6.72	4.96	2.64	1.24	3.09	4.52	6.26	7.51	8.50
1994	7.20	7.15	7.52	6.85	4.82	2.27	2.07	3.27	4.81	6.22	7.22	8.52
1995	8.55	7.71	7.16	6.28	4.10	2.88	3.05	4.37	5.78	6.16	7.10	7.55
1996	7.25	8.02	7.08	6.21	5.09	2.77	2.04	4.11	4.83	6.42	6.50	7.48
1997	7.61	7.61	7.62	6.31	4.02	2.01	2.78	4.01	S/D	7.17	6.55	7.36
1998	6.81	7.12	8.87	7.42	4.28	3.44	3.10	3.66	4.51	6.14	7.56	7.22
1999	6.29	6.83	8.25	7.05	5.07	2.71	3.51	3.57	3.21	5.64	5.95	7.40
2000	7.52	8.01	8.00	6.84	5.02	2.83	2.15	4.02	5.54	7.01	6.37	7.05
2001	7.00	7.26	7.31	6.41	5.32	3.50	2.71	3.61	4.05	6.23	6.27	7.09
2002	7.96	7.54	7.61	6.65	4.61	3.01	2.33	3.71	5.49	7.04	7.71	7.85
2003	7.99	8.22	7.53	6.71	5.10	2.76	3.06	3.34	4.45	6.04	7.19	7.04
2004	6.85	7.86	7.50	6.88	3.82	2.94	3.12	3.11	5.12	6.41	7.12	6.88
2005	7.90	7.84	8.00	6.97	4.36	2.06	3.42	3.09	4.95	6.55	7.19	7.78
2006	7.36	8.45	8.08	7.42	4.25	3.06	2.49	4.43	4.77	6.98	8.10	8.21
2007	8.13	8.14	7.96	7.46	5.32	4.01	2.91	4.46	6.22	6.49	7.06	7.39
2008	7.82	7.65	7.21	5.94	3.34	3.04	2.48	3.46	4.64	7.02	6.96	8.04
2009	7.82	8.13	7.55	7.01	4.71	2.31	3.04	2.96	5.30	7.10	8.17	8.79
2010	8.45	9.06	8.75	7.77	5.39	4.53	3.42	4.47	5.60	6.53	7.03	8.01
2011	7.94	7.85	8.15	7.14	5.30	3.53	3.23	4.60	5.68	6.36	7.97	7.33
2012	7.33	7.20	7.25	7.49	4.97	3.21	2.92	3.71	6.23	7.54	8.18	8.09
2013	8.11	8.41	8.26	6.30	5.62	3.69	3.58	3.77	4.91	6.52	7.81	7.97
2014	7.66	8.21	7.88	7.35	4.96	4.00	3.24	4.35	6.44	7.13	7.56	8.70
2015	7.53	8.00	7.90	7.14	5.39	4.60	3.33	4.25	6.57	6.69	S/D	S/D
2016	7.86	7.21	8.09	6.22	4.14	2.83	3.61	3.99	5.33	5.62	6.03	6.29
2017	6.32	6.79	6.59	5.81	4.75	3.66	3.30	3.69	5.44	5.93	6.97	6.55
2018	5.98	6.66	6.37	5.73	3.77	3.10	3.18	3.14	4.65	6.29	7.59	6.73
2019	6.90	6.75	6.83	6.18	5.62	5.66	5.12	5.67	6.58	6.09	6.77	7.42
2020	6.72	6.78	6.93	6.11	4.43	3.45	2.78	4.78	0.48	5.79	7.04	5.14

Fuente: Senamhi

## Precipitación

### Precipitación total mensual - Estación Yauri

Precipitación total mensual (mm) - Estación Yauri												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2006	295.00	119.90	175.60	45.80	1.40	5.40	0.00	9.70	18.60	59.10	64.10	122.60
2007	129.70	133.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70
2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	43.40	24.80	103.30
2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	2.00	43.80	172.60	133.90
2010	172.60	165.70	114.90	32.00	13.60	0.00	0.00	0.00	1.70	16.20	36.00	176.70
2011	127.00	248.20	138.80	73.70	10.00	0.00	1.90	S/D	36.10	16.90	74.90	137.60
2012	171.50	266.10	191.40	76.40	11.40	0.00	0.10	0.00	13.70	31.30	76.20	215.20
2013	169.00	165.10	81.80	8.60	2.70	14.40	3.40	20.10	0.00	28.60	53.00	156.10
2014	142.80	113.10	92.30	21.20	9.10	0.00	5.50	3.50	41.40	99.70	22.20	189.20
2015	184.20	112.70	117.30	131.40	13.70	0.50	1.50	17.30	20.60	30.10	26.40	142.60
2016	112.10	168.20	64.60	112.00	1.70	0.10	9.20	3.20	4.70	40.90	20.50	S/D
2017	168.00	105.70	168.10	68.40	22.60	0.10	3.20	0.00	12.10	57.70	66.30	156.40
2018	143.10	206.10	93.20	19.20	1.10	6.90	16.40	30.10	2.30	103.30	48.10	86.20
2019	226.60	211.00	147.80	74.50	12.50	S/D	S/D	0.00	3.80	S/D	S/D	S/D

Fuente: Senamhi



## Precipitación total mensual - Estación Chuquibambilla

Precipitación total mensual (mm) - Estación Chuquibambilla												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1974	167.20	118.30	126.50	47.90	0.00	4.20	0.00	35.40	0.00	28.50	43.30	71.10
1975	225.30	116.80	105.90	36.60	22.00	0.00	0.00	0.00	31.90	61.90	49.30	131.40
1976	208.80	88.90	151.90	27.40	15.40	1.50	0.80	2.80	33.80	1.90	26.00	43.00
1977	95.30	138.30	140.10	31.80	4.00	0.00	2.00	0.00	38.00	54.60	106.50	82.50
1978	295.20	127.70	67.00	64.00	0.90	0.60	0.00	0.00	24.70	19.90	101.90	122.30
1979	150.90	53.60	78.80	44.20	1.40	0.00	0.00	4.40	4.70	29.10	34.60	122.40
1980	109.00	103.70	149.20	11.80	11.20	0.00	1.30	2.40	4.80	87.20	64.20	105.80
1981	174.30	176.00	144.60	77.00	7.60	3.10	0.00	11.60	31.00	77.40	41.50	106.80
1982	148.30	91.70	101.10	82.20	0.00	2.00	0.00	0.00	27.00	95.00	154.20	67.90
1983	51.40	58.10	60.60	47.60	2.40	0.00	0.00	0.00	6.50	21.30	24.50	88.30
1984	220.30	175.40	139.90	30.50	20.90	0.00	1.30	0.70	2.70	120.60	124.10	180.10
1985	114.00	123.50	90.50	121.00	20.70	25.90	0.00	0.50	65.70	24.60	140.80	106.90
1986	99.40	114.80	129.90	89.60	12.90	0.00	1.00	4.10	35.50	2.70	60.10	146.80
1987	111.20	75.10	72.50	32.00	1.10	1.40	7.30	0.90	3.20	9.30	96.60	79.80
1988	201.80	72.60	153.40	71.30	16.90	0.00	0.00	0.00	11.60	26.70	4.90	94.50
1989	156.80	84.70	113.90	86.80	3.60	0.70	0.70	40.10	30.90	59.80	55.90	95.50
1990	147.50	97.40	149.60	68.30	8.80	48.10	0.00	0.20	9.80	126.90	70.40	78.40
1991	191.40	61.40	118.00	30.10	28.80	39.10	0.00	0.00	1.00	48.30	29.80	94.50
1992	109.80	71.10	84.30	35.40	0.00	2.40	0.00	41.50	0.00	57.50	99.40	90.40
1993	183.40	29.00	182.90	46.90	0.00	16.00	0.00	28.60	9.30	94.10	162.00	98.10
1994	209.40	133.10	139.60	61.30	0.00	0.00	0.00	5.80	6.10	43.00	76.30	120.60
1995	119.70	119.70	119.80	15.80	2.10	0.00	0.00	0.00	2.50	27.00	56.70	123.80
1996	162.20	112.00	97.80	61.90	1.40	0.00	3.40	5.00	6.60	11.80	57.10	98.50
1997	205.10	204.30	192.70	63.80	4.00	0.00	0.00	16.50	31.00	35.40	111.60	121.70
1998	128.70	139.10	151.40	22.50	0.00	2.00	0.00	2.00	8.80	72.60	107.30	50.90
1999	114.10	162.60	139.90	146.80	9.80	0.00	1.40	1.70	20.30	58.10	28.00	94.10
2000	183.40	180.60	120.70	14.40	17.30	6.50	7.00	5.30	6.90	96.00	17.40	139.10
2001	238.60	127.30	126.90	25.10	19.30	1.20	4.70	7.50	10.80	40.40	18.20	69.90
2002	156.80	175.50	113.60	105.10	29.20	2.00	13.50	13.60	22.00	94.20	102.50	128.00
2003	137.90	154.80	245.00	43.60	4.30	3.30	0.00	12.60	23.30	18.70	33.60	97.60
2004	215.60	137.00	95.70	42.60	1.10	2.00	3.30	21.90	60.60	13.30	58.30	142.50
2005	88.10	213.70	97.70	39.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	118.30	75.70	97.90
2006	188.80	114.80	S/D	20.50	0.00	3.20	0.00	3.00	5.60	45.80	90.80	208.30
2007	94.00	96.90	130.80	81.90	3.50	0.00	4.60	0.00	22.10	21.10	67.20	72.90
2008	154.50	96.60	44.10	2.90	2.90	1.00	0.00	2.50	0.00	37.80	47.40	235.80
2009	114.10	90.40	137.60	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	14.40	19.10	84.80	131.10
2010	185.70	11.40	139.40	73.00	15.20	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2011	122.80	180.70	122.40	72.50	13.50	7.80	9.70	6.80	37.20	31.00	S/D	163.20
2012	171.10	149.60	148.60	67.40	0.00	0.00	0.00	0.00	11.90	22.60	86.90	174.60
2013	207.50	173.40	129.90	36.30	3.60	16.00	6.70	7.40	5.30	57.30	44.60	214.70
2014	152.00	169.10	107.30	41.10	2.40	0.00	1.10	34.20	38.30	102.90	78.90	211.50
2015	233.70	81.30	127.80	91.60	4.20	0.00	4.50	5.50	40.00	40.50	40.90	170.20
2016	135.10	172.30	109.90	136.00	S/D	S/D	6.60	13.10	25.60	70.50	47.60	100.20
2017	137.90	S/D	154.10	35.80	32.20	0.00	3.10	0.00	55.60	42.20	80.10	95.50
2018	131.10	147.40	167.50	22.10	0.00	41.00	27.40	41.30	11.70	78.30	99.80	53.30
2019	203.80	213.70	111.10	53.60	18.90	0.00	0.00	0.00	5.50	31.40	115.50	141.60

Fuente: Senamhi/Propia

## Precipitación total mensual - Estación La Angostura

Precipitación total mensual (mm) - La Angostura												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	78.80	126.50	101.20	61.30	13.60	0.00	0.00	8.90	0.00	27.20	64.70	106.50
1965	76.80	185.30	75.80	35.30	0.00	0.00	3.50	0.00	14.80	23.70	27.60	179.60
1966	96.30	99.20	83.10	15.40	33.20	S/D	0.00	2.00	1.10	46.00	143.40	102.40
1967	103.20	149.20	276.00	37.90	14.00	1.00	11.30	3.00	55.50	26.00	13.10	80.30
1968	259.20	136.80	134.80	11.30	14.70	8.20	8.20	8.90	15.00	72.50	118.20	56.40
1969	125.50	160.70	89.90	41.60	0.00	2.20	1.50	4.10	3.20	32.30	77.60	131.60
1970	206.80	214.10	168.80	27.30	13.20	0.00	2.10	0.00	36.10	35.65	20.00	208.90
1971	156.60	293.80	104.70	24.20	8.00	0.05	0.00	0.10	0.15	9.90	16.00	137.20
1972	251.80	129.30	200.60	59.30	3.30	0.00	1.00	0.05	37.50	37.65	27.35	72.25
1973	262.90	192.30	170.30	105.45	6.70	1.70	3.60	4.40	26.90	7.05	66.00	104.00
1974	214.50	242.60	80.15	42.15	5.40	7.40	0.40	60.25	4.75	2.75	24.00	46.60
1975	190.35	226.20	151.70	29.85	28.10	3.90	0.10	S/D	S/D	59.15	12.80	195.60
1976	185.85	193.20	158.10	33.60	7.85	8.65	3.10	8.50	56.75	4.05	1.25	58.35
1977	56.75	277.60	144.70	4.30	3.80	0.00	2.15	0.00	26.30	34.40	110.65	94.65
1978	331.40	58.15	70.30	S/D	1.55	1.60	0.10	0.35	8.15	38.90	103.05	103.00
1979	130.15	71.55	141.55	25.30	1.25	0.00	3.00	2.70	0.30	48.90	73.35	119.15
1980	106.05	50.55	214.10	25.85	2.30	0.10	0.60	3.60	34.35	123.75	28.10	87.55
1981	251.45	256.00	67.30	55.80	5.95	0.05	0.00	47.05	32.70	47.60	52.75	114.00
1982	192.80	99.95	198.80	57.90	0.00	0.20	0.05	3.65	46.90	106.95	146.70	50.35
1983	72.40	117.30	81.85	39.15	8.25	1.40	0.90	0.10	23.85	36.30	1.75	55.30
1984	279.30	267.20	329.50	55.25	3.95	7.75	1.45	6.90	0.35	116.25	153.90	190.15
1985	49.05	206.30	126.75	104.85	12.15	16.30	0.00	9.80	21.25	11.10	74.90	177.20
1986	210.30	199.90	222.20	122.30	11.25	0.00	0.00	26.55	17.85	10.75	26.75	207.45
1987	252.60	54.65	35.60	22.00	1.20	2.30	22.90	13.25	0.95	36.95	19.70	40.60
1988	271.00	143.95	211.90	103.25	3.40	0.00	0.00	0.00	2.10	18.20	7.55	74.40
1989	194.30	154.80	157.90	43.45	28.75	11.55	0.30	12.20	1.00	10.80	15.90	29.75
1990	174.05	56.35	76.00	39.35	17.80	34.85	0.40	7.35	8.80	69.40	107.40	182.25
1991	153.40	194.20	167.70	31.90	14.15	24.30	1.20	0.05	5.90	25.35	83.20	76.25
1992	96.50	101.50	41.60	3.60	0.10	7.45	1.70	61.20	4.85	34.20	23.30	96.10
1993	237.05	72.90	140.80	99.05	6.05	6.70	0.40	15.35	13.90	46.10	127.40	131.00
1994	296.65	226.10	106.55	43.65	7.95	0.10	0.00	0.00	9.20	8.95	39.80	128.60
1995	131.30	148.80	249.15	38.95	3.95	0.00	0.15	2.25	16.50	16.40	42.80	130.65
1996	222.15	258.65	85.10	68.10	5.00	4.00	0.05	8.90	11.55	9.40	34.60	123.70
1997	244.60	205.35	147.55	20.65	8.30	0.00	0.00	42.85	56.30	9.50	57.50	125.55
1998	222.25	139.80	101.35	14.75	0.00	1.75	0.00	0.20	0.10	17.50	44.10	129.20
1999	159.60	247.90	170.25	46.65	8.95	0.00	0.15	0.10	32.20	37.10	19.40	142.50
2000	247.60	233.75	203.15	13.25	19.80	4.10	0.60	17.40	2.95	85.95	25.00	116.45
2001	311.00	307.70	211.45	91.90	17.75	0.15	18.05	7.80	9.75	10.35	9.20	81.90
2002	143.90	251.10	177.35	90.70	10.10	5.60	16.90	0.10	18.35	52.20	100.95	111.00
2003	133.70	174.00	221.60	42.20	9.10	4.50	0.00	2.35	17.40	18.75	39.30	133.60
2004	S/D	143.30	104.60	56.80	1.80	3.50	23.90	18.10	10.90	8.90	14.30	54.30
2005	129.20	197.60	163.70	74.40	0.20	0.00	0.00	0.40	7.60	14.85	22.50	194.50
2006	271.20	159.30	206.60	58.10	1.30	4.90	0.00	0.85	18.65	63.10	93.15	105.90
2007	193.35	151.40	160.90	36.15	11.20	0.05	3.10	0.00	13.20	18.70	69.55	134.35
2008	222.15	148.95	85.15	2.45	0.90	0.00	0.80	0.05	0.10	36.00	8.15	148.00
2009	125.75	171.20	130.60	74.10	10.90	0.00	10.30	0.00	12.05	15.65	70.00	62.80
2010	235.00	166.10	81.50	43.50	6.00	0.05	0.40	0.05	2.60	27.15	2.75	134.50
2011	240.25	275.70	125.70	73.70	4.50	0.00	3.50	6.85	11.50	10.45	33.45	144.75
2012	204.05	302.00	133.40	79.50	2.30	2.80	0.35	0.00	36.40	11.85	20.60	241.05
2013	128.22	194.70	148.80	6.41	9.52	16.00	2.20	13.30	0.20	57.40	35.83	S/D
2014	S/D	63.61	142.91	48.02	1.02	0.00	8.41	2.22	67.50	S/D	36.71	30.02
2015	143.31	253.00	131.41	56.72	3.00	0.00	8.40	18.00	36.80	20.41	S/D	S/D
2016	68.10	298.60	115.90	91.80	7.90	16.20	5.10	12.10	0.00	38.80	21.20	116.70
2017	225.30	160.20	181.30	73.90	50.00	0.00	2.60	4.10	26.80	43.80	37.90	162.70
2018	218.90	218.60	231.80	52.80	24.80	16.60	32.40	10.50	1.70	51.20	26.80	119.30
2019	342.80	256.70	263.20	22.60	0.00	S/D	0.18	0.00	S/D	31.10	82.30	146.10

Fuente: Senamhi

## Precipitación total mensual - Estación Sicuani

Precipitación total mensual (mm) - Estación Sicuani												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.50	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	64.10	61.00	179.70
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.70	106.00	121.00
1967	63.40	117.20	155.90	33.60	8.20	1.40	21.20	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50
1968	118.20	171.30	272.90	56.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	33.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.70	96.20
1974	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1975	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1976	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1977	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1978	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1979	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1980	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1981	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1982	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1983	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1984	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1985	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1987	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1988	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1989	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1990	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	S/D
1992	99.20	61.40	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60
1998	102.30	131.00	97.80	15.10	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.80
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	49.60	125.10
2011	107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	2.60	52.20	25.30	29.00	131.10
2012	155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80
2013	191.80	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70
2014	154.10	134.30	55.40	36.70	9.40	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	33.80	156.40
2015	142.00	97.20	104.40	S/D	8.40	2.50	S/D	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50
2016	131.40	259.50	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	S/D	77.00
2017	162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	13.80	22.70	72.90	121.90	73.40
2018	112.60	165.90	116.60	30.80	5.20	20.40	20.10	28.60	4.40	76.20	104.60	48.60
2019	131.60	135.70	86.10	S/D	8.50	0.00	S/D	0.00	0.50	S/D	137.50	212.30

Fuente: Senamhi

## Precipitación máxima en 24 horas - Estación Sicuani

Precipitación máxima en 24 hr (mm) - Estación Sicuani												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	29.00	16.50	33.00	22.00	17.00	0.00	2.50	3.20	8.50	10.50	15.20	8.20
1965	7.30	20.30	20.50	15.20	1.10	0.00	1.50	2.80	15.00	23.00	12.00	24.00
1966	13.00	29.10	16.20	3.00	15.40	0.00	0.00	1.60	9.30	31.50	19.00	22.00
1967	14.00	28.30	22.20	10.00	3.20	1.40	9.00	10.00	11.00	11.00	9.00	29.80
1968	10.40	17.00	43.70	17.00	0.00	0.00	8.00	15.50	10.00	11.30	34.00	11.20
1969	20.10	14.40	17.80	13.80	3.60	1.80	8.00	1.60	10.00	18.00	14.20	17.90
1970	31.00	16.50	17.90	14.10	4.10	0.00	0.00	0.00	11.10	11.80	17.50	25.00
1971	25.20	29.90	24.80	31.80	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	9.80
1972	19.20	14.20	15.60	24.70	3.10	0.00	11.00	15.50	0.00	4.10	10.30	14.80
1973	26.80	22.20	19.90	18.40	3.10	0.00	1.60	7.30	4.10	10.90	9.30	18.60
1974	20.40	32.50	17.20	9.50	0.80	4.30	0.00	4.90	19.20	3.60	8.50	13.64
1975	22.80	16.40	20.80	7.50	6.20	0.40	0.00	5.20	12.30	5.30	15.20	25.40
1976	22.60	9.80	19.80	8.10	8.80	4.10	3.70	7.50	6.10	7.80	10.70	16.50
1977	22.20	24.80	19.20	10.40	3.20	0.00	0.80	0.00	10.10	10.20	12.00	19.80
1993	27.70	17.50	29.50	12.70	0.00	1.20	1.50	4.80	11.50	20.20	30.40	21.50
1994	23.10	19.30	20.00	20.00	10.00	0.30	0.00	1.20	4.10	17.90	15.40	24.50
1995	18.80	16.60	14.00	17.50	3.10	1.20	1.60	0.00	6.50	8.00	23.40	27.00
1996	12.70	17.90	40.60	14.30	7.30	0.00	0.00	7.40	10.60	15.00	11.60	16.80
1997	20.60	40.50	28.00	16.10	2.00	0.00	5.20	6.50	5.80	7.70	17.50	14.50
1998	24.20	28.10	10.20	6.30	0.00	0.00	0.00	4.20	1.70	26.30	10.00	28.80
1999	16.40	18.20	10.80	18.80	13.90	3.20	0.30	0.00	16.50	6.00	10.60	24.80
2000	17.20	22.50	22.30	6.20	4.00	6.00	4.40	1.30	8.30	25.80	8.90	15.30
2001	35.40	18.60	31.60	16.50	10.20	1.20	5.70	4.40	14.80	17.10	14.50	36.00
2002	32.50	27.70	17.20	34.60	16.00	0.00	6.00	3.20	8.20	15.20	16.50	23.10
2003	26.00	12.30	24.80	15.00	6.60	6.60	0.00	6.10	1.20	9.70	9.50	30.40
2004	16.10	34.10	18.50	14.40	2.90	2.70	2.80	5.60	12.00	7.70	14.00	15.60
2005	12.80	44.40	23.50	9.10	4.50	0.00	1.60	0.00	6.20	11.10	18.10	15.00
2006	18.30	23.50	12.10	29.80	3.30	5.30	0.00	8.00	8.30	8.20	19.00	25.20
2007	24.50	12.50	28.80	8.40	1.90	0.00	6.80	0.00	12.50	12.60	20.20	18.60
2008	18.20	22.90	31.30	7.40	6.00	0.70	0.60	0.60	1.60	23.70	9.00	24.70
2009	13.60	15.50	11.90	10.10	5.20	0.00	3.70	0.00	4.80	12.30	18.40	20.00
2010	24.70	20.60	22.30	19.10	2.30	0.00	0.00	5.70	1.60	13.40	23.70	22.70
2011	12.70	11.40	22.80	32.50	12.40	2.90	2.90	1.00	11.00	14.60	6.80	34.10
2012	31.50	31.60	17.50	16.60	0.50	3.20	0.80	0.00	5.50	9.40	16.00	22.40
2013	28.30	25.80	11.20	5.80	6.30	3.50	0.00	7.40	0.90	7.00	14.30	20.70
2014	19.60	23.30	15.90	11.00	3.80	0.00	0.20	5.90	10.00	8.50	5.60	23.30
2015	28.50	20.20	17.90	12.40	3.80	2.40	9.40	5.50	5.50	14.10	19.70	21.00
2016	34.20	32.20	11.00	20.30	2.50	0.00	0.30	3.60	6.70	12.90	21.31	15.70
2017	22.20	27.40	18.00	20.80	14.90	0.00	2.20	12.70	11.30	40.10	28.80	15.70
2018	19.00	35.50	21.10	11.20	2.80	10.00	18.70	10.80	3.00	15.90	28.40	13.60
2019	20.80	19.70	17.00	3.83	6.90	0.00	0.00	0.00	0.50	10.40	32.50	32.70
2020	14.20	32.40	14.60	6.00	9.30	0.10	0.00	0.00	7.50	11.60	12.00	25.80

Fuente: Senamhi

## ANEXO C: Completación y extensión de datos mediante Hec-4

### PRECIPITACION

#### Precipitación Mensual corregida y extendida – Estación Yauri

Precipitación total mensual (mm) - Estación Yauri (HEC-4)												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2006	295.00	119.90	175.60	45.80	1.40	5.40	0.00	9.70	18.60	59.10	64.10	122.60
2007	129.70	133.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70
2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	43.40	24.80	103.30
2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	2.00	43.80	172.60	133.90
2010	172.60	165.70	114.90	32.00	13.60	0.00	0.00	0.00	1.70	16.20	36.00	176.70
2011	127.00	248.20	138.80	73.70	10.00	0.00	1.90	2.31	36.10	16.90	74.90	137.60
2012	171.50	266.10	191.40	76.40	11.40	0.00	0.10	0.00	13.70	31.30	76.20	215.20
2013	169.00	165.10	81.80	8.60	2.70	14.40	3.40	20.10	0.00	28.60	53.00	156.10
2014	142.80	113.10	92.30	21.20	9.10	0.00	5.50	3.50	41.40	99.70	22.20	189.20
2015	184.20	112.70	117.30	131.40	13.70	0.50	1.50	17.30	20.60	30.10	26.40	142.60
2016	112.10	168.20	64.60	112.00	1.70	0.10	9.20	3.20	4.70	40.90	20.50	112.29
2017	168.00	105.70	168.10	68.40	22.60	0.10	3.20	0.00	12.10	57.70	66.30	156.40
2018	143.10	206.10	93.20	19.20	1.10	6.90	16.40	30.10	2.30	103.30	48.10	86.20
2019	226.60	211.00	147.80	74.50	12.50	0.00	0.73	0.00	3.80	29.07	222.19	174.13
2020	149.02	119.27	130.11	67.92	13.15	0.00	1.07	0.99	1.22	35.68	33.14	127.91
2021	173.81	112.91	95.72	20.29	4.21	0.24	0.33	0.83	4.02	35.34	32.00	108.95

Fuente: Propia

## Precipitación Mensual corregida y extendida– Estación Chuquibambilla

Precipitación total mensual (mm) - Estación Chuquibambilla (HEC-4)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1974	167.20	118.30	126.50	47.90	0.00	4.20	0.00	35.40	0.00	28.50	43.30	71.10
1975	225.30	116.80	105.90	36.60	22.00	0.00	0.00	0.00	31.90	61.90	49.30	131.40
1976	208.80	88.90	151.90	27.40	15.40	1.50	0.80	2.80	33.80	1.90	26.00	43.00
1977	95.30	138.30	140.10	31.80	4.00	0.00	2.00	0.00	38.00	54.60	106.50	82.50
1978	295.20	127.70	67.00	64.00	0.90	0.60	0.00	0.00	24.70	19.90	101.90	122.30
1979	150.90	53.60	78.80	44.20	1.40	0.00	0.00	4.40	4.70	29.10	34.60	122.40
1980	109.00	103.70	149.20	11.80	11.20	0.00	1.30	2.40	4.80	87.20	64.20	105.80
1981	174.30	176.00	144.60	77.00	7.60	3.10	0.00	11.60	31.00	77.40	41.50	106.80
1982	148.30	91.70	101.10	82.20	0.00	2.00	0.00	0.00	27.00	95.00	154.20	67.90
1983	51.40	58.10	60.60	47.60	2.40	0.00	0.00	0.00	6.50	21.30	24.50	88.30
1984	220.30	175.40	139.90	30.50	20.90	0.00	1.30	0.70	2.70	120.60	124.10	180.10
1985	114.00	123.50	90.50	121.00	20.70	25.90	0.00	0.50	65.70	24.60	140.80	106.90
1986	99.40	114.80	129.90	89.60	12.90	0.00	1.00	4.10	35.50	2.70	60.10	146.80
1987	111.20	75.10	72.50	32.00	1.10	1.40	7.30	0.90	3.20	9.30	96.60	79.80
1988	201.80	72.60	153.40	71.30	16.90	0.00	0.00	0.00	11.60	26.70	4.90	94.50
1989	156.80	84.70	113.90	86.80	3.60	0.70	0.70	40.10	30.90	59.80	55.90	95.50
1990	147.50	97.40	149.60	68.30	8.80	48.10	0.00	0.20	9.80	126.90	70.40	78.40
1991	191.40	61.40	118.00	30.10	28.80	39.10	0.00	0.00	1.00	48.30	29.80	94.50
1992	109.80	71.10	84.30	35.40	0.00	2.40	0.00	41.50	0.00	57.50	99.40	90.40
1993	183.40	29.00	182.90	46.90	0.00	16.00	0.00	28.60	9.30	94.10	162.00	98.10
1994	209.40	133.10	139.60	61.30	0.00	0.00	0.00	5.80	6.10	43.00	76.30	120.60
1995	119.70	119.70	119.80	15.80	2.10	0.00	0.00	0.00	2.50	27.00	56.70	123.80
1996	162.20	112.00	97.80	61.90	1.40	0.00	3.40	5.00	6.60	11.80	57.10	98.50
1997	205.10	204.30	192.70	63.80	4.00	0.00	0.00	16.50	31.00	35.40	111.60	121.70
1998	128.70	139.10	151.40	22.50	0.00	2.00	0.00	2.00	8.80	72.60	107.30	50.90
1999	114.10	162.60	139.90	146.80	9.80	0.00	1.40	1.70	20.30	58.10	28.00	94.10
2000	183.40	180.60	120.70	14.40	17.30	6.50	7.00	5.30	6.90	96.00	17.40	139.10
2001	238.60	127.30	126.90	25.10	19.30	1.20	4.70	7.50	10.80	40.40	18.20	69.90
2002	156.80	175.50	113.60	105.10	29.20	2.00	13.50	13.60	22.00	94.20	102.50	128.00
2003	137.90	154.80	245.00	43.60	4.30	3.30	0.00	12.60	23.30	18.70	33.60	97.60
2004	215.60	137.00	95.70	42.60	1.10	2.00	3.30	21.90	60.60	13.30	58.30	142.50
2005	88.10	213.70	97.70	39.00	0.00	0.00	0.00	7.90	0.00	118.30	75.70	97.90
2006	188.80	114.80	172.23	20.50	0.00	3.20	0.00	3.00	5.60	45.80	90.80	208.30
2007	94.00	96.90	130.80	81.90	3.50	0.00	4.60	0.00	22.10	21.10	67.20	72.90
2008	154.50	96.60	44.10	2.90	2.90	1.00	0.00	2.50	0.00	37.80	47.40	235.80
2009	114.10	90.40	137.60	65.20	0.00	0.00	0.00	0.00	14.40	19.10	84.80	131.10
2010	185.70	11.40	139.40	73.00	15.20	0.04	0.00	0.30	7.20	6.98	19.67	127.12
2011	122.80	180.70	122.40	72.50	13.50	7.80	9.70	6.80	37.20	31.00	48.92	163.20
2012	171.10	149.60	148.60	67.40	0.00	0.00	0.00	0.00	11.90	22.60	86.90	174.60
2013	207.50	173.40	129.90	36.30	3.60	16.00	6.70	7.40	5.30	57.30	44.60	214.70
2014	152.00	169.10	107.30	41.10	2.40	0.00	1.10	34.20	38.30	102.90	78.90	211.50
2015	233.70	81.30	127.80	91.60	4.20	0.00	4.50	5.50	40.00	40.50	40.90	170.20
2016	135.10	172.30	109.90	136.00	0.55	0.43	6.60	13.10	25.60	70.50	47.60	100.20
2017	137.90	58.81	154.10	35.80	32.20	0.00	3.10	0.00	55.60	42.20	80.10	95.50
2018	131.10	147.40	167.50	22.10	0.00	41.00	27.40	41.30	11.70	78.30	99.80	53.30
2019	203.80	213.70	111.10	53.60	18.90	0.00	0.00	0.00	5.50	31.40	115.50	141.60
2020	157.07	117.75	143.61	66.00	9.99	0.02	0.10	1.61	10.40	34.18	54.37	94.90
2021	170.52	101.54	104.39	27.27	2.12	0.54	0.08	0.91	11.11	44.25	50.73	93.64

Fuente: Propia

## Precipitación Mensual corregida y extendida– Estación Sicuani

Precipitación total mensual (mm) - Estación Sicuani (HEC-4)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	95.40	101.00	112.00	50.00	31.50	0.00	2.50	3.20	32.20	25.80	85.10	50.00
1965	43.20	89.70	119.00	51.70	2.10	0.00	2.40	3.70	52.50	64.10	61.00	179.70
1966	81.60	118.20	94.20	6.00	35.00	0.00	0.00	2.30	38.90	148.70	106.00	121.00
1967	63.40	117.20	155.90	33.60	8.20	1.40	21.20	28.70	40.40	49.00	46.80	129.50
1968	118.20	171.30	272.90	56.60	0.00	0.00	16.00	28.20	21.40	62.10	149.30	64.20
1969	132.50	127.00	140.40	67.00	33.60	2.80	8.00	1.60	18.00	78.20	76.20	80.80
1970	172.30	139.50	141.30	50.30	5.60	0.00	0.00	0.00	20.40	48.30	46.60	185.40
1971	189.50	162.00	66.10	66.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	71.60
1972	154.20	76.50	95.60	58.10	6.30	0.00	15.90	29.60	0.00	8.00	35.20	94.40
1973	140.70	136.20	168.00	82.50	3.10	0.00	2.00	11.80	5.90	27.00	47.70	96.20
1974	126.64	123.35	105.50	51.13	2.31	2.53	0.08	20.19	15.19	43.32	55.97	75.44
1975	187.91	153.74	118.13	66.07	16.85	0.40	0.34	0.24	18.97	66.27	61.82	128.92
1976	155.52	123.06	84.99	66.17	16.36	0.38	1.03	10.09	28.62	38.55	50.24	59.71
1977	101.19	115.31	165.19	38.65	6.24	0.05	3.11	0.63	21.41	55.54	109.65	92.63
1978	204.15	106.88	82.25	54.67	5.75	1.00	0.02	0.12	19.64	47.78	106.70	127.93
1979	89.31	98.74	74.73	62.86	4.12	0.02	1.01	4.48	0.19	69.24	60.79	99.95
1980	89.06	85.87	119.82	30.48	5.09	0.02	0.48	0.89	39.17	71.06	94.27	97.00
1981	137.36	196.55	121.81	38.17	4.19	6.70	0.04	11.18	35.57	71.40	34.73	114.01
1982	133.32	98.01	138.76	77.56	2.34	1.05	0.23	0.24	25.83	71.40	129.05	60.12
1983	63.13	97.18	83.91	39.29	8.87	0.01	1.33	0.38	25.69	64.02	33.39	111.81
1984	179.85	181.90	156.03	49.71	18.54	0.06	0.78	2.21	7.50	71.40	91.20	134.19
1985	116.00	133.78	125.10	65.11	13.23	4.28	0.52	5.14	29.57	48.23	119.23	129.51
1986	79.66	138.78	137.86	83.78	20.15	0.07	0.02	10.64	30.42	20.93	54.97	123.07
1987	99.45	82.28	64.93	35.73	3.86	1.18	1.98	4.11	2.52	56.49	93.79	75.74
1988	142.95	107.90	127.78	69.75	13.58	0.03	0.54	0.04	3.22	58.10	7.51	93.23
1989	103.10	115.84	99.41	55.76	14.20	0.43	0.41	18.15	1.54	54.78	80.35	98.39
1990	130.38	83.58	166.03	59.08	15.24	12.33	1.71	1.55	13.76	71.38	70.97	91.20
1991	93.30	76.30	87.50	59.30	18.10	14.40	0.00	0.00	12.70	44.90	43.70	101.75
1992	99.20	61.40	93.27	45.92	0.48	2.86	2.10	19.50	19.10	62.80	96.80	53.60
1993	163.00	87.10	116.20	57.40	0.00	1.20	2.00	9.80	26.70	66.00	136.40	114.10
1994	127.50	143.80	128.40	74.90	18.80	0.30	0.00	1.20	9.30	50.50	81.00	127.40
1995	107.40	105.20	131.30	64.40	3.10	1.20	2.80	0.00	16.60	36.00	92.30	117.00
1996	121.30	112.00	155.50	42.70	16.30	0.00	0.00	12.00	24.50	54.20	61.60	115.70
1997	226.70	173.80	176.90	49.90	3.50	0.00	5.20	15.20	8.90	45.50	135.50	64.60
1998	102.30	131.00	97.80	15.10	0.00	0.00	0.00	5.60	1.70	92.20	73.60	92.70
1999	133.30	145.40	83.40	85.70	17.60	3.20	0.30	0.00	44.10	24.40	38.50	127.20
2000	110.40	180.00	121.90	15.60	7.20	6.00	4.40	1.70	18.60	76.40	25.20	92.60
2001	213.00	158.10	176.90	55.30	25.90	1.20	13.90	10.50	34.70	48.30	76.20	134.40
2002	154.70	205.20	145.70	126.40	32.90	0.00	26.10	4.70	37.40	75.90	87.30	141.50
2003	129.20	131.80	160.00	59.60	18.70	6.60	0.00	8.00	1.60	37.50	27.20	125.50
2004	162.60	191.00	80.40	47.00	7.60	8.20	4.20	12.00	51.60	28.90	92.40	98.40
2005	66.30	178.80	120.30	44.90	4.50	0.00	2.70	0.00	7.60	48.30	75.00	93.40
2006	151.20	120.80	92.80	99.00	3.30	5.70	0.00	10.30	23.30	45.40	111.30	102.00
2007	115.80	86.90	174.40	45.10	5.30	0.00	9.00	0.00	15.20	60.70	77.00	73.80
2008	137.30	133.50	117.90	21.60	7.00	0.70	0.60	0.60	2.60	84.10	61.60	149.00
2009	89.80	140.60	85.80	37.60	5.70	0.00	6.20	0.00	11.10	32.20	129.00	121.10
2010	161.00	95.80	118.00	48.40	2.60	0.00	0.00	5.70	2.40	62.80	49.60	125.10
2011	107.60	118.40	156.40	132.70	14.40	2.90	4.40	2.60	52.20	25.30	29.00	131.10
2012	155.20	184.80	103.00	49.00	0.50	3.20	0.80	0.00	14.20	36.40	38.70	149.80
2013	191.80	157.70	78.90	23.50	7.20	7.10	0.00	11.20	1.80	38.10	66.20	162.70
2014	154.10	134.30	55.40	36.70	9.40	0.00	0.20	6.30	24.50	49.20	33.80	156.40
2015	142.00	97.20	104.40	101.16	8.40	2.50	0.30	7.00	10.10	52.50	74.60	136.50
2016	131.40	259.50	53.80	82.80	3.20	0.00	0.30	6.90	19.90	79.00	44.96	77.00
2017	162.30	119.10	126.90	60.80	40.80	0.00	2.20	13.80	22.70	72.90	121.90	73.40
2018	112.60	165.90	116.60	30.80	5.20	20.40	20.10	28.60	4.40	76.20	104.60	48.60
2019	131.60	135.70	86.10	68.32	8.50	0.00	0.66	0.00	0.50	67.21	137.50	212.30
2020	105.46	87.41	116.33	51.01	19.96	0.07	1.65	2.26	6.68	68.10	50.45	81.14
2021	123.36	105.42	111.60	30.52	6.80	0.61	1.00	3.12	13.17	61.08	68.62	62.62

Fuente: Propia

## Precipitación mensual corregida y extendida – Estación La Angostura

Precipitación total mensual (mm) - La Angostura (HEC-4)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	78.80	126.50	101.20	61.30	13.60	0.00	0.00	8.90	0.00	27.20	64.70	106.50
1965	76.80	185.30	75.80	35.30	0.00	0.00	3.50	0.00	14.80	23.70	27.60	179.60
1966	96.30	99.20	83.10	15.40	33.20	0.61	0.00	2.00	1.10	46.00	143.40	102.40
1967	103.20	149.20	276.00	37.90	14.00	1.00	11.30	3.00	55.50	26.00	13.10	80.30
1968	259.20	136.80	134.80	11.30	14.70	8.20	8.20	8.90	15.00	72.50	118.20	56.40
1969	125.50	160.70	89.90	41.60	0.00	2.20	1.50	4.10	3.20	32.30	77.60	131.60
1970	206.80	214.10	168.80	27.30	13.20	0.00	2.10	0.00	36.10	35.65	20.00	208.90
1971	156.60	293.80	104.70	24.20	8.00	0.05	0.00	0.10	0.15	9.90	16.00	137.20
1972	251.80	129.30	200.60	59.30	3.30	0.00	1.00	0.05	37.50	37.65	27.35	72.25
1973	262.90	192.30	170.30	105.45	6.70	1.70	3.60	4.40	26.90	7.05	66.00	104.00
1974	214.50	242.60	80.15	42.15	5.40	7.40	0.40	60.25	4.75	2.75	24.00	46.60
1975	190.35	226.20	151.70	29.85	28.10	3.90	0.10	0.03	5.73	59.15	12.80	195.60
1976	185.85	193.20	158.10	33.60	7.85	8.65	3.10	8.50	56.75	4.05	1.25	58.35
1977	56.75	277.60	144.70	4.30	3.80	0.00	2.15	0.00	26.30	34.40	110.65	94.65
1978	331.40	58.15	70.30	37.00	1.55	1.60	0.10	0.35	8.15	38.90	103.05	103.00
1979	130.15	71.55	141.55	25.30	1.25	0.00	3.00	2.70	0.30	48.90	73.35	119.15
1980	106.05	50.55	214.10	25.85	2.30	0.10	0.60	3.60	34.35	123.75	28.10	87.55
1981	251.45	256.00	67.30	55.80	5.95	0.05	0.00	47.05	32.70	47.60	52.75	114.00
1982	192.80	99.95	198.80	57.90	0.00	0.20	0.05	3.65	46.90	106.95	146.70	50.35
1983	72.40	117.30	81.85	39.15	8.25	1.40	0.90	0.10	23.85	36.30	1.75	55.30
1984	279.30	267.20	329.50	55.25	3.95	7.75	1.45	6.90	0.35	116.25	153.90	190.15
1985	49.05	206.30	126.75	104.85	12.15	16.30	0.00	9.80	21.25	11.10	74.90	177.20
1986	210.30	199.90	222.20	122.30	11.25	0.00	0.00	26.55	17.85	10.75	26.75	207.45
1987	252.60	54.65	35.60	22.00	1.20	2.30	22.90	13.25	0.95	36.95	19.70	40.60
1988	271.00	143.95	211.90	103.25	3.40	0.00	0.00	0.00	2.10	18.20	7.55	74.40
1989	194.30	154.80	157.90	43.45	28.75	11.55	0.30	12.20	1.00	10.80	15.90	29.75
1990	174.05	56.35	76.00	39.35	17.80	34.85	0.40	7.35	8.80	69.40	107.40	182.25
1991	153.40	194.20	167.70	31.90	14.15	24.30	1.20	0.05	5.90	25.35	83.20	76.25
1992	96.50	101.50	41.60	3.60	0.10	7.45	1.70	61.20	4.85	34.20	23.30	96.10
1993	237.05	72.90	140.80	99.05	6.05	6.70	0.40	15.35	13.90	46.10	127.40	131.00
1994	296.65	226.10	106.55	43.65	7.95	0.10	0.00	0.00	9.20	8.95	39.80	128.60
1995	131.30	148.80	249.15	38.95	3.95	0.00	0.15	2.25	16.50	16.40	42.80	130.65
1996	222.15	258.65	85.10	68.10	5.00	4.00	0.05	8.90	11.55	9.40	34.60	123.70
1997	244.60	205.35	147.55	20.65	8.30	0.00	0.00	42.85	56.30	9.50	57.50	125.55
1998	222.25	139.80	101.35	14.75	0.00	1.75	0.00	0.20	0.10	17.50	44.10	129.20
1999	159.60	247.90	170.25	46.65	8.95	0.00	0.15	0.10	32.20	37.10	19.40	142.50
2000	247.60	233.75	203.15	13.25	19.80	4.10	0.60	17.40	2.95	85.95	25.00	116.45
2001	311.00	307.70	211.45	91.90	17.75	0.15	18.05	7.80	9.75	10.35	9.20	81.90
2002	143.90	251.10	177.35	90.70	10.10	5.60	16.90	0.10	18.35	52.20	100.95	111.00
2003	133.70	174.00	221.60	42.20	9.10	4.50	0.00	2.35	17.40	18.75	39.30	133.60
2004	284.10	143.30	104.60	56.80	1.80	3.50	23.90	18.10	10.90	8.90	14.30	54.30
2005	129.20	197.60	163.70	74.40	0.20	0.00	0.00	0.40	7.60	14.85	22.50	194.50
2006	271.20	159.30	206.60	58.10	1.30	4.90	0.00	0.85	18.65	63.10	93.15	105.90
2007	193.35	151.40	160.90	36.15	11.20	0.05	3.10	0.00	13.20	18.70	69.55	134.35
2008	222.15	148.95	85.15	2.45	0.90	0.00	0.80	0.05	0.10	36.00	8.15	148.00
2009	125.75	171.20	130.60	74.10	10.90	0.00	10.30	0.00	12.05	15.65	70.00	62.80
2010	235.00	166.10	81.50	43.50	6.00	0.05	0.40	0.05	2.60	27.15	2.75	134.50
2011	240.25	275.70	125.70	73.70	4.50	0.00	3.50	6.85	11.50	10.45	33.45	144.75
2012	204.05	302.00	133.40	79.50	2.30	2.80	0.35	0.00	36.40	11.85	20.60	241.05
2013	128.22	194.70	148.80	6.41	9.52	16.00	2.20	13.30	0.20	57.40	35.83	73.06
2014	154.45	63.61	142.91	48.02	1.02	0.00	8.41	2.22	67.50	52.58	36.71	30.02
2015	143.31	253.00	131.41	56.72	3.00	0.00	8.40	18.00	36.80	20.41	22.62	90.63
2016	68.10	298.60	115.90	91.80	7.90	16.20	5.10	12.10	0.00	38.80	21.20	116.70
2017	225.30	160.20	181.30	73.90	50.00	0.00	2.60	4.10	26.80	43.80	37.90	162.70
2018	218.90	218.60	231.80	52.80	24.80	16.60	32.40	10.50	1.70	51.20	26.80	119.30
2019	342.80	256.70	263.20	22.60	0.00	0.26	0.18	0.00	17.00	31.10	82.30	146.10
2020	192.70	113.37	201.28	64.61	2.97	0.36	1.62	3.65	0.62	32.74	32.55	90.30
2021	248.96	111.21	145.72	27.35	8.11	1.10	0.33	4.01	5.20	26.82	20.19	97.01

Fuente: Propia



## **ANEXO D: Análisis estadístico**

**La metodología es la siguiente:**

### **Evaluación de la consistencia en la media - Prueba "T" de Student**

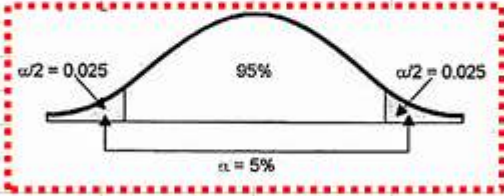
1. Obtener los siguientes datos: número de datos ( $n_1$ ,  $n_2$ ), promedio ( $X_1$ ,  $X_2$ ), desviación estándar ( $S_1$ ,  $S_2$ ) y grados de libertad ( $GL_1$ ,  $GL_2$ ), del primer y segundo periodo muestral respectivamente.
2. Calcular la desviación estándar ponderada según la ecuación x.
3. Calcular la desviación estándar de las diferencias de los promedios, según la ecuación x.
4. Calcular el estadístico " $T_c$ ", según la ecuación x.
5. Sumar los grados de libertad  $GL_1$  y  $GL_2$
6. Hallar el valor del estadístico " $T_t$ " de las tablas de T Student o mediante el software Excel con la función "INV.T.2C" (devuelve el inverso de las dos colas de la distribución t Student), con un nivel de significancia igual al 95% de probabilidad ( $\alpha=0.05$ )
7. Comprobar si el estadístico " $T_c$ " es menor que el estadístico " $T_t$ " para aceptar la hipótesis.

### **Evaluación de la consistencia en la desviación estándar - Prueba "F" de Fisher**

1. Calcular la varianza del primer y segundo periodo muestral respectivamente.
2. Calcular los grados de libertad ( $GL_1$  y  $GL_2$ )
3. Calcular el estadístico " $F_c$ ", según la ecuación x o x.
4. Hallar el valor del estadístico " $F_t$ " de las tablas de F Fisher o mediante el software Excel con la función "INV.F.CD" (devuelve el inverso de probabilidad F de cola derecha), con un nivel de significancia igual al 95% de probabilidad ( $\alpha=0.05$ )
5. Comprobar si el estadístico " $F_c$ " es menor que el estadístico " $F_t$ " para aceptar la hipótesis.

## Ejemplo de aplicación

DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales	DATOS CONFIABLE Periodos Muestrales
ENTRE LOS AÑOS 1964 - 1997	ENTRE LOS AÑOS 1998 - 2021
Tamaño de la muestra (n1) = 348	Tamaño de la muestra (n2) = 348
Media de la muestra $\bar{X}_1 = 57.13$	Media de la muestra $\bar{X}_2 = 61.50$
Desviación Standard (S1) = 53.39	Desviación Standard (S2) = 58.14
Grados de libertad (GL1) = 347	Grados de libertad (GL2) = 347

ANÁLISIS ESTADÍSTICO : PRUEBAS DE "T" DE STUDENT Y DE FISHER "F"	
ESTACION SICUANI	
Evaluación de la consistencia en la media	
PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	
$S_p = \left[ \frac{(n_1 - 1) \cdot S_1^2 + (n_2 - 1) \cdot S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$	
Sp =	55.81
Desviación de las diferencias de los promedios	
$S_d = S_p \cdot \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$	
Sd =	4.23
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	
$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_d} \quad (4)$	
Tc =	-1.03
Tc  =	1.03
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	
Grados de libertad	
GL = GL1+GL2	(5)
GL =	694
Probabilidad al 95%, con un nivel de significación del 5%	
	
α =	5%
	1.9633881
Tt =	1.9634
Comparacion del Tc con el Tt	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Si <math> t_c  \leq t_t</math> (95%) → <math>\bar{X}_1 = \bar{X}_2</math> (estadísticamente) En este caso, siendo las medias <math>\bar{X}_1 = \bar{X}_2</math> estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.</li> <li>Si <math> t_c  &gt; t_t</math> (95%) → <math>\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2</math> (estadísticamente) En este caso, siendo las medias <math>\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2</math> estadísticamente, se debe corregir la información.</li> </ul>	
Conclusión:	
$ t_c  = 1.03$	$<  t_t  = 1.9634$ (7)
HOMOGENEIDAD OK	

Evaluación de la consistencia en la desviación estándar														
PRUEBA "F" DE FISHER														
Cálculo de F calculado (Fc)según :														
<div><math display="block">F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} , \text{ si } S_1^2(x) &gt; S_2^2(x)</math><math display="block">F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} , \text{ si } S_2^2(x) &gt; S_1^2(x)</math></div>														
<div><math display="block">F_c = \frac{3380.12}{2850.16} = 1.19 \quad (3)</math></div>														
Calculo del F tabular( valor critico de Ft) Ft														
para una probabilidad del 95%,es decir, con un nivel de significación $\alpha = 5\%$ y grados de libertad:														
<table><tr><th colspan="2">Grados de libertad</th></tr><tr><td>GL1 =</td><td>347</td></tr><tr><td>GL2 =</td><td>347</td></tr><tr><td><math>\alpha =</math></td><td>5%</td></tr><tr><td></td><td>1.19</td></tr><tr><td>Ft=</td><td>1.19</td></tr></table>			Grados de libertad		GL1 =	347	GL2 =	347	$\alpha =$	5%		1.19	Ft=	1.19
Grados de libertad														
GL1 =	347													
GL2 =	347													
$\alpha =$	5%													
	1.19													
Ft=	1.19													
(2)														
(4)														
Comparacion del Fc con el Ft														
<div><ul style="list-style-type: none"><li>Si <math>F_c \leq F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) = S_2(x)</math> (estadísticamente)</li><li>Si <math>F_c &gt; F_t (95\%) \rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)</math> (estadísticamente), por lo que se debe corregir</li></ul></div>														
Conclusión:														
<div><math display="block">F_c = 1.19 &lt; F_t = 1.19 \quad (5)</math><p>HOMOGENEIDAD OK</p></div>														

Fuente: Propia

## ANEXO E: Generación de caudales mediante el Método Determinístico – Estocástico Lutz – Scholz

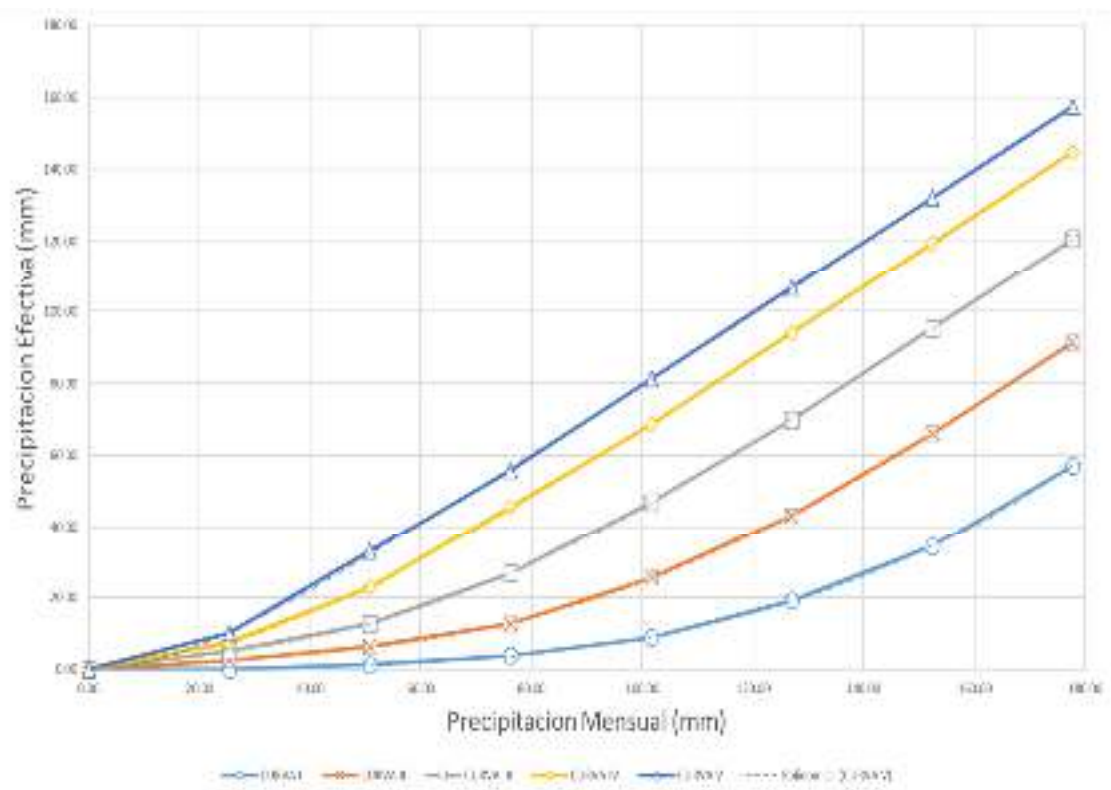
### CUENCA INTEGRAL AZULAJE

#### PARAMETROS PRINCIPALES

Área de la cuenca:	$A = 21.06 \text{ Km}^2$
Altitud media de la cuenca	$H = 4670 \text{ m.s.n.m.}$
Pendiente Media Cauce Principal:	$S = 0.092 \text{ m/m}$
Temperatura Media Anual:	$T = 11.86 \text{ C}^\circ$
Coeficiente de escorrentía (según ec. 36):	$C = 0.38$
Coeficiente de Agotamiento (según ec 50):	$a = 0.022$
Relación de Caudales primeros 30 días (según ec 51)	$b_0 = 0.512$
Gasto mensual de retención:	$R = 75.0 \text{ mm/año}$

#### PRECIPITACION EFECTIVA

- Plotear en un gráfico, Precipitación Total Mensual – Limite Superior (eje X) vs Déficit o Escurrimiento (eje Y) según Tabla X.



- Mediante Excel hallar las ecuaciones polinómicas de grado 5 de cada curva

#### Ecuaciones polinómicas para cada Curva

CURVA I	$y = -0.00000000285(x5) + 0.000000143962(x4) - 0.000012044722(x3) + 0.001105483708(x2) - 0.018497283490(x) - 0.018356644072$
CURVA II	$y = -0.00000000088(x5) - 0.000000089009(x4) + 0.000043489197(x3) - 0.002296303399(x2) + 0.135761843256(x) - 0.021386947586$
CURVA IV	$y = -0.00000000188(x5) + 0.000000179558(x4) - 0.000064489224(x3) + 0.011230251189(x2) + 0.034755336728(x) + 0.053962701979$
CURVA III	$y = 0.000000001361(x5) - 0.000000704022(x4) + 0.000118403311(x3) - 0.003906847849(x2) + 0.227286034329(x) + 0.016317014690$
CURVA V	$y = -0.000000002131(x5) + 0.000001107276(x4) - 0.000218996472(x3) + 0.020849280479(x2) + 0.007653534352(x) - 0.078846156022$

- Extraer datos de coeficientes por cada curva

#### Coeficientes polinómicos en cada Curva

Coeficientes de Cálculo - Precipitación Efectiva					
COEFICIENTE	CURVA I	CURVA II	CURVA III	CURVA IV	CURVA V
$a_0$	-0.018357	-0.021387	0.016317	0.053963	-0.078846
$a_1$	-0.018497	0.135762	0.227286	0.034755	0.007654
$a_2$	0.001105	-0.002296	-0.003907	0.011230	0.020849
$a_3$	-1.204E-05	4.349E-05	1.184E-04	-6.449E-05	-2.190E-04
$a_4$	1.440E-07	-8.901E-08	-7.040E-07	1.796E-07	1.107E-06
$a_5$	-2.850E-10	-8.800E-11	1.361E-09	-1.880E-10	-2.131E-09
Coeficiente de Ecurrimiento "C"	0.15	0.30	0.45	0.60	

## GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO

### Metodología

Antes de iniciar, establecer los meses de épocas de avenidas y épocas de estiaje  
Para las épocas de avenidas abarca los meses de noviembre a marzo, en la zona de estudio, por ende, corresponde una contribución de abastecimiento para la cuenca

Para las épocas de estiaje abarca los meses de abril a octubre, en la zona de estudio, por ende, corresponde una contribución de retención para la cuenca.

1º Columna (3) se llena con los datos de precipitación media multianual por mes de la cuenca integral de estudio (Ver Tabla x)

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales	
		Precipitación	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMi)	
		total	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m³/s
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		mm/mes			
Enero	31	195.36									
Febrero	28	182.99									
Marzo	31	153.55									
Abril	30	49.85									
Mayo	31	9.00									
Junio	30	4.09									
Julio	31	3.72									
Agosto	31	8.63									
Septiembre	30	16.86									
Octubre	31	35.98									
Noviembre	30	50.25									
Diciembre	31	118.52									
Año		828.81									
Coeficientes escorrentía		0.58									

Fila correspondiente al "Año" es la suma de cada columna (3 - 12)

## 2º Columnas (4) y (5) mediante la ecuación polinómica de 5to grado (ec 40)

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales	
		Precipitación	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMi)	
		total	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m³/s
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		mm/mes			
Enero	31	195.36	108.43	139.94							
Febrero	28	182.99	96.55	126.16							
Marzo	31	153.55	67.13	96.27							
Abril	30	49.85	5.85	12.38							
Mayo	31	9.00	1.05	1.83							
Junio	30	4.09	0.50	0.89							
Julio	31	3.72	0.45	0.81							
Agosto	31	8.63	1.01	1.76							
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25							
Octubre	31	35.98	3.76	7.55							
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54							
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11							
Año		828.81	329.07	465.48							
Coeficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800							

Fila de coeficiente de escorrentía se completa mediante las ec. 41 ec. 42

3º Columna (6) es la suma de la columna (4) y (5) para cada mes

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales Generados (CMi)	
		Precipitación total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		mm/mes	m³/s
		mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	gi mm/mes	Gi mm/mes	ai mm/mes	Ai mm/mes		
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71						
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76						
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83						
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95						
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90						
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92						
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84						
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83						
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38						
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89						
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13						
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36						
Año		828.81	329.07	465.48	477.49						
Coefficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

4º Columna (7) se halla de la siguiente manera, para el primer mes de época de retención (abril), se calcula mediante la ec 53. únicamente para ese mes, para los meses siguientes se calcula mediante la ec 54.

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales Generados (CMi)	
		Precipitación total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		mm/mes	m³/s
		mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	gi mm/mes	Gi mm/mes	ai mm/mes	Ai mm/mes		
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71						
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76						
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83						
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393				
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653				
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061				
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150				
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636				
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350				
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691				
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13						
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36						
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933				
Coefficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

Columna (8) se calcula mediante la ec. 54



## 5º Columna (9) según valores según tabla x

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales	
		Precipitación total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMI)	
		mm/mes	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m³/s
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00		
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00		
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38		
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393				
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653				
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061				
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150				
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636				
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350				
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691				
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75		
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25		
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38		
Coeficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

Columna (10) mediante ec. 55

## 6º Columna (11) mediante ecuación 56

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales	
		Precipitación total	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMI)	
		mm/mes	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m³/s
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00	112.71	
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00	113.76	
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38	98.45	
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393			51.34	
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653			21.55	
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061			10.98	
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150			5.99	
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636			4.46	
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350			4.73	
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691			8.58	
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75	9.38	
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25	38.11	
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38	480.05	
Coeficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						



## 7º Resultado Final

Generación de caudales medios mensuales para el año promedio											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes	Nº días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales	
		Precipitación	Precipitación efectiva			Retención		Abastecimiento		Generados (CMI)	
		total	PE II	PE III	PE	gi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m³/s
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes		mm/mes			
Enero	31	195.36	108.43	139.94	142.71			0.400	30.00	112.71	0.886
Febrero	28	182.99	96.55	126.16	128.76			0.200	15.00	113.76	0.990
Marzo	31	153.55	67.13	96.27	98.83			0.005	0.38	98.45	0.774
Abril	30	49.85	5.85	12.38	12.95	0.51	38.393			51.34	0.417
Mayo	31	9.00	1.05	1.83	1.90	0.262	19.653			21.55	0.169
Junio	30	4.09	0.50	0.89	0.92	0.134	10.061			10.98	0.089
Julio	31	3.72	0.45	0.81	0.84	0.069	5.150			5.99	0.047
Agosto	31	8.63	1.01	1.76	1.83	0.035	2.636			4.46	0.035
Septiembre	30	16.86	1.82	3.25	3.38	0.018	1.350			4.73	0.038
Octubre	31	35.98	3.76	7.55	7.89	0.009	0.691			8.58	0.067
Noviembre	30	50.25	5.93	12.54	13.13			0.050	3.75	9.38	0.076
Diciembre	31	118.52	36.59	62.11	64.36			0.350	26.25	38.11	0.300
Año		828.81	329.07	465.48	477.49	1.039	77.933	1.0	75.38	480.05	3.890
Coeficientes escorrentía		0.58	-0.08800	1.08800	1.0						

## CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION MULTIPLE PARA EL AÑO PROMEDIO

Según ec. 57 y ec. 58, establecemos una relación para cada mes, donde podemos notar que  $Q_t$  es una variable independiente, por lo tanto,  $Q_{t-1}$  y  $PE_t$ , son variables dependientes.

Coeficientes a correlacionar

Mes	$Q_{t-1}$	PE	$Q_t$
Enero	38.11	142.71	112.71
Febrero	112.71	128.76	113.76
Marzo	113.76	98.83	98.45
Abril	98.45	12.95	51.34
Mayo	51.34	1.90	21.55
Junio	21.55	0.92	10.98
Julio	10.98	0.84	5.99
Agosto	5.99	1.83	4.46
Septiembre	4.46	3.38	4.73
Octubre	4.73	7.89	8.58
Noviembre	8.58	13.13	9.38
Diciembre	9.38	64.36	38.11

Fuente: Propia

Mediante el software Hidroesta 2.0, calculamos los coeficientes de regresión lineal múltiple.

### Análisis de regresión múltiple – Hidroesta 2.0

Calculos con ecuaciones de Regresión Múltiple, con 2 variables independientes

**Ingreso de los trios de datos:**  
 Nota: Una vez que digite el dato, presione ENTER.

Nº	X1	X2	Y
1	12.4874333	125.3946224	75.3946224
2	75.3946224	90.2011301	11.0001151
3	90.2011301	95.0745307	67.0360795
4	67.0360795	3.54541257	44.0360103
5	44.0360103	1.21729441	20.0705752
6	20.0705752	0.480176	10.9900847
7	10.9900847	0.4607162	6.66051577
8	6.66051577	3.38643647	8.62272199
9	8.62272199	1.21082607	3.1002130
10	3.1002130	7.89013071	4.26111731
11	4.26111731	3.7662137	2.0058071
12	2.0058071	38.77745105	7.80743311

**Aplicar solución:**  
 Ecuación:  
 Valor de X1:  
 Valor de X2:  
 Valor de Y:  
☐ con correlación lineal única  
☐ con correlación potencial múltiple  
 Ejecutar datos

Correlación	Ecuación	R	R <sup>2</sup>	Sa
Lineal Múltiple	$Y = 3.6336 + 0.4332 \cdot X1 + 0.0490 \cdot X2$	0.9773	0.9544	7.3336
Potencial Múltiple	$Y = 1.3322 \cdot X1^{0.08529} + 0.7114 \cdot X2$	0.9283	0.8612	21.0004

Archivos y unidades:

15/12/2022

Fuente: Propia

### Resumen de regresión lineal múltiple

Coeficiente de correlación múltiple	0.9937		
Coeficiente de determinación R^2	0.9875		<i>Coeficientes</i>
Error típico	5.4106	Intercepción	1.647743772
Observaciones	12	Qt-1	0.350090871
ECUACION	Y = 1.6477 + 0.3501 * (X1) + 0.6119 * (X2)		PE 0.611980394

Fuente: Propia

## GENERACION DE CAUDALES MEDIANTE EL METODO LUTZ SCHOLZ

### METODOLOGIA

Según la ecuación x, se calcula la precipitación efectiva considerando promedios entre la precipitación efectiva y la precipitación total mensual.

#### Precipitación efectiva considerando promedios

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm)
Promedios	0.73	0.70	0.64	0.26	0.21	0.23	0.23	0.21	0.20	0.22	0.26	0.54	
1964	59.25	91.62	67.05	16.39	2.95	0.00	0.00	1.94	0.00	6.14	17.40	59.53	322.27
1965	57.75	134.21	50.22	9.44	0.00	0.00	0.82	0.00	3.05	5.35	7.42	100.39	368.65
1966	72.41	71.85	55.06	4.12	7.20	0.14	0.00	0.44	0.23	10.38	38.56	57.24	317.62
1967	77.60	108.07	182.86	10.14	3.04	0.23	2.64	0.65	11.44	5.87	3.52	44.88	450.94
1968	194.90	99.09	89.31	3.02	3.19	1.90	1.92	1.94	3.09	16.36	31.78	31.52	478.03
1969	94.37	116.40	59.56	11.12	0.00	0.51	0.35	0.89	0.66	7.29	20.87	73.56	385.58
1970	155.50	155.07	111.84	7.30	2.86	0.00	0.49	0.00	7.44	8.04	5.38	116.76	570.70
1971	117.76	212.80	69.37	6.47	1.73	0.01	0.00	0.02	0.03	2.23	4.30	76.69	491.42
1972	189.34	93.65	132.91	15.86	0.72	0.00	0.23	0.01	7.73	8.50	7.35	40.38	496.68
1973	197.69	139.28	112.83	28.20	1.45	0.39	0.84	0.96	5.55	1.59	17.75	58.13	564.66
1974	161.29	175.72	53.10	11.27	1.17	1.72	0.09	13.12	0.98	0.62	6.45	26.05	451.58
1975	143.13	163.84	100.51	7.98	6.09	0.91	0.02	0.01	1.18	13.35	3.44	109.33	549.79
1976	139.75	139.94	104.75	8.99	1.70	2.01	0.73	1.85	11.70	0.91	0.34	32.61	445.27
1977	42.67	201.07	95.87	1.15	0.82	0.00	0.50	0.00	5.42	7.76	29.75	52.90	437.93
1978	249.20	42.12	46.58	9.89	0.34	0.37	0.02	0.08	1.68	8.78	27.71	57.57	444.33
1979	97.87	51.82	93.78	6.77	0.27	0.00	0.70	0.59	0.06	11.03	19.72	66.60	349.22
1980	79.74	36.61	141.85	6.91	0.50	0.02	0.14	0.78	7.08	27.93	7.56	48.94	358.06
1981	189.08	185.42	44.59	14.92	1.29	0.01	0.00	10.24	6.74	10.74	14.18	63.72	540.94
1982	144.98	72.39	131.71	15.48	0.00	0.05	0.01	0.79	9.67	24.13	39.45	28.14	466.81
1983	54.44	84.96	54.23	10.47	1.79	0.33	0.21	0.02	4.92	8.19	0.47	30.91	250.94
1984	210.02	193.53	218.31	14.78	0.86	1.80	0.34	1.50	0.07	26.23	41.38	106.28	815.10
1985	36.88	149.42	83.98	28.04	2.63	3.79	0.00	2.13	4.38	2.50	20.14	99.04	432.95
1986	158.13	144.79	147.22	32.71	2.44	0.00	0.00	5.78	3.68	2.43	7.19	115.95	620.32
1987	189.94	39.58	23.59	5.88	0.26	0.53	5.36	2.88	0.20	8.34	5.30	22.69	304.56
1988	203.78	104.26	140.39	27.61	0.74	0.00	0.00	0.00	0.43	4.11	2.03	41.59	524.94
1989	146.10	112.12	104.62	11.62	6.23	2.68	0.07	2.66	0.21	2.44	4.28	16.63	409.65
1990	130.88	40.81	50.35	10.52	3.86	8.09	0.09	1.60	1.81	15.66	28.88	101.87	394.44
1991	115.35	140.66	111.11	8.53	3.07	5.64	0.28	0.01	1.22	5.72	22.37	42.62	456.58
1992	72.56	73.52	27.56	0.96	0.02	1.73	0.40	13.32	1.00	7.72	6.27	53.71	258.78
1993	178.25	52.80	93.29	26.49	1.31	1.56	0.09	3.34	2.87	10.40	34.26	73.22	477.88
1994	223.07	163.77	70.59	11.67	1.72	0.02	0.00	0.00	1.90	2.02	10.70	71.88	557.34
1995	98.73	107.78	165.07	10.42	0.86	0.00	0.04	0.49	3.40	3.70	11.51	73.03	475.01
1996	167.05	187.34	56.38	18.21	1.08	0.93	0.01	1.94	2.38	2.12	9.30	69.14	515.89
1997	183.93	148.74	97.76	5.52	1.80	0.00	0.00	9.33	11.61	2.14	15.46	70.18	546.46
1998	167.12	101.26	67.15	3.94	0.00	0.41	0.00	0.04	0.02	3.95	11.86	72.22	427.96
1999	120.01	179.56	112.80	12.48	1.94	0.00	0.04	0.02	6.64	8.37	5.22	79.65	526.71
2000	186.18	169.31	134.60	3.54	4.29	0.95	0.14	3.79	0.61	19.40	6.72	65.09	594.62
2001	233.86	222.87	140.09	24.58	3.85	0.03	4.22	1.70	2.01	2.34	2.47	45.78	683.80
2002	108.21	181.87	117.50	24.26	2.19	1.30	3.95	0.02	3.78	11.78	27.14	62.04	544.05
2003	100.54	126.03	146.82	11.29	1.97	1.05	0.00	0.51	3.59	4.23	10.57	74.67	481.26
2004	213.63	103.79	69.30	15.19	0.39	0.81	5.59	3.94	2.25	2.01	3.85	30.35	451.10
2005	97.15	143.12	108.46	19.90	0.04	0.00	0.00	0.09	1.57	3.35	6.05	108.71	488.44
2006	203.93	115.38	136.88	15.54	0.28	1.14	0.00	0.19	3.84	14.24	25.05	59.19	575.66
2007	145.39	109.66	106.60	9.67	2.43	0.01	0.73	0.00	2.72	4.22	18.70	75.09	475.22
2008	167.05	107.89	56.42	0.66	0.20	0.00	0.19	0.01	0.02	8.12	2.19	82.72	425.45
2009	94.56	124.00	86.53	19.82	2.36	0.00	2.41	0.00	2.48	3.53	18.82	35.10	389.62
2010	176.71	120.31	54.00	11.63	1.30	0.01	0.09	0.01	0.54	6.13	0.74	75.18	446.64
2011	180.66	199.69	83.28	19.71	0.98	0.00	0.82	1.49	2.37	2.36	8.99	80.91	581.25
2012	153.44	218.74	88.38	21.26	0.50	0.65	0.08	0.00	7.50	2.67	5.54	134.73	633.50
2013	96.41	141.02	98.59	1.71	2.06	3.72	0.51	2.90	0.04	12.95	9.63	40.84	410.39
2014	116.14	46.07	94.68	12.84	0.22	0.00	1.97	0.48	13.91	11.87	9.87	16.78	324.84
2015	107.76	183.25	87.06	15.17	0.65	0.00	1.97	3.92	7.59	4.61	6.08	50.66	468.71
2016	51.21	216.28	76.79	24.55	1.71	3.76	1.19	2.63	0.00	8.76	5.70	65.23	457.81
2017	169.41	116.03	120.12	19.76	10.84	0.00	0.61	0.89	5.52	9.88	10.19	90.94	554.21
2018	164.60	158.33	153.58	14.12	5.38	3.86	7.58	2.29	0.35	11.55	7.21	66.68	595.52
2019	257.77	185.93	174.38	6.04	0.00	0.06	0.04	0.00	3.50	7.02	22.13	81.66	738.54
2020	144.90	82.11	133.36	17.28	0.64	0.08	0.38	0.79	0.13	7.39	8.75	50.47	446.29
2021	187.21	80.55	96.55	7.31	1.76	0.26	0.08	0.87	1.07	6.05	5.43	54.22	441.36

Fuente: Propia

### Parámetros usados en el modelo (b1, b2, b3, R<sup>2</sup> y S)

Según la descripción de las variables de la ecuación x, los valores están dados por los coeficientes de correlación múltiple (ver Tabla x)

Parámetros obtenidos según regresión lineal múltiple

Regresión lineal múltiple					
	Coeficiente de correlación múltiple	0.9937			
<b>R2</b>	Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.9875	<i>Coeficientes</i>		
<b>S</b>	Error típico	5.4106	Intercepción	1.6477	b1
	Observaciones	12	Qt-1	0.3501	b2
	Ecuación	$Y = 1.6477 + 0.3501 * (X1) + 0.6119 * (X2)$		PE	0.6120
					b3

### Generación de números aleatorios (Z<sub>t</sub>)

La variable Z<sub>t</sub>, nos indica que debemos tener números aleatorios entre 0 y 1, mediante una distribución normal, mediante el software Excel podemos hallar dichos valores.

Cabe resaltar que estos valores no son fijos, debido a la naturaleza de variables aleatorias.

## Números aleatorios mediante distribución Normal

Año	Números aleatorios con distribución normal (z)						Media	0	Desviación estándar				1
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1964	0.82	-1.51	-0.72	0.71	1.31	1.25	-0.58	-0.93	-0.77	0.05	0.11	0.58	
1965	2.07	0.24	0.07	-2.20	-0.77	0.42	0.46	-0.27	-0.49	-1.23	0.54	-0.75	
1966	0.47	-0.68	2.29	1.49	-0.04	0.29	-1.06	-0.68	0.56	-0.03	-0.48	-0.50	
1967	2.16	-0.48	1.64	0.07	0.69	-0.28	0.49	-0.62	0.94	1.00	-0.93	0.55	
1968	-2.21	-0.33	1.20	0.37	-1.01	-1.63	-1.05	0.90	0.02	0.62	0.69	0.38	
1969	-1.00	-0.09	-0.91	-1.63	-1.38	-1.02	1.63	0.82	-0.98	0.12	-0.05	0.39	
1970	-1.75	0.36	0.16	-0.80	-2.51	-0.98	-0.33	-0.58	-1.52	0.46	0.04	-1.47	
1971	-1.29	0.96	0.14	0.32	-0.11	0.35	0.79	0.29	0.28	0.88	-1.37	1.37	
1972	-0.74	-1.00	0.77	0.21	1.69	0.43	0.43	0.02	0.75	-0.42	0.82	-0.27	
1973	0.44	-1.71	-0.22	0.32	-2.07	0.91	1.91	1.02	0.66	-0.98	0.70	0.29	
1974	0.29	-2.07	-0.26	1.14	0.37	-0.05	0.40	1.17	0.18	-0.79	-0.34	1.81	
1975	0.55	0.48	-1.65	-1.54	-2.08	0.51	0.22	0.73	0.72	-0.74	1.67	-0.57	
1976	1.11	0.63	1.17	0.88	-0.43	0.64	0.94	0.96	-0.04	-0.61	0.91	0.20	
1977	-1.44	-0.37	1.47	0.17	-1.33	0.44	0.58	0.71	-1.56	-1.23	-1.81	-1.71	
1978	1.25	-0.25	-1.98	-0.19	1.25	1.89	-0.41	0.12	-0.81	-2.24	0.28	-0.78	
1979	-0.85	-1.77	0.95	0.61	0.49	-0.21	0.25	-0.72	2.11	0.00	-0.78	-0.12	
1980	-0.97	-1.45	0.21	-1.34	-2.04	-1.45	0.00	-1.53	0.66	0.37	-0.27	0.03	
1981	-0.75	0.72	0.87	0.45	0.08	-0.27	0.16	-0.86	1.19	0.29	-1.66	1.05	
1982	0.24	-0.31	-0.83	-1.66	-0.64	-1.31	1.05	-0.27	-0.64	0.90	1.12	-2.26	
1983	1.37	0.09	-0.84	-2.34	1.16	-0.74	3.52	1.41	0.81	0.37	-0.43	1.44	
1984	-0.20	0.14	0.63	-0.03	-0.21	0.24	-0.60	0.68	-0.61	-2.26	1.18	0.13	
1985	-1.67	-0.82	-0.77	-0.83	-0.33	1.05	0.76	0.95	0.74	0.77	-0.02	-0.22	
1986	-0.98	1.35	0.54	-2.29	1.10	-1.27	2.68	1.19	-0.48	0.98	-1.48	0.54	
1987	-0.57	0.19	-0.12	-0.63	-0.59	0.49	-0.06	0.17	0.91	-0.28	-0.86	0.70	
1988	-0.56	-2.42	-0.62	-0.80	-2.28	1.58	0.79	-0.78	-1.17	-0.24	1.83	-0.16	
1989	-0.40	0.35	-0.21	0.81	0.78	0.07	0.61	1.58	0.05	0.41	-0.49	0.10	
1990	-0.29	-1.59	-1.01	-0.06	0.31	1.16	0.63	1.05	1.92	0.22	0.78	-1.11	
1991	1.71	0.64	-0.97	2.48	-0.11	0.37	-0.35	1.69	-0.63	-0.52	-0.87	1.01	
1992	-0.14	-0.67	0.27	0.57	2.91	0.10	-0.67	0.69	0.87	1.43	-1.48	0.02	
1993	-2.26	0.95	0.16	-1.39	-0.86	-0.19	-0.56	1.79	-0.11	0.44	0.47	0.67	
1994	0.74	0.03	1.27	-0.61	-0.81	-0.05	-1.70	0.40	1.10	-0.54	-0.31	-1.32	
1995	0.65	-0.16	1.85	-1.05	0.49	-0.91	0.92	-0.22	0.62	0.46	-0.52	-0.05	
1996	-1.50	0.28	-0.30	-0.50	0.90	0.09	0.07	0.45	-0.51	1.20	0.22	0.06	
1997	0.33	-1.22	-1.32	0.36	-1.02	-0.68	0.54	0.81	-0.33	0.88	0.08	-1.03	
1998	-0.38	0.20	-1.70	-0.43	-0.22	1.27	-1.58	0.39	0.84	0.04	0.28	0.53	
1999	-0.56	-0.28	-0.47	-0.96	-0.48	-1.59	0.27	0.10	0.26	-0.60	0.42	0.47	
2000	1.71	-0.69	-1.52	1.61	0.26	-0.74	-0.87	0.64	0.16	-0.48	-0.67	-0.58	
2001	2.06	-0.13	0.19	0.92	0.64	-0.90	-0.32	-0.36	-0.69	1.00	-0.57	1.36	
2002	-1.64	-0.26	1.39	-0.19	-1.20	-0.42	-0.62	-0.22	-1.03	1.09	0.52	0.42	
2003	0.35	0.79	-0.79	0.47	0.53	-0.48	-0.44	0.23	0.24	1.94	0.51	0.92	
2004	-0.94	1.02	-1.24	-0.44	-0.20	-0.21	-0.07	-0.14	-1.15	1.30	-1.05	0.98	
2005	1.25	-1.39	-2.54	1.06	0.70	-1.04	-0.35	-0.42	0.38	-0.49	-0.30	0.27	
2006	-1.38	-0.73	-0.85	-1.03	0.66	0.72	-0.24	-0.11	0.34	-0.50	-0.49	0.37	
2007	-0.24	-2.90	-0.45	0.38	1.09	0.12	1.12	0.94	0.04	0.49	-0.45	0.70	
2008	0.74	2.76	0.32	-1.92	1.05	0.03	-0.14	-0.16	-0.27	-2.22	1.00	-0.78	
2009	-0.93	-2.05	1.19	-0.74	-1.43	-1.71	1.49	1.24	1.18	1.22	-0.27	1.03	
2010	-0.38	0.26	-0.70	1.60	0.88	0.89	0.04	-0.42	0.42	-0.58	-0.19	-1.56	
2011	-1.45	0.43	-1.28	-0.69	2.59	-0.60	-0.24	0.91	0.21	1.81	-0.91	-1.29	
2012	-0.52	-0.19	-2.05	-1.07	0.74	-0.37	1.69	0.84	1.18	0.75	0.23	0.81	
2013	-0.66	-0.31	2.32	1.54	2.58	-0.48	0.20	1.49	0.57	-0.55	-1.02	-0.21	
2014	-0.86	-0.51	-0.38	-0.30	2.18	0.49	-0.69	-1.66	-0.41	0.20	0.90	-1.14	
2015	0.33	-0.39	-0.91	-2.17	0.21	-0.96	0.21	1.40	0.72	-2.23	0.49	0.50	
2016	-0.18	-0.10	-0.01	-0.81	-0.30	-0.67	-2.02	-0.89	0.58	-1.47	1.23	0.48	
2017	1.27	1.56	-0.83	1.81	-0.20	-0.32	0.56	-0.44	0.00	-1.05	0.26	0.76	
2018	-0.38	-0.56	1.56	1.24	0.36	0.68	-1.07	-2.01	-0.02	1.10	-1.47	-1.26	
2019	-0.03	-2.32	0.45	0.11	1.02	0.36	-0.34	0.08	-0.09	0.40	0.03	-1.19	
2020	-1.46	1.65	-0.23	-0.02	-0.17	0.02	1.27	1.31	-1.69	1.19	0.36	0.94	
2021	0.11	0.41	0.29	-0.84	0.31	1.00	-0.67	-2.20	1.07	1.18	0.58	-2.24	

Fuente: Propia

## Generación de Caudales mensuales

Mediante la ecuación x podemos hallar los valores para cada mes

### Descargas Medias Mensuales Generadas

$Q_x = b_1 + b_2 Q_{x-1} + b_3 PE_x + S(1 - R^2)^{x-1} Z_x$								Coeficientes de Regresión Múltiple:		b1	1.6477	S	5.4106
										b2	0.3501	R <sup>2</sup>	0.9875
										b3	0.6120		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (mm/mes)
Prom.	112.71	113.76	98.45	51.34	21.55	10.98	5.99	4.46	4.73	8.58	9.38	38.11	480.05
1964	51.74	74.92	68.47	36.08	16.88	8.31	4.21	3.74	2.49	6.31	14.57	43.53	331.26
1965	53.48	102.65	68.36	30.02	11.69	6.00	4.52	3.07	4.29	5.68	8.50	65.60	363.87
1966	69.22	69.44	61.04	26.44	15.28	7.26	3.55	2.75	3.09	9.06	28.13	46.22	341.47
1967	66.63	90.82	146.34	59.13	24.62	10.24	7.15	4.18	10.68	9.59	6.59	31.76	467.72
1968	130.70	107.84	94.79	36.91	15.91	7.40	4.78	5.05	5.32	13.90	26.38	30.41	479.38
1969	69.44	97.14	71.56	32.52	12.20	5.61	4.82	4.38	2.99	7.23	16.92	52.82	377.62
1970	114.24	136.76	118.07	46.97	18.32	7.47	4.37	2.82	6.27	9.04	8.13	75.06	547.53
1971	99.21	167.19	102.72	41.76	17.27	7.91	4.89	3.55	3.08	4.63	5.07	51.18	508.46
1972	134.99	105.61	120.42	53.64	21.89	9.57	5.40	3.56	8.08	9.42	9.94	29.68	512.20
1973	133.28	132.52	116.96	60.04	22.31	10.25	6.91	5.27	7.29	4.58	14.53	42.48	556.42
1974	115.41	148.33	85.92	39.31	16.35	8.40	4.88	12.10	6.59	3.86	6.74	21.04	468.93
1975	96.94	136.15	109.82	44.05	19.54	9.35	5.07	3.87	4.16	10.83	8.56	71.21	519.53
1976	112.77	127.15	110.97	46.53	18.72	9.82	6.10	5.50	10.71	5.58	4.36	23.25	481.45
1977	35.03	136.74	109.08	40.64	15.58	7.37	4.89	3.79	5.35	7.52	21.40	40.48	427.86
1978	169.08	86.47	59.23	28.32	12.53	7.41	4.00	3.17	3.29	6.82	21.16	43.82	445.30
1979	76.37	59.03	80.28	34.27	14.11	6.46	4.49	3.15	4.07	9.82	16.68	48.17	356.89
1980	66.73	46.54	104.88	41.78	15.35	6.16	3.89	2.56	7.28	21.51	13.64	36.39	366.70
1981	129.65	160.94	85.81	41.09	16.87	7.40	4.34	8.91	9.61	11.76	13.44	45.98	535.81
1982	106.62	83.09	110.84	48.92	18.38	7.32	4.85	3.67	8.46	19.92	33.44	29.21	474.72
1983	46.02	69.81	58.76	27.21	12.97	5.94	5.99	4.61	6.76	9.25	4.91	23.15	275.39
1984	138.16	168.54	194.63	78.81	29.64	13.27	6.14	5.13	3.12	17.43	33.79	78.60	767.24
1985	50.72	110.35	91.21	50.24	20.65	11.83	6.25	5.72	6.78	6.02	16.07	67.75	443.58
1986	121.55	133.63	138.85	68.89	27.93	10.65	7.00	8.35	6.53	6.01	7.26	75.47	612.13
1987	143.97	76.39	42.75	19.83	8.39	5.21	6.71	5.86	4.37	8.11	7.21	18.48	347.29
1988	132.49	110.38	125.83	62.11	22.46	10.47	5.79	3.20	2.32	4.83	5.69	28.99	514.56
1989	100.96	105.82	102.59	45.17	21.75	10.95	5.89	6.30	4.01	4.79	5.65	13.86	427.73
1990	86.42	55.92	51.43	26.05	13.32	11.97	6.28	5.46	5.83	13.40	24.49	71.89	372.47
1991	98.44	122.58	111.97	47.57	20.11	12.37	5.94	4.76	3.68	6.12	16.96	34.28	484.78
1992	57.97	66.53	41.97	17.27	9.47	6.08	3.62	11.48	6.80	9.62	7.95	37.32	276.09
1993	122.43	77.39	85.93	47.10	18.42	8.93	4.49	6.35	5.55	10.22	26.48	56.13	469.42
1994	158.26	157.29	100.68	43.67	17.50	7.76	3.34	3.06	4.55	4.15	9.46	48.15	557.88
1995	79.32	95.28	137.15	55.40	21.86	8.75	5.29	3.67	5.39	6.08	10.51	49.98	478.68
1996	120.47	158.64	91.51	44.52	18.44	8.73	4.75	4.77	4.47	5.24	9.31	47.25	518.11
1997	130.95	137.78	108.91	43.37	17.31	7.30	4.53	9.43	11.85	7.64	13.83	48.81	541.73
1998	120.78	106.02	78.83	31.40	12.51	7.05	3.16	3.01	3.23	5.22	10.90	49.98	432.09
1999	92.25	143.66	120.69	50.95	20.39	7.82	4.57	3.32	7.03	8.87	8.20	53.54	521.29
2000	135.37	152.24	136.39	52.54	22.83	9.77	4.63	5.97	4.21	14.70	10.50	44.81	593.97
2001	161.70	194.57	155.61	71.72	29.50	11.45	8.05	5.29	4.31	5.20	4.64	32.11	684.15
2002	78.11	140.14	123.46	59.60	23.12	10.29	7.29	4.08	4.76	11.19	22.49	47.75	532.28
2003	80.10	107.29	128.58	53.85	22.03	9.71	4.78	3.77	5.31	7.27	10.97	51.74	485.42
2004	149.93	118.28	84.72	40.34	15.88	7.58	7.68	6.66	4.66	5.30	5.22	22.64	468.88
2005	69.79	112.82	105.98	51.57	20.15	8.07	4.26	2.94	3.87	4.76	6.83	70.73	461.78
2006	150.37	124.46	128.47	55.51	21.65	10.36	5.13	3.49	5.43	11.96	20.86	45.40	583.09
2007	106.37	104.24	103.11	43.89	19.16	8.44	5.72	4.22	4.82	6.21	15.00	53.28	474.45
2008	122.98	112.40	75.72	27.40	11.99	5.87	3.73	2.86	2.50	6.15	5.75	53.81	431.16
2009	77.79	103.52	91.56	45.38	18.12	6.95	6.46	4.66	5.51	6.48	15.27	29.10	410.81
2010	119.75	117.35	75.35	36.12	15.62	7.66	4.41	2.95	3.26	6.19	4.15	48.16	440.97
2011	128.19	169.00	111.00	52.15	22.07	9.01	5.16	4.92	4.95	5.92	8.67	53.41	574.47
2012	113.93	175.28	115.86	54.57	21.51	9.35	6.00	4.26	8.45	6.69	7.52	87.22	610.65
2013	90.79	119.55	105.24	40.47	18.64	10.16	5.64	6.30	4.22	10.72	10.68	30.25	452.66
2014	82.79	58.52	79.85	37.28	16.15	7.60	5.10	2.72	10.87	12.84	12.73	15.68	342.12
2015	73.28	139.21	103.11	45.71	18.18	7.43	5.58	6.85	9.13	6.31	7.88	35.71	458.39
2016	45.38	149.83	101.09	51.57	20.57	10.75	4.92	4.44	3.55	7.36	8.45	44.81	452.73
2017	121.79	116.24	115.35	55.22	27.49	11.08	6.24	4.11	6.47	9.33	11.31	61.72	546.33
2018	123.76	141.53	146.13	62.20	26.93	13.85	10.48	5.50	3.78	10.71	8.91	44.81	598.59
2019	175.07	175.32	170.02	64.93	25.00	10.65	5.20	3.52	4.97	7.92	17.98	57.20	717.78
2020	109.47	91.22	115.06	52.49	20.31	8.82	5.73	4.93	2.43	7.74	9.93	36.58	464.71
2021	129.09	96.38	94.65	38.75	16.48	8.18	4.15	2.31	3.76	7.38	7.90	36.24	445.28

## ANEXO F: GENERACION DE DATOS PARA CURVAS I-D-F

Análisis de regresión múltiple para el desarrollo de curvas I-D-F

Duración (min)	Tiempo de retorno (años)	Intensidad (mm/hr)	m	n	k
			0.0860	-0.7500	335.0721
d	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
5	2	98.66	0.70	0.30	1.99
10	2	58.66	1.00	0.30	1.77
15	2	43.28	1.18	0.30	1.64
20	2	34.88	1.30	0.30	1.54
25	2	29.51	1.40	0.30	1.47
30	2	25.74	1.48	0.30	1.41
35	2	22.93	1.54	0.30	1.36
40	2	20.74	1.60	0.30	1.32
45	2	18.99	1.65	0.30	1.28
50	2	17.54	1.70	0.30	1.24
55	2	16.33	1.74	0.30	1.21
60	2	15.30	1.78	0.30	1.18
120	2	9.10	2.08	0.30	0.96
180	2	6.71	2.26	0.30	0.83
240	2	5.41	2.38	0.30	0.73
300	2	4.58	2.48	0.30	0.66
360	2	3.99	2.56	0.30	0.60
420	2	3.56	2.62	0.30	0.55
480	2	3.22	2.68	0.30	0.51
540	2	2.94	2.73	0.30	0.47
600	2	2.72	2.78	0.30	0.43
660	2	2.53	2.82	0.30	0.40
720	2	2.37	2.86	0.30	0.38
780	2	2.24	2.89	0.30	0.35
840	2	2.11	2.92	0.30	0.33
900	2	2.01	2.95	0.30	0.30
960	2	1.91	2.98	0.30	0.28
1020	2	1.83	3.01	0.30	0.26
1080	2	1.75	3.03	0.30	0.24
1140	2	1.68	3.06	0.30	0.23
1200	2	1.62	3.08	0.30	0.21
1260	2	1.56	3.10	0.30	0.19
1320	2	1.51	3.12	0.30	0.18
1380	2	1.46	3.14	0.30	0.16
1440	2	1.41	3.16	0.30	0.15
5	5	115.96	0.70	0.70	2.06
10	5	68.95	1.00	0.70	1.84
15	5	50.87	1.18	0.70	1.71
20	5	41.00	1.30	0.70	1.61
25	5	34.68	1.40	0.70	1.54
30	5	30.25	1.48	0.70	1.48
35	5	26.95	1.54	0.70	1.43
40	5	24.38	1.60	0.70	1.39
45	5	22.32	1.65	0.70	1.35
50	5	20.62	1.70	0.70	1.31
55	5	19.20	1.74	0.70	1.28
60	5	17.99	1.78	0.70	1.25
120	5	10.69	2.08	0.70	1.03
180	5	7.89	2.26	0.70	0.90
240	5	6.36	2.38	0.70	0.80
300	5	5.38	2.48	0.70	0.73
360	5	4.69	2.56	0.70	0.67
420	5	4.18	2.62	0.70	0.62
480	5	3.78	2.68	0.70	0.58
540	5	3.46	2.73	0.70	0.54
600	5	3.20	2.78	0.70	0.50
660	5	2.98	2.82	0.70	0.47
720	5	2.79	2.86	0.70	0.45
780	5	2.63	2.89	0.70	0.42
840	5	2.49	2.92	0.70	0.40
900	5	2.36	2.95	0.70	0.37
960	5	2.25	2.98	0.70	0.35
1020	5	2.15	3.01	0.70	0.33
1080	5	2.06	3.03	0.70	0.31
1140	5	1.98	3.06	0.70	0.30
1200	5	1.90	3.08	0.70	0.28
1260	5	1.83	3.10	0.70	0.26
1320	5	1.77	3.12	0.70	0.25
1380	5	1.71	3.14	0.70	0.23
1440	5	1.66	3.16	0.70	0.22
5	10	125.93	0.70	1.00	2.10
10	10	74.88	1.00	1.00	1.87
15	10	55.24	1.18	1.00	1.74



20	10	44.52	1.30	1.00	1.65
25	10	37.66	1.40	1.00	1.58
30	10	32.85	1.48	1.00	1.52
35	10	29.26	1.54	1.00	1.47
40	10	26.47	1.60	1.00	1.42
45	10	24.24	1.65	1.00	1.38
50	10	22.39	1.70	1.00	1.35
55	10	20.85	1.74	1.00	1.32
60	10	19.53	1.78	1.00	1.29
120	10	11.61	2.08	1.00	1.06
180	10	8.57	2.26	1.00	0.93
240	10	6.91	2.38	1.00	0.84
300	10	5.84	2.48	1.00	0.77
360	10	5.09	2.56	1.00	0.71
420	10	4.54	2.62	1.00	0.66
480	10	4.11	2.68	1.00	0.61
540	10	3.76	2.73	1.00	0.58
600	10	3.47	2.78	1.00	0.54
660	10	3.23	2.82	1.00	0.51
720	10	3.03	2.86	1.00	0.48
780	10	2.85	2.89	1.00	0.46
840	10	2.70	2.92	1.00	0.43
900	10	2.56	2.95	1.00	0.41
960	10	2.44	2.98	1.00	0.39
1020	10	2.33	3.01	1.00	0.37
1080	10	2.24	3.03	1.00	0.35
1140	10	2.15	3.06	1.00	0.33
1200	10	2.07	3.08	1.00	0.31
1260	10	1.99	3.10	1.00	0.30
1320	10	1.92	3.12	1.00	0.28
1380	10	1.86	3.14	1.00	0.27
1440	10	1.80	3.16	1.00	0.26
5	25	137.28	0.70	1.40	2.14
10	25	81.63	1.00	1.40	1.91
15	25	60.22	1.18	1.40	1.78
20	25	48.53	1.30	1.40	1.69
25	25	41.06	1.40	1.40	1.61
30	25	35.81	1.48	1.40	1.55
35	25	31.90	1.54	1.40	1.50
40	25	28.86	1.60	1.40	1.46
45	25	26.42	1.65	1.40	1.42
50	25	24.41	1.70	1.40	1.39
55	25	22.73	1.74	1.40	1.36
60	25	21.29	1.78	1.40	1.33
120	25	12.66	2.08	1.40	1.10
180	25	9.34	2.26	1.40	0.97
240	25	7.53	2.38	1.40	0.88
300	25	6.37	2.48	1.40	0.80
360	25	5.55	2.56	1.40	0.74
420	25	4.95	2.62	1.40	0.69
480	25	4.48	2.68	1.40	0.65
540	25	4.10	2.73	1.40	0.61
600	25	3.79	2.78	1.40	0.58
660	25	3.53	2.82	1.40	0.55
720	25	3.30	2.86	1.40	0.52
780	25	3.11	2.89	1.40	0.49
840	25	2.94	2.92	1.40	0.47
900	25	2.79	2.95	1.40	0.45
960	25	2.66	2.98	1.40	0.43
1020	25	2.54	3.01	1.40	0.41
1080	25	2.44	3.03	1.40	0.39
1140	25	2.34	3.06	1.40	0.37
1200	25	2.25	3.08	1.40	0.35
1260	25	2.17	3.10	1.40	0.34
1320	25	2.10	3.12	1.40	0.32
1380	25	2.03	3.14	1.40	0.31
1440	25	1.96	3.16	1.40	0.29
5	50	145.01	0.70	1.70	2.16
10	50	86.22	1.00	1.70	1.94
15	50	63.61	1.18	1.70	1.80
20	50	51.27	1.30	1.70	1.71
25	50	43.37	1.40	1.70	1.64
30	50	37.83	1.48	1.70	1.58
35	50	33.70	1.54	1.70	1.53
40	50	30.48	1.60	1.70	1.48
45	50	27.91	1.65	1.70	1.45
50	50	25.79	1.70	1.70	1.41
55	50	24.01	1.74	1.70	1.38
60	50	22.49	1.78	1.70	1.35
120	50	13.37	2.08	1.70	1.13
180	50	9.87	2.26	1.70	0.99

240	50	7.95	2.38	1.70	0.90
300	50	6.73	2.48	1.70	0.83
360	50	5.87	2.56	1.70	0.77
420	50	5.23	2.62	1.70	0.72
480	50	4.73	2.68	1.70	0.67
540	50	4.33	2.73	1.70	0.64
600	50	4.00	2.78	1.70	0.60
660	50	3.72	2.82	1.70	0.57
720	50	3.49	2.86	1.70	0.54
780	50	3.29	2.89	1.70	0.52
840	50	3.11	2.92	1.70	0.49
900	50	2.95	2.95	1.70	0.47
960	50	2.81	2.98	1.70	0.45
1020	50	2.69	3.01	1.70	0.43
1080	50	2.57	3.03	1.70	0.41
1140	50	2.47	3.06	1.70	0.39
1200	50	2.38	3.08	1.70	0.38
1260	50	2.29	3.10	1.70	0.36
1320	50	2.21	3.12	1.70	0.35
1380	50	2.14	3.14	1.70	0.33
1440	50	2.07	3.16	1.70	0.32
5	100	152.24	0.70	2.00	2.18
10	100	90.52	1.00	2.00	1.96
15	100	66.79	1.18	2.00	1.82
20	100	53.82	1.30	2.00	1.73
25	100	45.53	1.40	2.00	1.66
30	100	39.71	1.48	2.00	1.60
35	100	35.38	1.54	2.00	1.55
40	100	32.00	1.60	2.00	1.51
45	100	29.30	1.65	2.00	1.47
50	100	27.07	1.70	2.00	1.43
55	100	25.20	1.74	2.00	1.40
60	100	23.61	1.78	2.00	1.37
120	100	14.04	2.08	2.00	1.15
180	100	10.36	2.26	2.00	1.02
240	100	8.35	2.38	2.00	0.92
300	100	7.06	2.48	2.00	0.85
360	100	6.16	2.56	2.00	0.79
420	100	5.49	2.62	2.00	0.74
480	100	4.96	2.68	2.00	0.70
540	100	4.54	2.73	2.00	0.66
600	100	4.20	2.78	2.00	0.62
660	100	3.91	2.82	2.00	0.59
720	100	3.66	2.86	2.00	0.56
780	100	3.45	2.89	2.00	0.54
840	100	3.26	2.92	2.00	0.51
900	100	3.10	2.95	2.00	0.49
960	100	2.95	2.98	2.00	0.47
1020	100	2.82	3.01	2.00	0.45
1080	100	2.70	3.03	2.00	0.43
1140	100	2.59	3.06	2.00	0.41
1200	100	2.50	3.08	2.00	0.40
1260	100	2.41	3.10	2.00	0.38
1320	100	2.32	3.12	2.00	0.37
1380	100	2.25	3.14	2.00	0.35
1440	100	2.18	3.16	2.00	0.34
5	200	158.99	0.70	2.30	2.20
10	200	94.53	1.00	2.30	1.98
15	200	69.75	1.18	2.30	1.84
20	200	56.21	1.30	2.30	1.75
25	200	47.55	1.40	2.30	1.68
30	200	41.47	1.48	2.30	1.62
35	200	36.94	1.54	2.30	1.57
40	200	33.42	1.60	2.30	1.52
45	200	30.60	1.65	2.30	1.49
50	200	28.27	1.70	2.30	1.45
55	200	26.32	1.74	2.30	1.42
60	200	24.66	1.78	2.30	1.39
120	200	14.66	2.08	2.30	1.17
180	200	10.82	2.26	2.30	1.03
240	200	8.72	2.38	2.30	0.94
300	200	7.37	2.48	2.30	0.87
360	200	6.43	2.56	2.30	0.81
420	200	5.73	2.62	2.30	0.76
480	200	5.18	2.68	2.30	0.71
540	200	4.75	2.73	2.30	0.68
600	200	4.39	2.78	2.30	0.64
660	200	4.08	2.82	2.30	0.61
720	200	3.82	2.86	2.30	0.58
780	200	3.60	2.89	2.30	0.56
840	200	3.41	2.92	2.30	0.53

900	200	3.24	2.95	2.30	0.51
960	200	3.08	2.98	2.30	0.49
1020	200	2.95	3.01	2.30	0.47
1080	200	2.82	3.03	2.30	0.45
1140	200	2.71	3.06	2.30	0.43
1200	200	2.61	3.08	2.30	0.42
1260	200	2.51	3.10	2.30	0.40
1320	200	2.43	3.12	2.30	0.39
1380	200	2.35	3.14	2.30	0.37
1440	200	2.27	3.16	2.30	0.36
5	500	167.48	0.70	2.70	2.22
10	500	99.58	1.00	2.70	2.00
15	500	73.47	1.18	2.70	1.87
20	500	59.21	1.30	2.70	1.77
25	500	50.09	1.40	2.70	1.70
30	500	43.69	1.48	2.70	1.64
35	500	38.92	1.54	2.70	1.59
40	500	35.21	1.60	2.70	1.55
45	500	32.23	1.65	2.70	1.51
50	500	29.78	1.70	2.70	1.47
55	500	27.73	1.74	2.70	1.44
60	500	25.98	1.78	2.70	1.41
120	500	15.45	2.08	2.70	1.19
180	500	11.40	2.26	2.70	1.06
240	500	9.18	2.38	2.70	0.96
300	500	7.77	2.48	2.70	0.89
360	500	6.78	2.56	2.70	0.83
420	500	6.04	2.62	2.70	0.78
480	500	5.46	2.68	2.70	0.74
540	500	5.00	2.73	2.70	0.70
600	500	4.62	2.78	2.70	0.66
660	500	4.30	2.82	2.70	0.63
720	500	4.03	2.86	2.70	0.61
780	500	3.79	2.89	2.70	0.58
840	500	3.59	2.92	2.70	0.55
900	500	3.41	2.95	2.70	0.53
960	500	3.25	2.98	2.70	0.51
1020	500	3.10	3.01	2.70	0.49
1080	500	2.97	3.03	2.70	0.47
1140	500	2.85	3.06	2.70	0.46
1200	500	2.75	3.08	2.70	0.44
1260	500	2.65	3.10	2.70	0.42
1320	500	2.56	3.12	2.70	0.41
1380	500	2.47	3.14	2.70	0.39
1440	500	2.40	3.16	2.70	0.38
5	1000	173.50	0.70	3.00	2.24
10	1000	103.16	1.00	3.00	2.01
15	1000	76.11	1.18	3.00	1.88
20	1000	61.34	1.30	3.00	1.79
25	1000	51.89	1.40	3.00	1.72
30	1000	45.26	1.48	3.00	1.66
35	1000	40.32	1.54	3.00	1.61
40	1000	36.47	1.60	3.00	1.56
45	1000	33.39	1.65	3.00	1.52
50	1000	30.85	1.70	3.00	1.49
55	1000	28.73	1.74	3.00	1.46
60	1000	26.91	1.78	3.00	1.43
120	1000	16.00	2.08	3.00	1.20
180	1000	11.81	2.26	3.00	1.07
240	1000	9.51	2.38	3.00	0.98
300	1000	8.05	2.48	3.00	0.91
360	1000	7.02	2.56	3.00	0.85
420	1000	6.25	2.62	3.00	0.80
480	1000	5.66	2.68	3.00	0.75
540	1000	5.18	2.73	3.00	0.71
600	1000	4.79	2.78	3.00	0.68
660	1000	4.46	2.82	3.00	0.65
720	1000	4.17	2.86	3.00	0.62
780	1000	3.93	2.89	3.00	0.59
840	1000	3.72	2.92	3.00	0.57
900	1000	3.53	2.95	3.00	0.55
960	1000	3.36	2.98	3.00	0.53
1020	1000	3.21	3.01	3.00	0.51
1080	1000	3.08	3.03	3.00	0.49
1140	1000	2.96	3.06	3.00	0.47
1200	1000	2.85	3.08	3.00	0.45
1260	1000	2.74	3.10	3.00	0.44
1320	1000	2.65	3.12	3.00	0.42
1380	1000	2.56	3.14	3.00	0.41
1440	1000	2.48	3.16	3.00	0.39

Fuente: Propia

## **ANEXO G: Panel Fotográfico**

### **Aforo de microcuenca**



### **Valle de Pumahuasi**



DATOS DEL SOLICITANTE			
FECHA	03/10/2021		
TIPO DE PERSONA	PERSONA NATURAL		
DNI	71566001		
Nombre	marlon miguel castro salazar		
Dirección	Mz P2 lote 4 7ma etapa- Urbanización Las Delicias-Reque		
Email	<a href="mailto:marloncastrosalazar@gmail.com">marloncastrosalazar@gmail.com</a>		
Telefono	924607527		
INFORMACION REFERENCIAL			
Descripción del Estudio	Estudio hidrológico para la demanda agrícola de las comunidades campesinas de Oquebamba y Pumahuasi, provincia de Espinar		
Alcance	Región Cuzco		
Servicio 1: Expedición de información procesada de variables hidrometeorológicas			
Estación	Variable	Escala	Periodo
LA ANGOSTURA	PRECIPITACION	MENSUAL	2014 a 2020
LA ANGOSTURA	TEMPERATURA MEDIA	MENSUAL	2014 a 2020
INFORMACION ADICIONAL			
Información adicional	solito los datos en calidad de tesista		

...

**GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
DEL PERU - SENAMHI  
ING. JOSÉ PERCY BARRÓN LOPEZ**

YO:

- HUGO ALEJANDRO TAPIA MARQUINA  
Mz.38 0008 cent TUMAN CENTRO, Block 8 n°876  
con N.º DNI: 76010990 Telf: 924270308 E-mail: htapia@hotmail.com  
Universidad/ Instituto: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo  
Carrera/ Profesión: Ingeniería Agrícola
- MARLON MIGUEL CASTRO SALAZAR  
Mz. P2 LOTE 4 7MA ETAPA, URB LAS DELICIAS-REQUE  
con N.º DNI: 71566001 Telf: 924607527 E-mail: marloncastrosalazar@gmail.com  
Universidad/ Instituto: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo  
Carrera/ Profesión: Ingeniería Agrícola

Ante usted nos presentamos y exponemos:

Que al realizar el estudio hidrológico para nuestro proyecto de tesis con título: ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA DEMANDA AGRÍCOLA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE OQUEBAMBA Y PUMAHUASI, PROVINCIA DE ESPINAR, REGION CUSCO.  
Requerimos la información solicitada para la actualización de datos y posterior desarrollo de nuestro proyecto de tesis, esperando una positiva respuesta lo cual nos será de mucha ayuda para nuestro desarrollo profesional.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARAMETROS	ESCALA	PERIODOS
YAURI	TEMPERATURA MEDIA	MENSUAL	1992 a 2020
YAURI	HUMEDAD RELATIVA MEDIA	MENSUAL	1992 a 2020
YAURI	HORAS DE SOL TOTAL	MENSUAL	2000 a 2020
YAURI	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO	MENSUAL	1996 a 2020
AYAVIRI	EVAPORACION TOTAL	MENSUAL	2002 a 2020
CHUQUIBAMBILLA	EVAPORACION TOTAL	MENSUAL	2009 a 2020
LA ANGOSTURA	EVAPORACION TOTAL	MENSUAL	2000 a 2020
LLALLY	EVAPORACION TOTAL	MENSUAL	2009 a 2020
YAURI	PRECIPITACION TOTAL	MENSUAL	2006 a 2020
CHUQUIBAMBILLA	PRECIPITACION TOTAL	MENSUAL	1974 a 2020
SICUANI	PRECIPITACION TOTAL	MENSUAL	1964 a 2020
SICUANI	PRECIPITACION MAXIMA 24HR	MENSUAL	1964 a 2020

Por lo expuesto, agradeceremos a usted atender lo solicitado.

Chiclayo, 09 de Setiembre del 2021

HUGO ALEJANDRO TAPIA MARQUINA

MARLON MIGUEL CASTRO SALAZAR





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**



Ciudad Universitaria – Lambayeque – IP. 4058

**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°002-2023-UINV-FIA**



Siendo las 10:00 horas del día 27 de Enero de 2023, se reunieron vía plataforma virtual: **meet.google.com/ery-knhz-ask**, los Miembros del Jurado designado mediante Resolución N°237-2021-FIA-VIRTUAL, conformado por:

**DR. JUAN MANUEL SAAVEDRA TINEO**  
**M.SC. JANNIER AVELINO SANCHEZ AYEN**  
**ING. VICTOR ANDRES JIMENEZ DRAGO**

**Presidente**  
**Secretario**  
**Vocal**



Para llevar a cabo la sustentación virtual de tesis citados mediante Resolución N°011-2023-FIA-VIRTUAL; denominado **“ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA RÍO HUAYLLUMAYO PARA LA DEMANDA AGRÍCOLA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE OQUEBAMBA Y PUMAHUASI, PROVINCIA DE ESPINAR, REGIÓN CUSCO”** presentado por los bachilleres **MARLON MIGUEL CASTRO SALAZAR Y HUGO ALEJANDRO TAPIA MARQUINA** y patrocinado por **M.SC. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola.

Luego de culminada la sustentación, el Jurado procedió a realizar las preguntas a los sustentantes y si hubieran observaciones, anotándolas para su corrección respectiva, el jurado luego de evaluar las rubricas decidió **APROBAR** la tesis con el calificativo de **BUENO** correspondiente a la nota de **17 (DIECISIETE)**.

En consecuencia, los referidos Bachilleres quedan aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, de acuerdo a la Ley universitaria 30220, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por finalizado el acto de sustentación y se procedió a firmar la presente acta los que en ella han intervenido

**DR. JUAN MANUEL SAAVEDRA TINEO**  
Presidente de Jurado

**M.SC. JANNIER AVELINO SANCHEZ AYEN**  
Secretario de Jurado

**ING. VICTOR ANDRES JIMENEZ DRAGO**  
Vocal del jurado

**MS.C. JUAN V. HERNANDEZ ALCANTARA**  
Patrocinador



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

Firmado digitalmente por  
CAMPOS UGAZ WALTER  
ANTONIO  
Fecha: 2023.02.21 07:24:18 -05'00'

**Dr. Walter Antonio Campos Ugaz**  
**Director de la Unidad de Investigación -FIA**

**ANEXO 01**

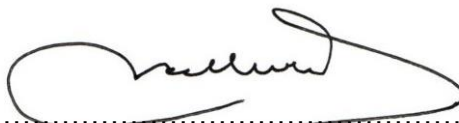
**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Yo, Juan V. Hernández Alcántara, Asesor de tesis, de los estudiantes, **Bachilleres CASTRO SALAZAR MARLON MIGUEL y TAPIA MARQUINA HUGO ALEJANDRO,**

Titulada: “**ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA RÍO HUAYLLUMAYO PARA LA DEMANDA AGRÍCOLA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE OQUEBAMBA Y PUMAHUASI, PROVINCIA DE ESPINAR, REGIÓN CUSCO**”; luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un **índice de similitud de 17 %** verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 02 de junio de 2022



.....  
**Ing. M.I. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA**  
**DNI: 16460970**  
**ASESOR**

Se adjunta:

Resumen del Reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Recibo digital

# ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA RÌO HUAYLLUMAYO PARA LA DEMANDA AGRÍCOLA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE OQUEBAMBA Y PUMAHUASI, PROVINCIA DE ESPINAR, REGIÓN CUSCO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	15%	1%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	2%
2	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	2%
3	<b>Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego</b> Trabajo del estudiante	1%
4	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>www.carreteros.org</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>repositorio.espe.edu.ec</b> Fuente de Internet	1%

Submitted to u



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500



8	Trabajo del estudiante	1 %
9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
10	www.unesco.org.uy Fuente de Internet	<1 %
11	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	tesis.Ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to udep Trabajo del estudiante	<1 %
17	www.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad de Piura Trabajo del estudiante	<1 %



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105885875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

19	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="https://kupdf.net">kupdf.net</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
25	<a href="https://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="https://www.ana.gob.pe">www.ana.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
29	<a href="https://purl.org">purl.org</a> Fuente de Internet	<1 %



Firmado digitalmente por:  
 HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
 Vicente FAU 20105685875 soft  
 Motivo: Soy el autor del  
 documento  
 Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

30	Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad Internacional SEK Trabajo del estudiante	<1 %
33	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
34	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Instituto Tecnológico de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
36	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
40	siar.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

41	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://www.umss.edu.bo">www.umss.edu.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo Trabajo del estudiante	<1 %
45	<a href="https://www.ece.uprm.edu">www.ece.uprm.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="https://foro.tiempo.com">foro.tiempo.com</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="https://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="https://ateneo.unmsm.edu.pe">ateneo.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="https://livrosdeamor.com.br">livrosdeamor.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
51	<a href="https://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	<1 %



Firmado digitalmente por:  
 HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
 Vicente FAU 20105685875 soft  
 Motivo: Soy el autor del  
 documento  
 Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

52 [www.elriego.com](http://www.elriego.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

53 [repositorio.unsch.edu.pe](http://repositorio.unsch.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

54 Submitted to Universidad Catolica de Trujillo <1 %  
Trabajo del estudiante

---

55 Acuña, Julia, Sánchez Bernando, Tannia. <1 %  
"Caracterización hidrológica de los distritos de  
Pampas y Santiago de Tucuma", Servicio  
Nacional de Meteorología e Hidrología del  
Perú, 2016  
Fuente de Internet

---

56 Douglas D. Sarango, Guido A. Rozas, <1 %  
Bernardino Salvador, Teresa O. Velásquez,  
Jaime Sullca, Julio J. Mansilla. "Determinación  
del rendimiento hídrico en la cuenca alta del  
río Grande en Puno", Revista de Investigación  
de Física, 2012  
Publicación

---

57 [bvpad.indeci.gob.pe](http://bvpad.indeci.gob.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

58 [vbook.pub](http://vbook.pub) <1 %  
Fuente de Internet

---

59 [cid.ana.gob.pe](http://cid.ana.gob.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

[www.alter.org.pe](http://www.alter.org.pe)



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

60	Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
62	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
63	<a href="http://www.sindicatura.org">www.sindicatura.org</a> Fuente de Internet	<1 %
64	Submitted to tec Trabajo del estudiante	<1 %
65	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
66	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
67	<a href="http://erosion.com.co">erosion.com.co</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://intranet.cip.org.pe">intranet.cip.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://www.7oaks.info">www.7oaks.info</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://Repositorio.cepal.org">Repositorio.cepal.org</a> Fuente de Internet	<1 %



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

71	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="https://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="https://Repositorio.Unsa.Edu.Pe">Repositorio.Unsa.Edu.Pe</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="https://164.77.222.61">164.77.222.61</a> Fuente de Internet	<1 %
75	<a href="https://ofi.mef.gob.pe">ofi.mef.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
76	Submitted to INACAP Trabajo del estudiante	<1 %
77	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
78	Submitted to Cranfield University Trabajo del estudiante	<1 %
79	Juan José Mayans Díaz. "Gestión integral de la biomasa en la interfaz urbano-forestal, en ámbito supramunicipal y sus efectos en la lucha contra el cambio climático, Red Natura 2000 y prevención de incendios forestales.", Universitat Politècnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
80	<a href="https://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500

81 [www.guiadeviveros.com.ar](http://www.guiadeviveros.com.ar) <1 %  
Fuente de Internet

---

82 Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola <1 %  
Trabajo del estudiante

---

83 Submitted to Universitat Politècnica de València <1 %  
Trabajo del estudiante

---

84 Submitted to London Business School <1 %  
Trabajo del estudiante

---

85 Costa, Melissa Riani(Amorim, Ariuska Karla Barbosa). "Uso da respirometria para avaliação da biodegradação aeróbia de lixiviado de resíduos sólidos urbanos em latossolo vermelho-escuro", RIUnB, 2009. <1 %  
Publicación

---

86 Submitted to Coventry University <1 %  
Trabajo del estudiante

---

87 Submitted to Universidad de Almeria <1 %  
Trabajo del estudiante

---

88 [pdfcoffee.com](http://pdfcoffee.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

89 [repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

90 [repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105885875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500



Excluir citas Activo  
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105085875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500




## Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Castro Salazar, Marlon Miguel Tapia Marquina, Hugo Alejan...  
Título del ejercicio: PREGRADO  
Título de la entrega: ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA RÌO HUAYLLU...  
Nombre del archivo: TESIS\_CASTRO-TAPIA.docx  
Tamaño del archivo: 14.92M  
Total páginas: 221  
Total de palabras: 21,965  
Total de caracteres: 118,792  
Fecha de entrega: 02-jun.-2022 06:51p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 1849380851



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"PEDRO RUIZ GALLO"**  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGRÍCOLA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA

**"ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA MICROCUENCA RÌO HUAYLLUMAYO  
PARA LA DEMANDA AGRÍCOLA DE LAS COMUNIDADES  
CAMPEÑINAS DE OQUEBAMBA Y PUMAHUASI, PROVINCIA DE  
ESPINAR, REGIÓN CUSCO."**

**Autores:**  
Bach. Castro Salazar, Marlon Miguel  
Bach. Tapia Marquina, Hugo Alejandro

**Asesor:**  
Mg. Ing. Hernández Alcántara, Juan

Lambayeque - Perú  
2022

Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.



Firmado digitalmente por:  
HERNANDEZ ALCANTARA Juan  
Vicente FAU 20105685875 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 01/09/2023 00:15:20-0500