



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA LA
SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIPIA A PARTIR DE LAS
CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA
DEL RÍO APURÍMAC**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YESENIA CONDORI FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

*A **DIOS**, por permitirme despertar cada mañana con salud, darme sabiduría y el haber llegado hasta este momento tan alto y la culminación de esta tesis pre-grado.*

*A mis padres por ser los mejores del universo, ambos velaron por mi bienestar y haberme forjado como la persona que soy en actualidad; mucho de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos: Gracias papá **BRAULIO CONDORI JAHUIRA** y mamá **MERCEDES FLORES CHOQUE**,*

*A mi hermana **YESSICA CONDORI FLORES**, por su apoyo incondicional que siempre quiso lo mejor para mí. Inclusive algunas veces desvelándose junto a mí y en muchas ocasiones poniéndose en papel de madre.*

*A mis hermanos **NESTOR ALVARO** y **OSCAR RIVALDO**, siendo los motivadores en mi vida encaminada al éxito.*

Yesenia Condori



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme sabidurías, fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano Puno y a la Facultad de Ingeniería Agrícola y Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por darme esa oportunidad en estudiar en sus aulas.

Al Dr. Germán Belizario Quispe, director de tesis, docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por su valioso guía y asesoramiento.

Al Ing. Humberto Condori Flores y a los trabajadores de la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille, por los apoyos y consejos brindados en momento de ejecutar mi proyecto de tesis

A los jurados M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, Dr. Victoriano Rolando Apaza Campos e Ing. Percy Arturo Ginez Choque, por sus valiosos colaboraciones y consejos para la elaboración de la tesis pregrado.

A las personas maravillosas Milagros N., Abigael Cl., Yngrit V. Ch., Eva R. T., Yesenia E. Q. y Kehiko R. L. Por demostrar que podemos ser grandes amigas y compañeras de estudio a la vez.

Yesenia Condori



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN.....16

ABSTRACT.....17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 18

1.1.1. Pregunta general 19

1.1.2. Preguntas específicas 19

1.2. HIPÓTESIS 19

1.2.1. Hipótesis general: 20

1.2.2. Hipótesis específicas: 20

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 20

1.4. ANTECEDENTES 21

1.5. OBJETIVOS..... 22

1.5.1. Objetivo general 22

1.5.2. Objetivos específicos 23

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO CONCEPTUAL 24

2.1.1. Caudal..... 24

2.1.2. Hidrología..... 25

2.1.3. Cuenca..... 29

2.1.4. Modelo hidrológico 34

2.1.5. Modelo GR2M 41



2.1.6.	Cálculos con el software Hydraccess	44
2.1.7.	Modelo Lutz-Scholz.....	48
2.1.8.	Calibración de los coeficientes.....	49

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ÁREA DEL ESTUDIO Y DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN	50
3.1.1.	Ubicación del estudio.....	50
3.1.2.	Información pluviométrica	52
3.1.3.	Información hidrométrica.....	52
3.1.4.	Información meteorológica.	52
3.1.5.	Información cartográfica.	52
3.1.6.	Información evapotranspiración.....	52
3.2.	EQUIPOS Y SOFTWARE DE CÓMPUTO.....	52
3.3.	METODOLOGÍA	54
3.3.1.	Metodología que será aplicado para determinar la generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río cañipia usando el modelo gr2m en la cuenca alta del río apurímac.	55
3.3.2.	Aplicación del modelo GR2M para la cuenca alta del río apurímac. ...	65
3.3.3.	metodología para el primer objetivo específico	68
3.3.4.	Metodología para el segundo objetivo específico	69
3.3.5.	Metodología para el tercer objetivo específico	70

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DE LA GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELO HIDROLÓGICO GR2M.....	76
4.1.1.	Parámetros geomorfológicos de la cuenca alta del río Apurímac	76
4.1.2.	Determinación de valores medios de la cuenca alta del río Apurimac .	79
4.1.3.	Determinación de valores medios de la subcuenca del río Cañipia	80
4.1.4.	Determinación de la precipitación media de la cuenca alta del río Apurimac.....	81
4.1.5.	Proceso determinación de la evapotranspiración potencial.....	82
4.1.6.	Proceso de calibración del modelo hidrológico GR2M	85



4.1.7.	Hidrógrafa de lluvia, caudales observados y simulados	86
4.1.8.	Evolución del nivel “S” del reservorio de producción.....	88
4.1.9.	Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia.....	89
4.1.10.	Línea de tendencia y coeficiente R^2	89
4.1.11.	Validación del modelo GR2M.....	90
4.1.12.	Línea de tendencia y coeficiente R^2 , periodo de validación.	92
4.1.13.	Evolución del nivel “S” del reservorio de producción.....	92
4.1.14.	Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia.....	93
4.1.15.	Generacion de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia	94
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DEL MODELO GR2M EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMAC	100
4.3.	COMPARACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS RESPECTO A LOS CAUDALES OBSERVADOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIPIA, SITUADO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO APURÍMAC DE LOS AÑOS 2010 AL 2018.....	102
4.3.1.	Caudales medios mensuales observados de la subcuenca del río Cañipia	102
4.3.2.	Programa de aforos.....	102
4.4.	COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS Y OBSERVADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIPIA	105
4.5.	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO GR2M COMPARADO CON LA EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO LUTZ SCHOLZ	107
4.5.1.	Caudales generados en punto de interés mediante el modelo Lutz Scholz	107
4.5.2.	Eficiencia de los caudales medios mensuales simulados mediante los modelos Lutz Scholz frente a GR2M.....	117
4.5.3.	Comparación de caudal promedios mensuales simulados mediante el modelo hidrológico GR2M y Lutz Scholz.....	118
4.5.4.	Correlación entre caudales medios mensuales simulados Lutz Scholz vs GR2M – río Apurimac	119
4.6.	DISCUSION DE RESULTADOS	120



V.	CONCLUSIONES.....	120
VI.	RECOMENDACIONES.....	124
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	125
	ANEXOS.....	128

Área: Ingeniería y Tecnología

Línea: Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACION: 14 de enero 2020



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: El ciclo hidrológico	26
Figura 2: El ciclo hidrológico	28
Figura 3: Esquema de un sistema hidrológico	28
Figura 4: Representación del sistema hidrológico.....	29
Figura 5: Longitud, perímetro y ancho	32
Figura 6: Esquema de un sistema hidrológico	36
Figura 7 : Clasificación de modelos hidrológicos	37
Figura 8: Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo a su representación espacial	38
Figura 9: Esquema general de clasificación de modelos en hidrología.....	39
Figura 10: Esquema que muestra los tres tipos de modelos	41
Figura 11: Estructura del modelo hidrológico GR2M.....	42
Figura 12: Vector regional del río Apurímac	46
Figura 13 : Cálculo de valores medios sobre una cuenca	47
Figura 14: Ubicación de la cuenca alta del río Apurímac y la subcuenca del río Cañipia en el ámbito de la cuenca alto Apurímac	51
Figura 15: Se muestran los pasos que se siguieron para la realización de este trabajo de tesis.....	54
Figura 16: Vector regional de la cuenca alta del río Apurímac	57
Figura 17: Trazado de los polígonos de Thiessen	64
Figura 18: Determinación de valores medios de la cuenca del río Apurimac con software Hydraccess durante el procesamiento	80
Figura 19: Determinación de valores medios de la subcuenca del río Cañipia con software Hydraccess durante el procesamiento	81
Figura 20: Hidrograma de lluvias, caudales simulados y observados.....	87
Figura 21: Evolución del nivel “S” del reservorio de producción.....	88
Figura 22: Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia.....	89
Figura 23: Línea de tendencia y coeficiente R^2	90
Figura 24: Histograma correspondiente al periodo de validación.....	91



Figura 25: Línea de tendencia y coeficiente R^2 , periodo de validación	92
Figura 26: Evolución del nivel S del reservorio de producción	93
Figura 27: Evolución del nivel R del reservorio de transferencia	94
Figura 28: Curva de duración mensual	97
Figura 29: Serie de caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipia	97
Figura 30: Serie de caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipia	98
Figura 31: Comparación de caudales medios mensuales generados a través de la cuenca alta del río Apurímac ante simulados de la subcuenca del río Cañipia	99
Figura 32: Análisis de sensibilidad X_1 y X_2 del modelo GR2M	101
Figura 33: Serie de caudales medios mensuales observados (aforo) en la subcuenca del río Cañipia.....	104
Figura 34: Hidrograma de análisis de la serie temporal de caudales medios mensuales observados vs simulados (2010-2018).....	106
Figura 35: Precipitaciones promedio medios mensuales modelo hidrológico Lutz scholz	109
Figura 36: Determinación del coeficiente de escorrentía inicial de la cuenca alta del río Apurímac.....	110
Figura 37: Caudales generados y aforados mensuales sin calibrar	115
Figura 38: Caudales generados y aforados mensuales calibrados.....	116
Figura 39: Comparación de caudales medios mensuales simulados modelo Lutz Scholz respecto al modelo GR2M de la cuenca alta del río Apurímac	119
Figura 40: Correlación entre caudales medios mensuales simulados Lutz Scholz vs GR2M – río Apurímac	120
Figura 41: Análisis grafico del modelo GR2M calibración para la cuenca alta del río Apurímac.....	160
Figura 42: Análisis grafico del modelo GR2M validación para la cuenca alta del río Apurímac.....	161
Figura 43: Análisis grafico del modelo GR2M para la subcuenca del río Cañipia	162
Figura 44: Curva de duración mensual	164



Figura 45: Caudales medios mensuales generados mediante los modelos Lutz Scholz & GR2M.....	166
Figura 46: Correlación de caudales simulados mediante los modelos hidrológicos Lutz Scholz & GR2M.....	167



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de las estaciones pluviométricas cuenca alto Apurímac	56
Tabla 2: Ubicación de las estaciones pluviométricas subcuenca del río Cañipia	56
Tabla 3: Ubicación de la estación hidrométrica de cuenca del río Apurímac	59
Tabla 4: Estaciones meteorológicas cuenca alto Apurímac.....	59
Tabla 5: Rangos referenciales del criterio de Nash	67
Tabla 6: Coeficientes a1 para la aplicación del polinomio	73
Tabla 7: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias	75
Tabla 8: Parámetros geomorfológicos de la cuenca alta del río Apurímac	76
Tabla 9: Datos insertados al modelo HEC 04.....	77
Tabla 10: Completación y extensión de dato hidrometeorológica	78
Tabla 11: Precipitación media de la cuenca alta del río Apurímac	83
Tabla 12: Evapotranspiración potencial calculado por software PETP V0.0.0.....	84
Tabla 13: Proceso de calibración del modelo hidrológico GR2M.....	85
Tabla 14: Caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipia ...	96
Tabla 15: Datos del proceso de sensibilidad de parámetros X_1 y X_2	101
Tabla 16: Ubicación puntos de aforo del riego por gravedad Cañipia	103
Tabla 17: Caudales medios mensuales observados (aforo) subcuenca del río Cañipia	104
Tabla 18: Caudales medios mensuales simulados vs observados subcuenca del río Cañipia	105
Tabla 19: Estaciones meteorológicas dentro y fuera de la cuenca alta del río Apurímac	107
Tabla 20: Precipitaciones promedios medios mensuales de la cuenca alta del río Apurímac.....	109
Tabla 21: Descargas (m^3/s) observados medios mensuales del puente La Angostura	110
Tabla 22: Temperatura de la cuenca alta del río Apurímac	110
Tabla 23: Coeficiente de cálculo precipitación efectiva	111
Tabla 24: Precipitación efectiva según Bureau of Reclamation	111
Tabla 25: Características generales de la cuenca alta del río Apurímac	112



Tabla 26: Gasto y abastecimiento de la retención	113
Tabla 27: Generación de caudales para el año promedio	114
Tabla 28: Caudales generados y aforados mensuales sin calibrar	115
Tabla 29: Caudales generados y aforados mensuales calibrados	116
Tabla 30: Caudales promedio mensuales modelo hidrológico GR2M	117
Tabla 31: Caudales promedio mensuales modelo hidrológico GR2M	118
Tabla 32: Descargas medias mensuales del río Apurímac	130
Tabla 33: Descargas medias mensuales del río Cañipia	131
Tabla 34: Evapotranspiración potencial calculado por software PETP V0.0.0.....	132
Tabla 35: Temperatura mensual original estación Chuquibambilla	133
Tabla 36: Temperatura mensual estación Chuquibambilla completa y extendida	134
Tabla 37: Temperatura mensual original estación Combapata.....	134
Tabla 38: Temperatura mensual completado y extendido estación Combapata.....	136
Tabla 39: Temperatura mensual original estación La Angostura	137
Tabla 40: Temperatura mensual completado y extendido estación La Angostura	138
Tabla 41: Temperatura mensual original estación Sicuani	139
Tabla 42: Temperatura mensual completado y extendido estación Sicuani	140
Tabla 43: Temperatura mensual original estación Yauri	141
Tabla 44: Temperatura mensual completado y extendido estación Yauri.....	142
Tabla 45: Precipitación mensual original estación Chivay	143
Tabla 46: Precipitación mensual completado y extendido estación Chivay.....	144
Tabla 47: Precipitación mensual original estación Angostura.....	145
Tabla 48: Precipitación mensual completado y extendido estación Angostura.....	146
Tabla 49: Precipitación mensual original estación Porpera	147
Tabla 50: Precipitación mensual completado y extendido estación Porpera.....	148
Tabla 51: Precipitación mensual original estación Pusapusa	149
Tabla 52: Precipitación mensual completado y extendido estación Pusapusa	150
Tabla 53: Precipitación mensual original estación Tisco	151
Tabla 54: Precipitación mensual completado y extendido estación Tisco	152
Tabla 55: Precipitación mensual original estación Yauri	153
Tabla 56: Precipitación mensual completado y extendido estación Yauri.....	154



Tabla 57: Precipitación mensual estación Janacancha	155
Tabla 58: Precipitación mensual estación Huambo	156
Tabla 59: Precipitación mensual estación Cabanaconde	157
Tabla 60: Precipitación mensual la Pulpera.....	158
Tabla 61: Precipitación mensual estación Sibayo.....	159
Tabla 62: Generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia	163
Tabla 63: Generación de caudales medios mensuales para la cuenca alta del río Apurímac	165
Tabla 64: Generación de caudales medios mensuales mediante los modelos Lutz Scholz & GR2M	166



INDICE DE ACRONIMOS

AED	: Análisis exploratorio de datos
ANA	: Autoridad Nacional de Agua
ALA AAV	: Administración Local de Agua Alto Apurímac
AUTODEMA	: Autoridad Autónoma de Majes
GR2M	: Modelo hidrológico mensual agregado
HEC 04	: Modelo de simulación
LUTZ SCHOLZ	: Modelo determinístico estocástico
MEV	: Método del vector regional
PETP	: Programa evapotranspiración potencial
R	: Reservorio de transferencia
S	: Reservorio de producción
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
X1	: Máxima capacidad de almacenamiento del reservorio (mm)
X2	: Coeficiente de intercambio de agua subterránea (sin unidades)



RESUMEN

El presente trabajo de investigación de la tesis se desarrolló en la subcuenca del río Cañipia de la cuenca alta del río Apurímac localizado en la vertiente Atlántico. El objetivo general es generar caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia a partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac y los objetivos específicos determinar la sensibilidad del modelo GR2M en la parte alta de la cuenca del río Apurímac, comparar los caudales medios mensuales simulados respecto a los caudales observados de la subcuenca del río Cañipia de los años 2010 al 2018, determinar la eficiencia del modelo GR2M y compararlo con el modelo Lutz Scholz. La metodología aplicada es el modelo hidrológico GR2M y Lutz Scholz. En los resultados encontramos que no existen muchos saltos ni tendencias en las series históricas, y mediante la evaluación con el estadístico Nash-Sutcliffe en la cuenca alta del río Apurímac presenta una eficiencia tanto en calibración (84.6%) como en la validación (84.3%), el comportamiento de los caudales simulados respecto a los observados nos presenta unos que otras desigualdades entre ambos, debido a que los caudales observados son aforos realizados durante meses del año, el variable más sensible es el parámetro X1, y la eficiencia del modelo hidrológico GR2M con el modelo Lutz Scholz podemos indicar que ambos modelos tienen buen desempeño en la generación de caudales medios mensuales, el resultado de correlación de caudales generados es de $R^2 = 0.779287$ en la cuenca alta del río Apurímac acercándose a un valor máximo de 1.

Palabras clave: caudales mensuales, cuenca, modelo hidrológico GR2M, modelo hidrológico Lutz Scholz, modelo HEC04.



ABSTRACT

The present research work of the thesis was developed in the upper basin of the Apurímac river and in the same way in the sub-basin of the Cañipia river located on the Atlantic slope. The general objective is to generate average monthly flows for the Cañipia river sub-basin from the hydrological characteristics of the upper Apurímac river basin and the specific objectives to determine the sensitivity of the GR2M model in the upper part of the Apurímac river basin, compare the simulated average monthly flows with respect to the observed flows of the Cañipia river sub-basin from 2010 to 2018, determine the efficiency of the GR2M model and compare it with the Lutz Scholz model. The methodology that was applied is the hydrological model GR2M and Lutz Scholz. From the result we can conclude that there are not many jumps or trends in the historical series, proceeding to complete and extend the information, evaluated with the Nash-Sutcliffe statistic in the upper Apurímac river basin presents an efficiency both in calibration (84.6%) and in the validation (84.3%), the behavior of the simulated flows with respect to those observed shows us some inequalities between the two because the observed flows are gauges made during months of the year, the most sensitive variable is the parameter X1, and the efficiency From the GR2M hydrological model with the Lutz Scholz model, we can indicate that both models have good performance in the generation of average monthly flows, the result of correlation of flows generated is $R^2 = 0.779287$ in the upper basin of the Apurímac river, approaching a maximum value of one.

Keywords: monthly flows, basin, evapotranspiration, GR2M hydrological model, Lutz Scholz hydrological model, HEC04 model.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la escasez de información influye en una adecuada toma de decisiones, lo que no permite una adecuada planificación, a esta realidad no es ajeno la cuenca del río Apurímac, por la falta de información no se cuenta con estudios hidrológicos y la escasa disponibilidad hídrica; siempre que se quiera administrar un recurso natural, es necesario obtener información tanto de su cantidad como de su calidad. En este caso el recurso agua, es fundamental para el desarrollo de una región (Belizario, Hiuaquisto, & Chirinos, 2013), por lo que hace indispensable determinar su disponibilidad, pero las condiciones climáticas hacen que son irregulares y las variables climáticas en muchas regiones con tendencias negativas lo que hace más vulnerable al recursos hídricos (Belizario, 2014, 2015).

Desde un punto de vista de planificación y diseño hidrológico del aprovechamiento, las variables básicas como: población, dotación, tipos de cultivos factibles, demanda de riego, consumo energético, caudal ecológico, entre otros; que intervienen en la determinación de la demanda, son más factibles de conseguir o de calcular. En cuanto a las ofertas o aportes la situación difiere ya que la disponibilidad de datos de caudales es escasa en general y depende de la envergadura del curso fluvial a estudiar y las posibilidades de aprovechamiento (Belizario, Huaquisto, & Chirinos, 2013).

Teniendo en cuenta que el modelo GR2M tiene un buen desempeño en investigación y estudios realizados dentro y fuera del país en cuencas como la del río Nazas, Ocoña, Coata, Jequetepe y sub cuenca Nebado. En donde presento un buen desempeño, por tal razón se utilizó este modelo en la presente investigación, para la



generación de caudales medios mensuales asimismo se compara con el desempeño de la eficiencia con el modelo Lutz Scholz.

Enunciado del problema

Las siguientes interrogantes son respondidas a continuación:

1.1.1. Pregunta general

¿Es posible generar caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia a partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac?

1.1.2. Preguntas específicos

- ¿Cómo es la sensibilidad del modelo GR2M en la cuenca alta del río Apurímac?
- ¿Cómo es el comportamiento de los caudales medios mensuales simulados respecto a los caudales observados de la subcuenca del río Cañipia de los años 2010 al 2018, situado en la cuenca media del río Apurímac?
- ¿Cuán eficiente es el modelo GR2M frente al modelo Lutz Scholz?

1.2. HIPÓTESIS

Desde un punto de vista de planificación y diseño hidrológico del aprovechamiento, las variables básicas como: población, dotación, tipos de cultivos factibles, demanda de riego, consumo energético, caudal ecológico, entre otros; que intervienen en la determinación de la demanda, son más factibles de conseguir o de calcular. En cuanto a las ofertas o aportes la situación difiere ya que la disponibilidad de datos de caudales es escasa en general y depende de la envergadura del curso fluvial a estudiar y las posibilidades de aprovechamiento. Teniendo en cuenta que el modelo GR2M tiene un buen desempeño en estudios realizados dentro y fuera del país.



Por lo tanto, nuestra hipótesis.

1.2.1. Hipótesis general:

A partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac se genera caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia.

1.2.2. Hipótesis específicas:

- A través del coeficiente de NASH se determina la sensibilidad del modelo hidrológico en la cuenca alta del río Apurímac.
- Los caudales medios mensuales simulados respecto a los caudales observados de la subcuenca del río Cañipia de los años 2010 al 2018, permite proponer la generación de caudales medios mensuales con los diferentes modelos hidrológicos en subcuencas vecinas del río Cañipia.
- Los modelos hidrológicos GR2M y Lutz Scholz son eficientes para generación de caudales medios mensuales.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Una adecuada planificación de los recursos hídricos requiere información hidrometeorológica real, que permita una distribución en función a las necesidades de sus habitantes (Belizario, 2014), de ahí que la investigación se realiza con el objetivo de generar los caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia a partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac para cubrir un crecimiento de la demanda insatisfecha del recurso hídrico, tanto en la población rural como en la población urbana, y una forma de remediar esta demanda insatisfecha es con el desarrollo de proyectos hidráulicos. Cabe resaltar que en los puntos de interés donde se quiere proyectar la captación del recurso no cuenta con una estación hidrométrica que permitan



medir y determinar el aporte volumétrico que discurre por el punto de interés, a su vez cabe mencionar que el proceso físico de medición de caudales es el que demanda tiempo valioso e inversión. Bajo esta necesidad es imprescindible determinar una serie de caudales medios mensuales en los puntos de interés, las cuales permitirán dimensionar proyectos de irrigaciones con el que se podrá regar más áreas bajo riego, diseño de agua potable y saneamiento, que contribuye a disminuir enfermedades y más personas sanas y otros con la finalidad de mejorar la calidad de vida del poblador de la cuenca del río Apurímac y aledaños.

1.4. ANTECEDENTES

Administración Local del Agua Alto Apurímac Velille (2014), realizaron un estudio hidrológico e inventario de fuentes de agua superficial de las subcuencas de los ríos Cañipia, Salado y Huayllumayo con fines de obtener el inventariado de las fuentes de los tres ríos mediante el método propuesto por el Ing. Otto Pfafstetter, en donde se determina 9 cuencas e intercuencas de nivel 7, y abarca íntegramente el ámbito de la subcuenca del río Salado.

Alcántara (2014), da a conocer los resultados de calibración del modelo GR2M donde arroja una alta eficacia con un Nash de 83%, después de la optimización de los parámetros $X_1 = 5.88$ y $X_2 = 0.72$. En la sensibilidad del modelo, se determinó que el parámetro más sensible es X_2 .

AUTODEMA (2017), en febrero de 2016, el concesionario ejerce el derecho de presentar optimizaciones a la fase I y II del proyecto y en el 2017 el Proyecto Especial Majes Siguas – II etapa dentro en ejecución, por lo que la AUTODEMA hizo estudios al lugar donde está ubicado la presa Angostura.



Casas y Mejía (2011), aplicaron el modelo GR2M en la cuenca del río Mayo, donde determinan una buena eficiencia y relativamente aceptable, tanto en el periodo de calibración (61.1%) como en el periodo de validación (60.6%). El parámetro más sensible evaluado es el parámetro X_1 , además, se aprecia una buena correlación entre los datos observados y simulados, con un coeficiente de correlación ($r = 0.838$).

Coy (2017), nos dice que el modelo hidrológico GR2M es muy favorable, ya que el resultado de éste es de 78.81% de eficiencia del valor de Nash, lo cual indica según los valores referenciales en la escala del criterio de Nash en un rango de 60% - 80% el ajuste se considera muy bueno, y su eficiencia es favorable.

Huamán, Nina, Tintaya, Condori, Mayta, y Coaquira (2019), nos dice que la aplicación del modelo GR2M en la cuenca del río Ramis presenta una alta eficiencia, tanto en el periodo de calibración (90.2%) como en el periodo de validación del modelo (81.3%), y los parámetros de calibración adquieren valores de $X_1 = 5.89$ y $X_2 = 1.07$.

Quispe (2014), nos da a conocer durante el periodo de verificación y simulación del modelo, haciendo el uso de los parámetros óptimos, donde obtuvo en la calibración, los resultados de la modelación altamente satisfactorios, ya que el coeficiente de correlación es de $r^2 = 0.8107$, durante el periodo 1989 - 2010.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Generar caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia a partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac.



1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la sensibilidad del modelo hidrológico GR2M en la cuenca alta del río Apurímac, en la simulación de caudales medios mensuales.
- Comparar los caudales medios mensuales simulados respecto a los caudales observados de la subcuenca del río Cañipia de los años 2010 al 2018.
- Determinar la eficiencia del modelo GR2M y compararlo con la eficiencia del modelo Lutz Scholz.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Caudal

Según Sánchez (2013), se trata de un dato instantáneo, refiere al valor medio de distinto tiempo de periodo, sus unidades de medidas se pueden expresar en m^3/s , l/s y otros.

Tipos de caudales

Caudales diarios:

Según Sánchez (2013), relación entre el volumen del flujo de una jornada completa (de 0 a 24 horas) y la duración correspondiente. Este volumen se calcula a partir de la crónica de los caudales instantáneos.

Caudales mensuales – medios mensuales:

Según Sánchez (2013), medida de los caudales medios mensuales para un mes dado, durante un período de n años.

Caudal anual:

Para Sánchez (2013), es la medida de todos los días del año. Para una serie de años, normalmente referida a un año o meses, aportación anual o mensuales. Es el volumen de agua aportado por el cauce en el punto considerado durante un año (Hm^3). También puede referirse a un año concreto o la media de serie de años.



Caudal específico:

Caudal por unidad de superficie representa caudal aportado por km^2 de cuenca. Se calcula dividiendo el caudal (normalmente el caudal medio anual, en m^3/s) por la superficie de la cuenca considerada ($\text{litros/segundo/km}^2$). Nos permite comparar el caudal de diversas cuencas, siendo sus superficies distintas. Las áreas de montaña proporcionan más de 20 $\text{litros/segundo/km}^2$, mientras que, en las partes bajas de la misma cuenca se generan solamente 4 a 5 $\text{litros/segundo/km}^2$.

2.1.2. Hidrología

Según Chow (1994), las ciencias hídricas están relacionadas con las aguas de la tierra; su distribución y circulación, sus propiedades físicas y químicas, su interacción con el ambiente y con los seres vivos y en particular con los seres humanos. Puede considerarse que la hidrología abarca todas las ciencias hídricas. En una forma más estricta, puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, es decir, la circulación ininterrumpida de agua entre la tierra y la atmosfera. La base del estudio de la hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales, y esta comprensión implica observar, medir y simular los procesos.

El ciclo hidrológico:

Según Chow (1994), los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que casi nunca pueden ser totalmente conocidos; sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema viene a ser un conjunto de partes que interactúan como un todo. El

ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo hidrológico.

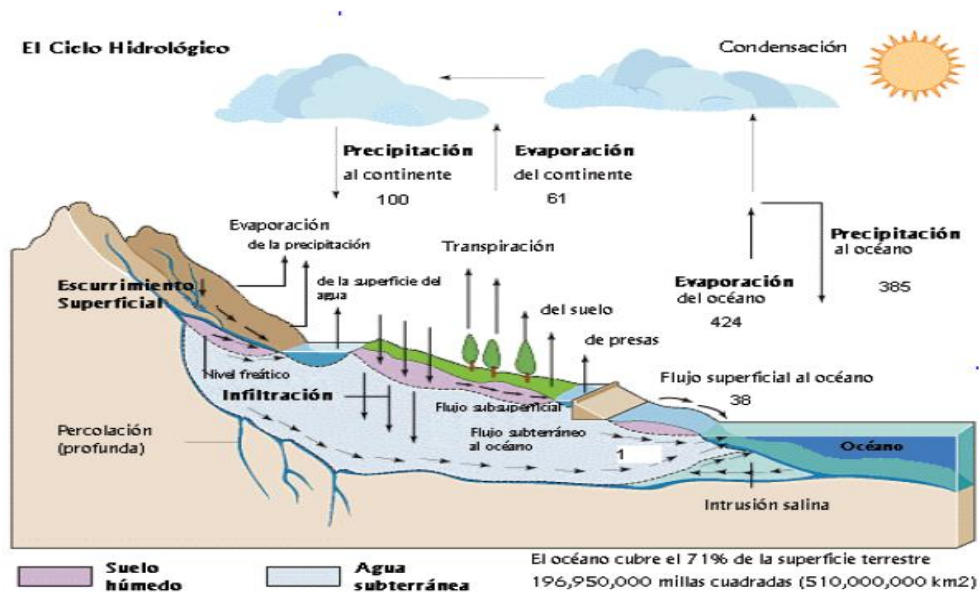


Figura 1: El ciclo hidrológico

Fuente: Chow, 1994

- **Precipitación:** Transporte a través de la atmósfera de las nubes hacia el interior con un movimiento circular, como resultado de la gravedad, y pérdida de su agua cae en la tierra. Este fenómeno se llama lluvia o precipitación.
- **Infiltración:** El agua de lluvia se infiltra en la tierra y se hunde en la zona saturada, donde se convierte en agua subterránea. El agua subterránea se mueve lentamente desde lugares con alta presión y elevación hacia los lugares con una baja presión y elevación. Se mueve desde el área de infiltración a través de un acuífero y hacia un área de descarga, que puede ser un mar o un océano.
- **Transpiración:** Las plantas y otras formas de vegetación toman el agua del suelo y la excretan otra vez como vapor de agua. Cerca del 10% de la precipitación



que cae en la tierra se vaporiza otra vez a través de la transpiración de las plantas, el resto se evapora de los mares y de los océanos.

- Salida superficial: El agua de lluvia que no se infiltra en el suelo alcanzará directamente el agua superficial, como salida a los ríos y a los lagos. Después será transportada de nuevo a los mares y a los océanos. Esta agua es llamada agua de salida superficial.
- Evaporación: Debido a la influencia de la luz del sol el agua en los océanos y los lagos se calentará. Como resultado de esto se evaporará y será transportada de nuevo a la atmósfera. Allí formará las nubes que con el tiempo causarán la precipitación devolviendo el agua otra vez a la tierra.
- Condensación: En contacto con la atmósfera el vapor de agua se transformará de nuevo a líquido, de modo que sea visible en el aire. Estas acumulaciones de agua en el aire son lo que llamamos las nubes.

Según Raghunath (2006), el ciclo hidrológico es el ciclo de transferencia de agua, que ocurre en la naturaleza; las tres fases importantes del ciclo hidrológico son: evaporación y evapotranspiración, precipitación y escorrentía. El globo tiene un tercio de tierra y dos tercios de océano, la evaporación de las superficies de estanques, lagos, embalses, superficies oceánicas, etc. y la transpiración de la vegetación de la superficie, es decir, de las hojas de las plantas de los terrenos cultivados y los bosques. Son vapores que se elevan hacia el cielo y se condensan en altitudes más altas por núcleos de condensación y forman las nubes, lo que resulta en el crecimiento de gotas, las nubes se derriten y algunas veces descargan, produciendo la precipitación de diferentes formas como la lluvia, nieve, granizo, aguanieve, niebla, rocío y escarcha, una parte de esta precipitación fluye sobre la tierra llamada escorrentía y parte se infiltra en el suelo que

construye el nivel freático del suelo, la escorrentía superficial se une a las corrientes y el agua se almacena en los depósitos, una parte de la escorrentía superficial y del agua subterránea fluye de regreso al océano, de nuevo la evaporación comienza desde las superficies de los lagos, embalses, y el océano.

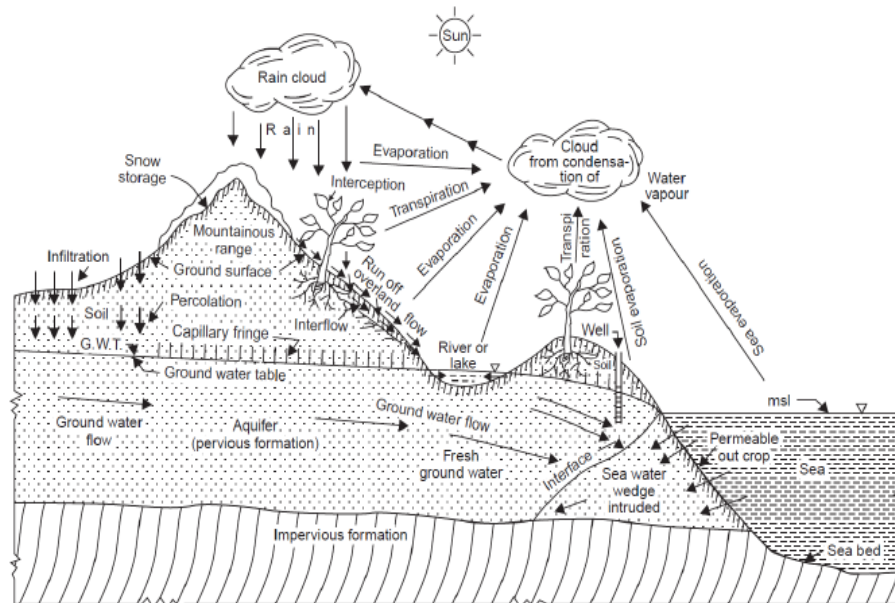


Figura 2: El ciclo hidrológico

Fuente: Raghunath, 2006

Para Chow (1994), el ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico, los cuales pueden agruparse en subsistemas del ciclo total éste “sistema hidrológico” posee una estructura (o volumen) en el espacio, rodeada por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y produce salidas.

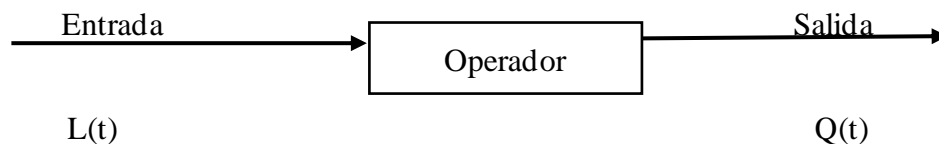


Figura 3: Esquema de un sistema hidrológico

Fuente: Chow, 1994

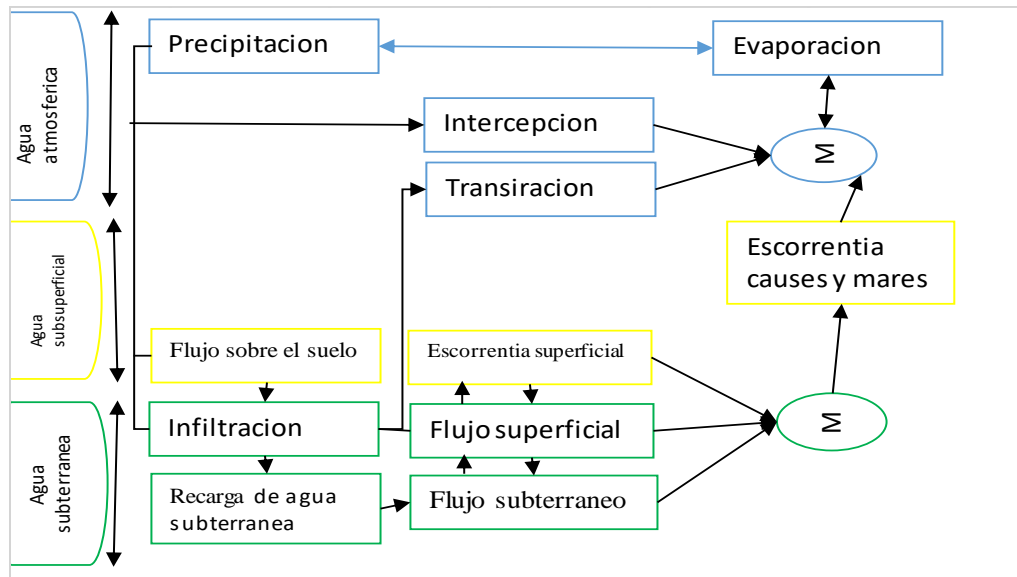


Figura 4: Representación del sistema hidrológico
Fuente: (Raghunath, 2006)

2.1.3. Cuenca

Para Autoridad Nacional del Agua (2009), el aprovechamiento de las aguas en las cuencas transfronterizas se efectúa de conformidad en los principios del derecho internacional y los acuerdos internacionales vigentes. Para el cumplimiento de estos acuerdos, la Autoridad Nacional del Agua coordina con el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Para Monsalve (1999), una cuenca hidrográfica es un área definida por una divisoria topográfica de aguas, drenada por un curso de agua o un sistema, conectado de cursos de agua tal que todo el caudal afluente es descargado a través de una salida simple.

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



Climatología de una cuenca:

Precipitación:

SENAMHI (2012), define a la precipitación como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes y se deposita en el suelo. Dicho término comprende la llovizna, lluvia, el granizo, la nieve, el rocío, la escarcha y la precipitación de la niebla. Medición de la precipitación (mm). Los instrumentos que se utilizan para determinar la cantidad de lluvia son: los pluviómetros (instrumento de lectura directa) y fluviógrafos (instrumento registrador).

La temperatura:

Para Chereque (1989), es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado. Medición de la temperatura del aire. La escala utilizada es Celsius (°C).

La humedad relativa:

Para Guevara (2010), la fracción de la atmósfera conformada por el vapor de agua es muy pequeña comparada con los otros componentes, pero es extremadamente importante ya que determina las condiciones meteorológicas prevalecientes (La precipitación se deriva de esta agua atmosférica), el contenido de humedad del aire es también un factor significativo en el proceso de evaporación local, Por lo tanto, es necesario que el hidrólogo esté al corriente de lo que ocurre en la atmósfera y comprender los efectos termodinámicos de la humedad atmosférica.



El viento:

Según Chereque (1989), el viento no es otra cosa que el aire en movimiento. La dirección del viento es la dirección de donde sopla. La velocidad se expresa en m/s, km/h o en nudos (1 nudo = 0.514 m/s = 1.85 km/h). A fin de tener una idea del orden de magnitud de la velocidad de los vientos, se reproduce la escala de Beaufort que consta de 13 grados:

- Calma 0 - 1 km/h
- Ventolina 2 - 6 km/h
- Viento suave 7 - 12 km/h
- Viento leve 13 - 18 km/h
- Viento moderado 19 - 26 km/h
- Viento regular 27 - 35 km/h
- Viento fuerte 36 - 44 km/h
- Viento muy fuerte 45 - 54 km/h
- Temporal 55 - 65 km/h
- Temporal fuerte 66 – 77 km/h
- Temporal muy fuerte 78 - 90 km/h
- Tempestad 91 – 104 km/h

Evaporación:

Chow (1994), define que la evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante el cual el agua es extraída por las raíces de estas, transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y difundida a la

atmosfera a través de pequeñas aberturas en las hojas llamadas estomas. Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evapotranspiración.

Características geomorfológicas de la cuenca:

Área de la cuenca:

Para Monsalve (1995), es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente aun mismo cauce natural.

Para Monsalve (1995), está Longitud, perímetro y ancho:

Definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

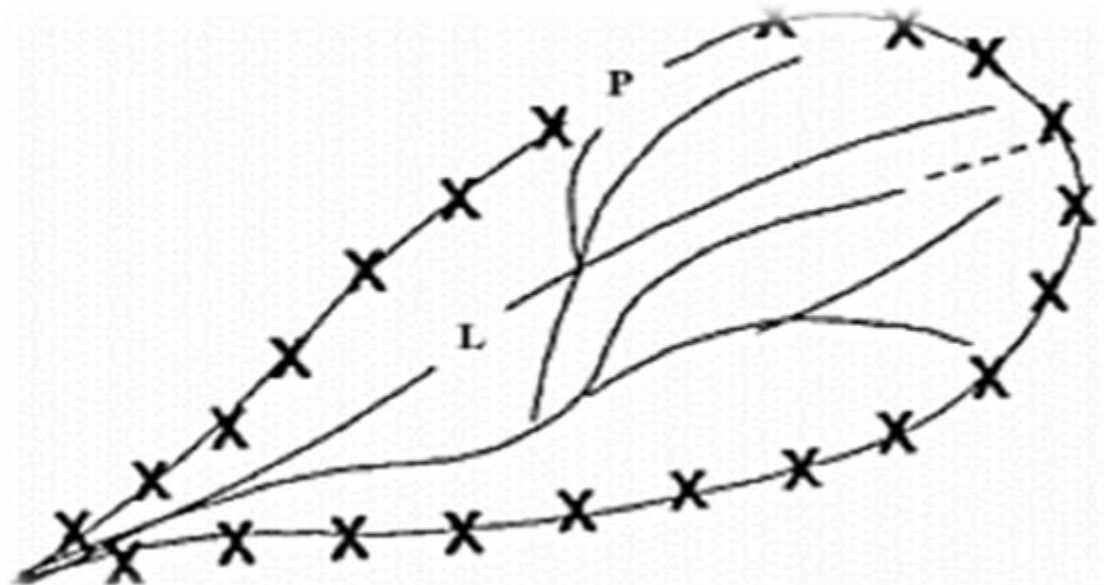


Figura 5: Longitud, perímetro y ancho
Fuente: (Monsalve, 1995)



El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa por la letra W. De forma que:

$$W = A/L$$

Parámetros relativos al relieve:

Altura media de la cuenca:

Según Villon (2002), resulta de la sumatoria del producto de la semisuma de dos cotas, por el área comprendida entre las dos cotas divididas entre el área total de las cuencas, en forma sucesiva.

$$Em = \frac{\Sigma a * e}{At}$$

Donde:

Em: elevación media.

a: área entre dos contornos.

e: elevación media entre dos contornos.

At: área total de la cuenca.

Curva hipsométrica:

Para Villon (2002), es la curva puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. La curva hipsométrica o curva área – elevación se construye determinando el área entre curvas de nivel y representando en una gráfica el área acumulada por encima o por debajo de una cierta elevación.

Polígono de frecuencias:

Para Villon (2002), es un gráfico de barras de las áreas parciales (%) con respecto a las altitudes (msnm) que las encierran. Representa la variación de las áreas parciales comprendidas entre determinadas curvas de nivel consecutivas. De este polígono es posible encontrar el área parcial más frecuente.

Pendiente de la cuenca:

Villon (2002), se toma el criterio de Alvord

$$Sc = \frac{DL_c}{A}$$

Dónde:

Sc = Pendiente de la cuenca

D = Equidistancia o desnivel constante entre curvas de nivel, en km.

A = Área de la cuenca, en km².

Lc = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en km.

2.1.4. Modelo hidrológico

Para Aliaga (1985), en hidrología suele utilizarse modelos para tratar de representar el comportamiento del sistema hidrológico (el prototipo); un modelo puede ser material o formal: El modelo material, es una representación física del prototipo, con una estructura más simple, pero con propiedades similares a las del prototipo. Estos modelos materiales pueden ser físicos o análogos y el modelo formal, es una abstracción matemática de una situación idealizada que preserva a grandes rasgos las propiedades



estructurales importantes del prototipo; en hidrología aplicada (ingenieril) todos los modelos utilizados son de tipo formal y suelen denominarse modelos matemáticos.

Para Vásquez (1997), un modelo es una representación aproximada de un sistema real. Por lo tanto, un modelo hidrológico tratara de representar en forma aproximada el ciclo hidrológico.

Chow (1994), dice que un modelo de sistema hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas.

Procesos de los modelos hidrológicos:

El primer paso es establecer un “modelo perceptual” es decir, cuáles son los principales procesos y variables que intervienen, una vez reconocidos, se debe relacionar estos procesos y variables principales entre sí por medio de ecuaciones, obteniéndose un “modelo conceptual Si las ecuaciones constitutivas son demasiado complejas, es necesario simplificarlas de manera que puedan ser reconocidas y procesadas por un sistema de cómputo, llamados “modelo procedimental”. La calibración es la etapa en la cual se asignan valores a todos los parámetros del modelo de manera que la salida del modelo se ajuste lo mejor posible a los datos históricos registrados y Finalmente el modelo debe pasar a una etapa de validación, en la cual se evalúa su capacidad de predicción.

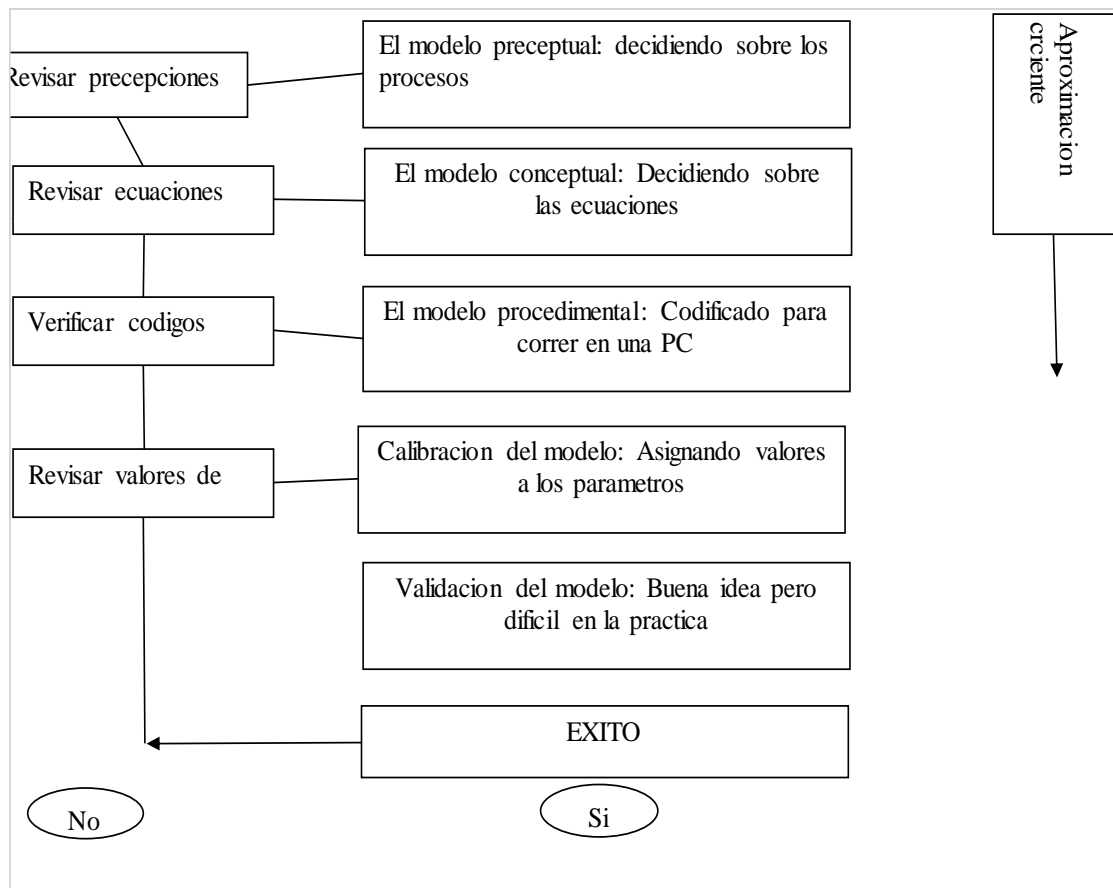


Figura 6: Esquema de un sistema hidrológico
Fuente: Chow, 1994.

De acuerdo a la naturaleza de los algoritmos básicos:

Si alguna de las variables x , t y ϵ , t . Es considerada como variable aleatoria (con una distribución de probabilidad), entonces el modelo es llamado “caso contrario”.

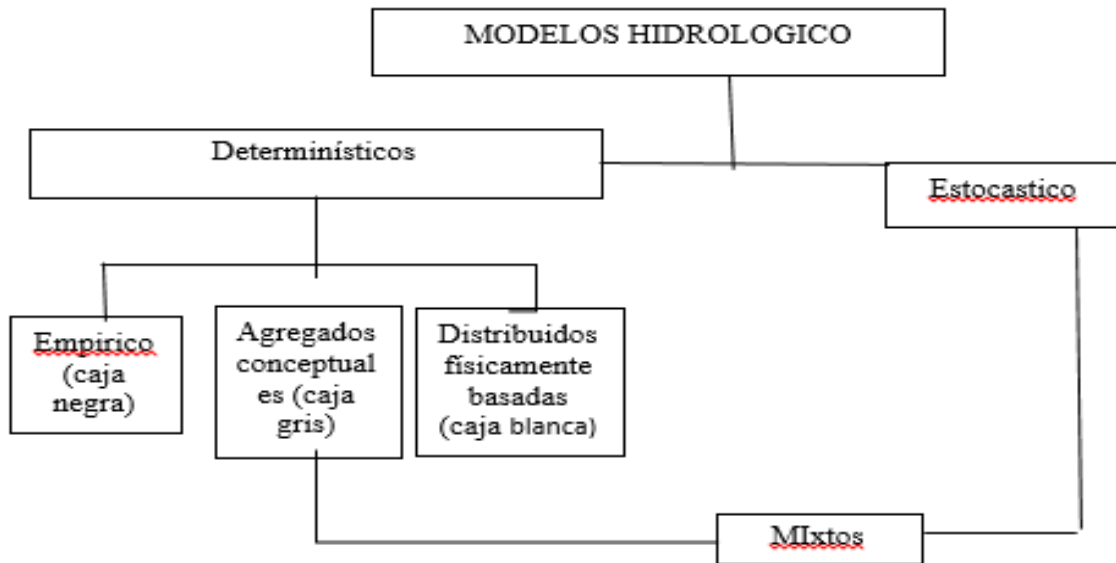


Figura 7 : Clasificación de modelos hidrológicos
Fuente: Refsgaardy, 1996

De acuerdo a su representación espacial:

Una de las principales limitaciones en la modelación de cuencas es el desconocimiento de las propiedades del suelo y de los procesos involucrados en los flujos subsuperficial y subterráneo. Esta limitación es superada si se asume que la cuenca es homogénea siendo la cuenca homogénea, se puede representar como un único elemento de características constantes, dando lugar a los llamados “modelos agregados” o “A medida que el tamaño de la cuenca se incrementa, es más probable que los tipos de suelo y sus características varíen a lo largo y ancho de la cuenca y el uso de éste tipo de modelo va perdiendo representatividad.

- Modelo agregado.
- Modelo semidistribuido.
- Modelo distribuido.

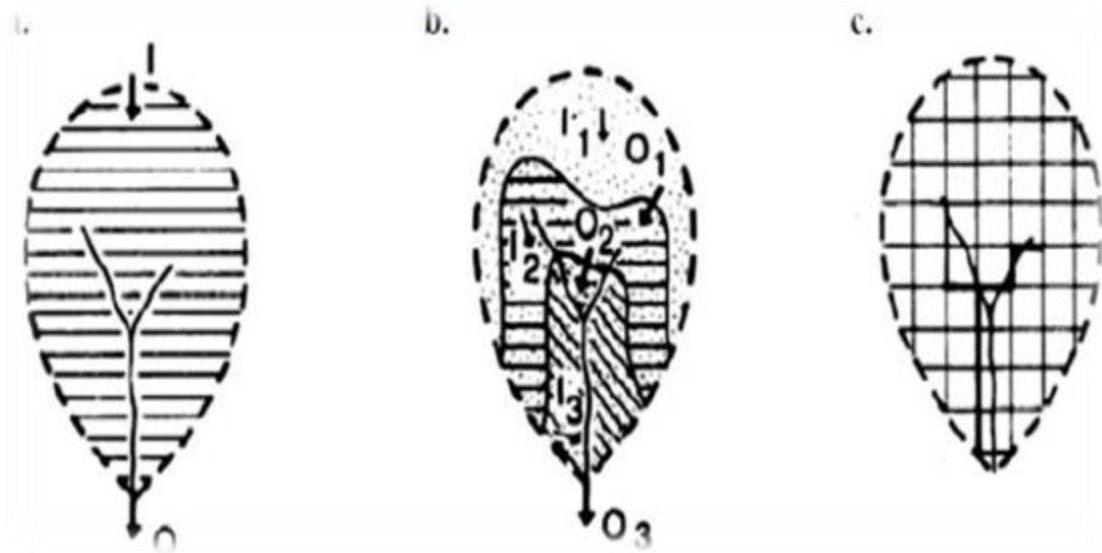


Figura 8: Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo a su representación espacial

Fuente: Chow, 1994

Clasificación de modelos hidrológicos

Para Ponce (1989), un modelo formal es una abstracción matemática de una situación idealizada que preserva las propiedades estructurales importantes del prototipo. Ya que los modelos formales son invariablemente matemáticos en naturaleza, es costumbre referirse a ellos como modelos matemáticos. Los modelos matemáticos que se usan con la ayuda de una computadora se denominan modelos computacionales. Muchos modelos computacionales de cuenca han sido desarrollados a lo largo de las últimas tres décadas. Los modelos materiales tienen un costo elevado y su aplicación está sujeta a muchas restricciones. Por el contrario, los modelos formales son más flexibles y accesibles económicamente por tal motivo nos enfocaremos en estos, además de que son la solución preferida para los problemas del modelado de cuencas.

Según Chow (1994), en el nivel más general, los modelos hidrológicos pueden ser clasificados de dos maneras, física o material y abstracta o formal (denominaciones distintas dependiendo de los autores). Un modelo material es una representación física

del prototipo, más simple en estructura, pero con propiedades que reúnen las del prototipo. En el caso de los modelos abstractos, una clasificación bastante completa incluyendo factores como la aleatoriedad, la forma y la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos hidrológicos.

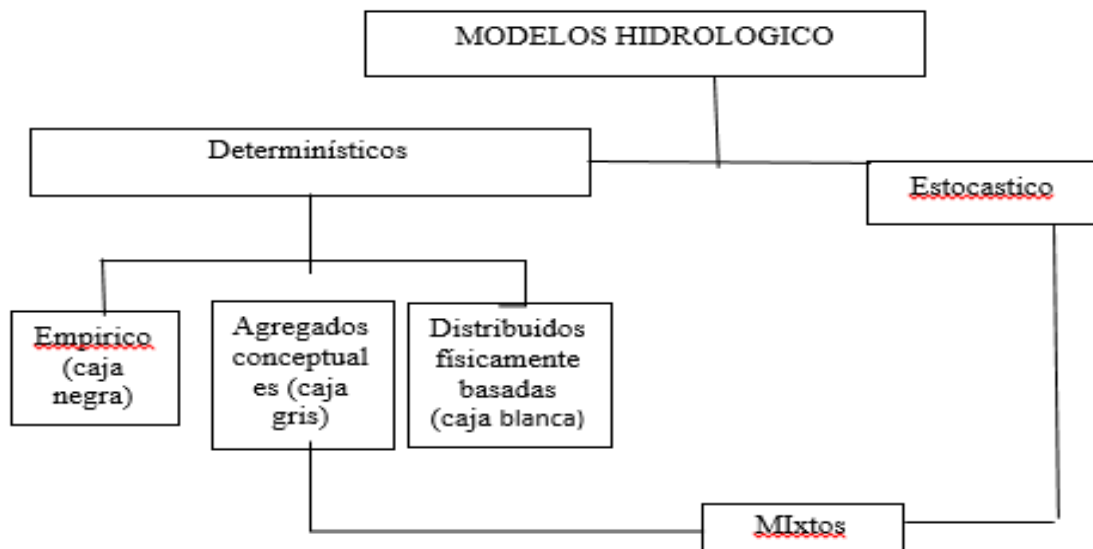


Figura 9: Esquema general de clasificación de modelos en hidrología
Fuente: Mejía, 2017

Modelos determinísticos y estocásticos:

Los modelos estocásticos se formulan siguiendo las leyes del azar o probabilidad. Generalmente lidian con la gran variabilidad observada en ciertas series hidrológicas temporales, por ejemplo, flujos diarios de corriente en cuencas de tamaño medio.

Según Ponce (1989), en el caso de estos modelos las entradas aleatorias producen salidas parcialmente aleatorias, resultado de distribuciones de probabilidad.

Para Chavarri (2008), un modelo determinístico no se considera la probabilidad de ocurrencia de valores y de variables implicadas en el proceso, pero si se considera que tal proceso esté representado (implícita o explícitamente) por una hipótesis, según la cual,



el conocimiento de las leyes de la evolución de los fenómenos físicos y de su estado actual, permiten prevenir rigurosamente sus estados futuros en la física clásica.

Modelos agregados:

Para Chavarri (2008), una de las principales limitaciones en la modelación de cuencas es el desconocimiento de las propiedades del suelo y de los procesos involucrados en los flujos sub superficial y subterráneo. Esta limitación es superada si se asume que la cuenca es homogénea, tanto en sus procesos superficiales, sub superficiales y subterráneos, afirmación que es válida para cuencas y subcuencas pequeñas. Siendo la cuenca homogénea, se puede representar como un único elemento de características constantes, dando lugar a los llamados “modelos agregados” o “agrupados”

Modelos distribuidos y semidistribuidos:

Ponce (1989), el término modelo de parámetro distribuido o modelo distribuido es utilizado para referirse a un modelo en el cual se permite que los parámetros varíen espacialmente dentro de la cuenca, es decir, se considera que los procesos hidrológicos ocurren en diferentes puntos del espacio. Esto permite el cálculo no sólo de la respuesta de toda la cuenca sino también la respuesta de las subcuencas individuales, el mayor detalle con el que pueden hacerse las simulaciones en un modelo distribuido rinde mejor computacionalmente que un modelo global ya que las subdivisiones agilizan los cálculos. Esto permite el modelado de características especiales como son las abstracciones de lluvia e hidrológicas que varían espacialmente. Sin embargo, para que los resultados del modelado distribuido sean significativos, la calidad y la cantidad de datos disponibles deben ser óptimas y de un gran nivel de detalle.

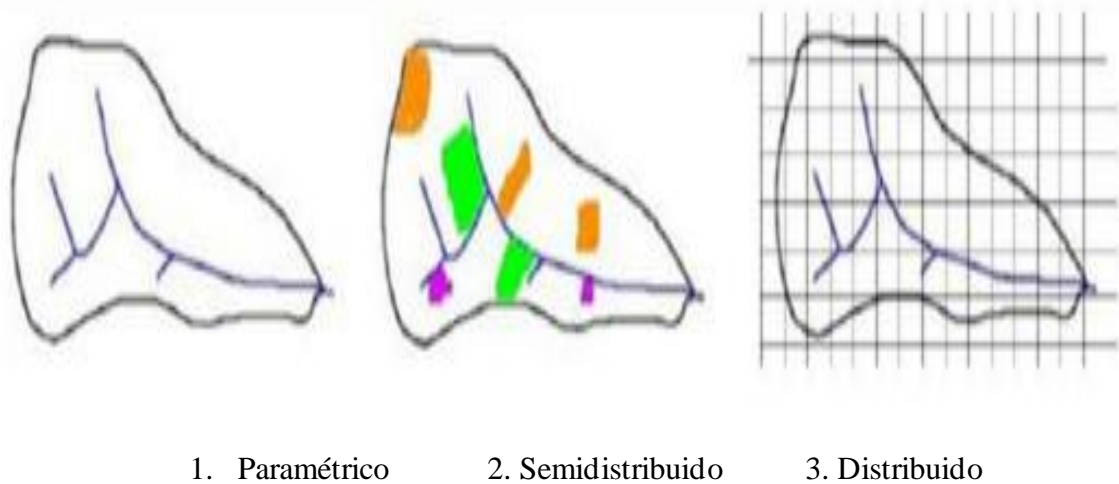


Figura 10: Esquema que muestra los tres tipos de modelos

Fuente: Méndez, 2009

2.1.5. Modelo GR2M

Según Cabrera (2017), es un modelo hidrológico de lluvia-escorrentía desarrollado por el CEMAGREF (Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental de Francia) a finales de 1980. Este modelo pertenece al grupo GR por sus siglas en francés génie rural y que significa ingeniería rural, posteriormente el modelo ha venido evolucionando y también se utilizan las versiones GR1a, GR3j y GR4j donde el número indica el número de parámetros a modelar y la última letra indica el paso de tiempo. j(diario), m(mensual), a(anual), asimismo, dentro del ámbito peruano, el Dr. Waldo Lavado (2010) de SENAMHI, realizó una comparación de este modelo con los modelos ABCD y vandewiele en cuencas amazónicas, resultando ser el mejor dentro de la categoría de los modelos mensuales que tienen pocos requerimientos de datos de entrada y buen ajuste en sus simulaciones.

Alcances del modelo

Para Cabrera (2017), el modelo GR2M es un modelo agregado que funciona a paso de tiempo mensual y fue propuesto para reconstruir caudales a partir de precipitación

y evapotranspiración, con el objetivo de ser aplicado a nivel de presas y bordos de almacenamiento, asimismo para planeamiento agrícola. La estructura de este modelo consta de dos reservorios (Figura 11) y se describe a continuación, el reservorio-suelo que corresponde a la función de producción; y el reservorio de agua gravitacional, donde el aporte es instantáneo al inicio y después con el paso del tiempo se vacía gradualmente. El nivel de este reservorio determina el caudal que puede liberar.

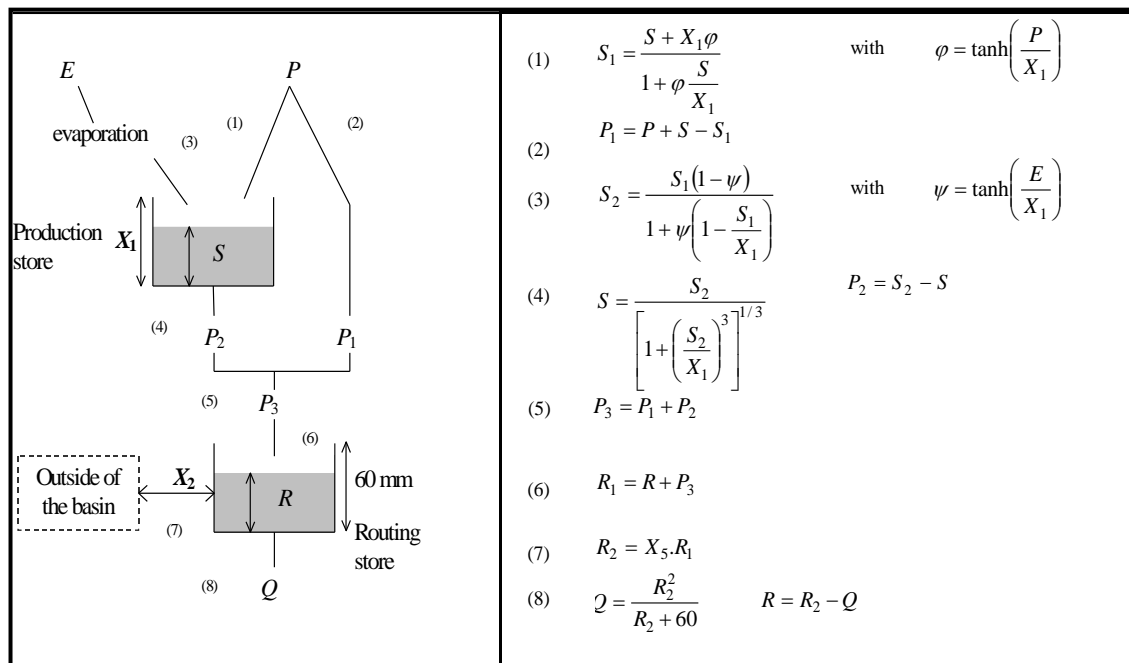


Figura 11: Estructura del modelo hidrológico GR2M

Fuente: Cabrera, 2017

De acuerdo con este esquema, P es la precipitación media de la cuenca, P_1 es la escorrentía superficial, E es la evapotranspiración actual, P_2 la percolación profunda, S el almacenamiento del depósito de suelo al inicio del periodo de análisis, R el almacenamiento del depósito de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis y Q el caudal a la salida de la cuenca. La capacidad máxima de almacenamiento del depósito de suelo es X_1 y la del depósito gravitacional se asume de 60mm.



Descripción de los parámetros de entrada y métodos de transformación del modelo

Este modelo agregado depende de dos parámetros:

- X_1 : Máxima capacidad de almacenamiento del reservorio en mm tal como se muestra en la figura anterior (Figura 11).
- X_2 : Coeficiente de intercambio de agua subterránea (adimensional).

El modelo GR2M es un modelo global que funciona a paso de tiempo mensual y que depende de dos parámetros: X_1 y X_2 , el modelo está basado en la transformación de la precipitación-escorrentía por la aplicación de dos funciones: de producción y de transferencia. El modelo GR2M es un modelo a dos reservorios, donde la función de producción del modelo se organiza alrededor de un reservorio llamado reservorio-suelo, la función de transferencia está gobernada por el segundo reservorio llamado reservorio de agua gravitacional, donde el aporte es instantáneo al inicio del paso de tiempo, luego el reservorio se vacía gradualmente. El nivel de este reservorio determina el caudal que puede liberar, la arquitectura del modelo, los flujos entrantes (P) y salientes (ETP) del reservorio-suelo (capacidad máxima X_1) son calculados en base al estado de almacenamiento (S). Una parte de la precipitación P_1 corresponde a la diferencia entre P y la precipitación que ingresa en el suelo y otra parte P_2 corresponde a la percolación. La suma de ambas $P_1 + P_2$ corresponden a la precipitación efectiva P_3 que ingresa en el reservorio de agua gravitacional (capacidad máxima fijada en 60 mm). Un término de intercambio subterráneo es incluido dentro del modelo X_2 , finalmente el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática, dándonos como resultado el caudal de salida.



Consideraciones especiales del modelo

Para alimentar el modelo hidrológico se necesita procesar la información de las variables climáticas a nivel areal, por lo tanto, se ha usado el módulo espacial de Hydraccess para determinar los valores areales de la precipitación. Los dos parámetros que optimizar son: X_1 , capacidad del reservorio-suelo en milímetros y X_2 , coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional).

2.1.6. Cálculos con el software hydraccess

Para Espinoza (2005), es un software completo, homogéneo y amigable al usuario, que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos en formato Microsoft Access 2000 y realizar los procesamientos básicos que un hidrólogo pueda necesitar. Su desarrollo empezó en el año 2000.

Procesamientos ofrecidos por Hydraccess

Procesamientos básicos:

Numerosas funciones gráficas que producen datos y gráficos simples o comparativos bajo Excel, posibilidad de calibraciones cotas caudales para las estaciones, y producción de los gráficos visualizando los aforos sobre las curvas de calibración, cálculo automático de los caudales y caudales sólidos a partir de la calibraciones, digitalización e importación de diagramas con varias posibilidades de edición, agregación de datos con varios intervalos de tiempo fijo, desde el minuto hasta el año, pasando por el día, 5 días, 10 días, 15 días y el mes, producción de tablas de anuario a nivel diario o mensual, inventarios de datos presentes en la base funciones avanzadas y análisis de las intensidades de las tormentas, estudios frecuenciales ajuste de leyes de probabilidad a muestras de valores anuales, o de valores pasando un cierto umbral, reconstitución de las



crecidas entrando en una pequeña presa conociendo la variación de las cotas de la presa, los caudales vertidos, y la lluvia sobre la presa, separación interactiva de los eventos de lluvia y de caudal análisis de las tormentas, crecidas y recesiones, y producción de gráficos Excel para eventos lluvia caudal, funciones avanzadas para el cálculo de caudales sólidos según varios métodos, cálculo de valores clasificados y característicos, método del vector regional de índices pluviométricos, adaptado a la crítica de lluvias mensuales o anuales, cálculo de la lluvia promedio sobre una cuenca (método de Thiessen o inverso del cuadrado de la distancia, produciendo mapas de contornos a colores), cambio de sistema de identificación de las estaciones para pasar de un sistema a otro.

Método del vector regional

Según Espinoza (2005), el vector regional es, ante todo, un método de crítica de datos y accesoriamente de reconstitución de datos faltantes, elaborado en el ORSTOM IRD en los años setenta, con el objeto de homogenizar los datos pluviométricos, Sin embargo, nada se opone a utilizar este método para otros datos que no sean lluvias, con tal que éstos sean relativamente independientes entre sí de un año a otro, y que sean pseudo proporcionales.

El método del vector regional consiste en elaborar, a partir del conjunto de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice que será superior a 1 cuando el año es excedentario, e inferior a 1 cuando el año es deficitario.

Indices anuales del vector y de las estaciones (Brunet Moret)

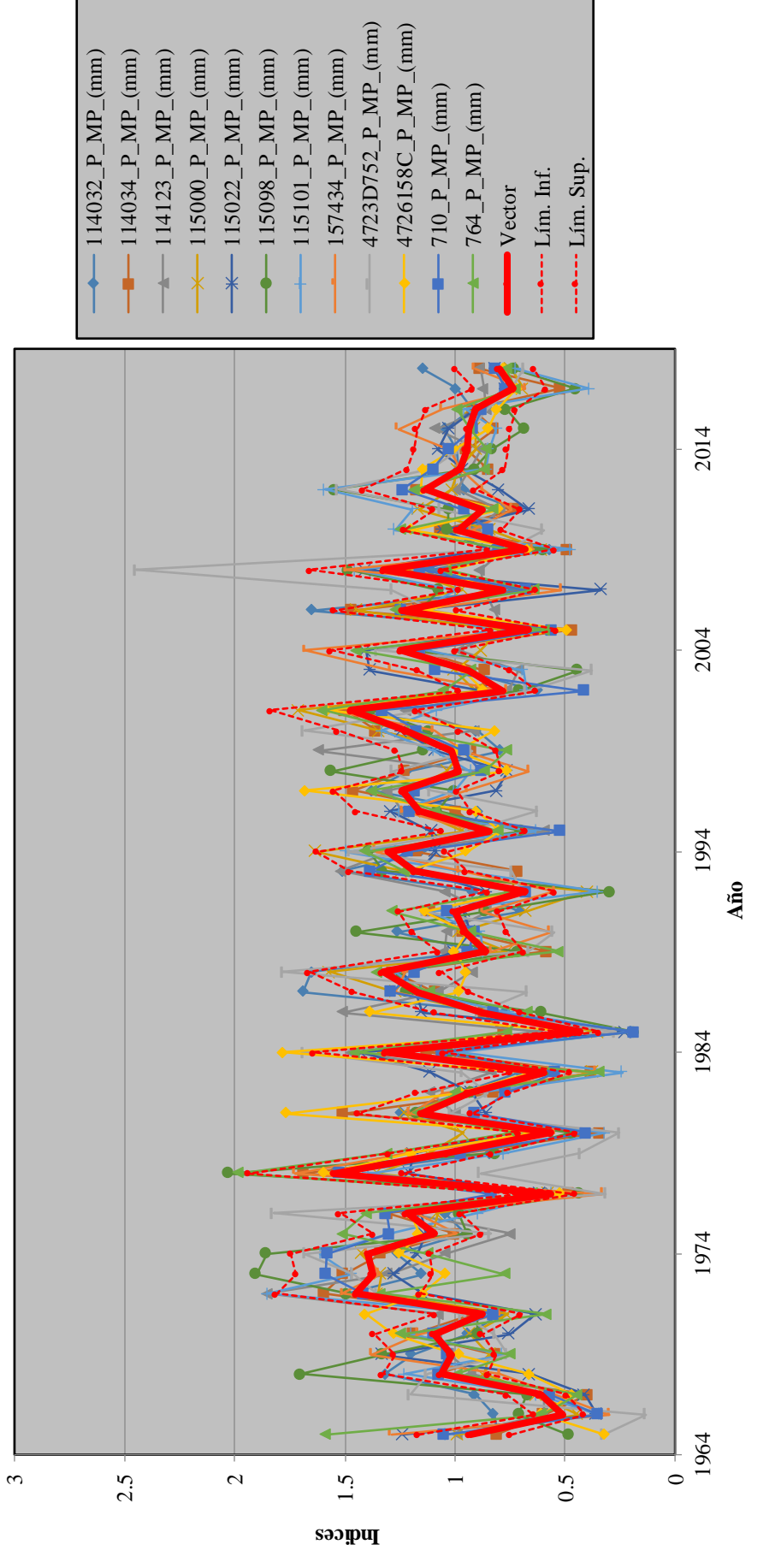


Figura 12: Vector regional del río Apurímac
Fuente: Elaboración propia

Cálculo de valores medios sobre una cuenca

Según Espinoza (2005), es un módulo externo que permite el cálculo de valores medios especializados. Este módulo puede servir en particular para calcular valores de lluvia media sobre una cuenca de drenaje, por los métodos de Thiessen del Inverso de una potencia de la distancia o del Kriging. Comparado con otros software que presentan las mismas funciones, SPATIAL presenta la originalidad de calcular los valores medios sobre series cronológicas en forma dinámica calculando los valores medios desde un archivo Excel producido por Hydraccess. Así, cuando un utilizador modifica las coordenadas de una estación bajo Hydraccess, corrige o añade datos, puede rápidamente actualizar la lluvia promedio sobre una cuenca con algunos clic del ratón.

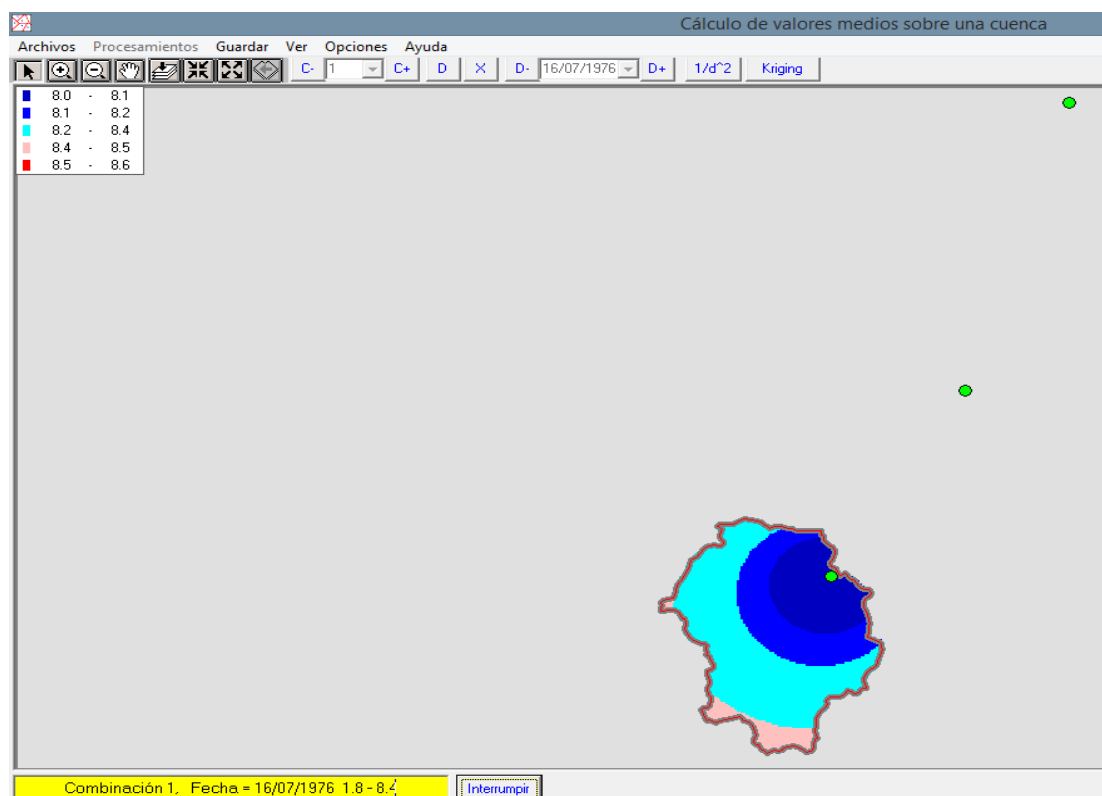


Figura 13 : Cálculo de valores medios sobre una cuenca
Fuente: Elaboración propia



2.1.7. Modelo Lutz-Scholz

Para Tarazona (2005), es un modelo hidrológico combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance hídrico - Modelo determinístico) y, una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (proceso markoviano, modelo estocástico); fue desarrollado por el experto Lutz-Scholz para su aplicación en cuencas de la sierra peruana entre 1979 y 1980 en el marco de la cooperación técnica de la república de Alemania a través del Plan MERIS II.

Modelo de generación de caudales

Para Tarazona (2005), el modelo hidrológico propuesto permite determinar los caudales mensuales del año promedio con una precisión satisfactoria. El método para la generación de caudales toma como base el año promedio y es una combinación de un proceso markoviano de primer orden, con una variable de impulso. La expresión generalizada que permite la generación de descargas es:

$$Q_t = B_1 + B_2 Q_{t-1} + B_3 PE_t + \xi_t \sqrt{1 - R^2}$$

Donde:

Q_t : Caudal en el mes

Q_{t-1} : Caudal en el mes anterior

PE_t : Precipitación efectiva en el mes t

ξ_t : Variable aleatoria de distribución normal (-1,1)

R: Coeficiente de correlación.



σ : Desviación estándar

B_1, B_2, B_3 : Coeficientes.

2.1.8. Calibración de los coeficientes

Para Tarazona (2005), el paso más importante consiste en calibrar los valores de los coeficientes B_1, B_2, B_3, σ y R , los mismos que se obtienen a partir de una regresión múltiple donde la variable dependiente es el caudal medio escurrido en el mes presente Q_t y las variables independientes son: el caudal medio escurrido en el mes anterior Q_{t-1} y la precipitación media efectiva del mes presente PE_t . Los valores para la variable aleatoria se pueden tomar de una tabla o como en el presente caso generarlos con el auxilio de la computadora, la única condición que deben cumplir es que se ajusten a la distribución normal, con media igual a cero y desviación estándar igual a uno $N(0,1)$.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DEL ESTUDIO Y DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

3.1.1. Ubicación del estudio

Ubicación política de la cuenca alta del río Apurímac:

La cuenca alta del río Apurímac se encuentra ubicada políticamente en el departamento Arequipa, provincia Caylloma, distrito Caylloma, y tiene un área delimitada de 1291.096487 km².

Ubicación geográfica de la cuenca alta del río Apurímac:

La cuenca alta del río Apurímac se encuentra ubicada geográficamente en coordenadas UTM Este = 216460.62, Norte = 8309793.32, Zona = 19L y altitud 4869 msnm.

Ubicación política de la subcuenca del río Cañipia:

La subcuenca alta del río Cañipia se encuentra ubicada políticamente en el departamento Cusco, provincia Espinar, distrito Yauri, y tiene un área delimitada de 405.92032 km².

Ubicación geográfica de la subcuenca del río Cañipia:

La subcuenca del río Cañipia se encuentra ubicada geográficamente en coordenadas UTM este = 247997.62, norte = 8341426.42, zona= 19 L y altitud 4118 msnm.

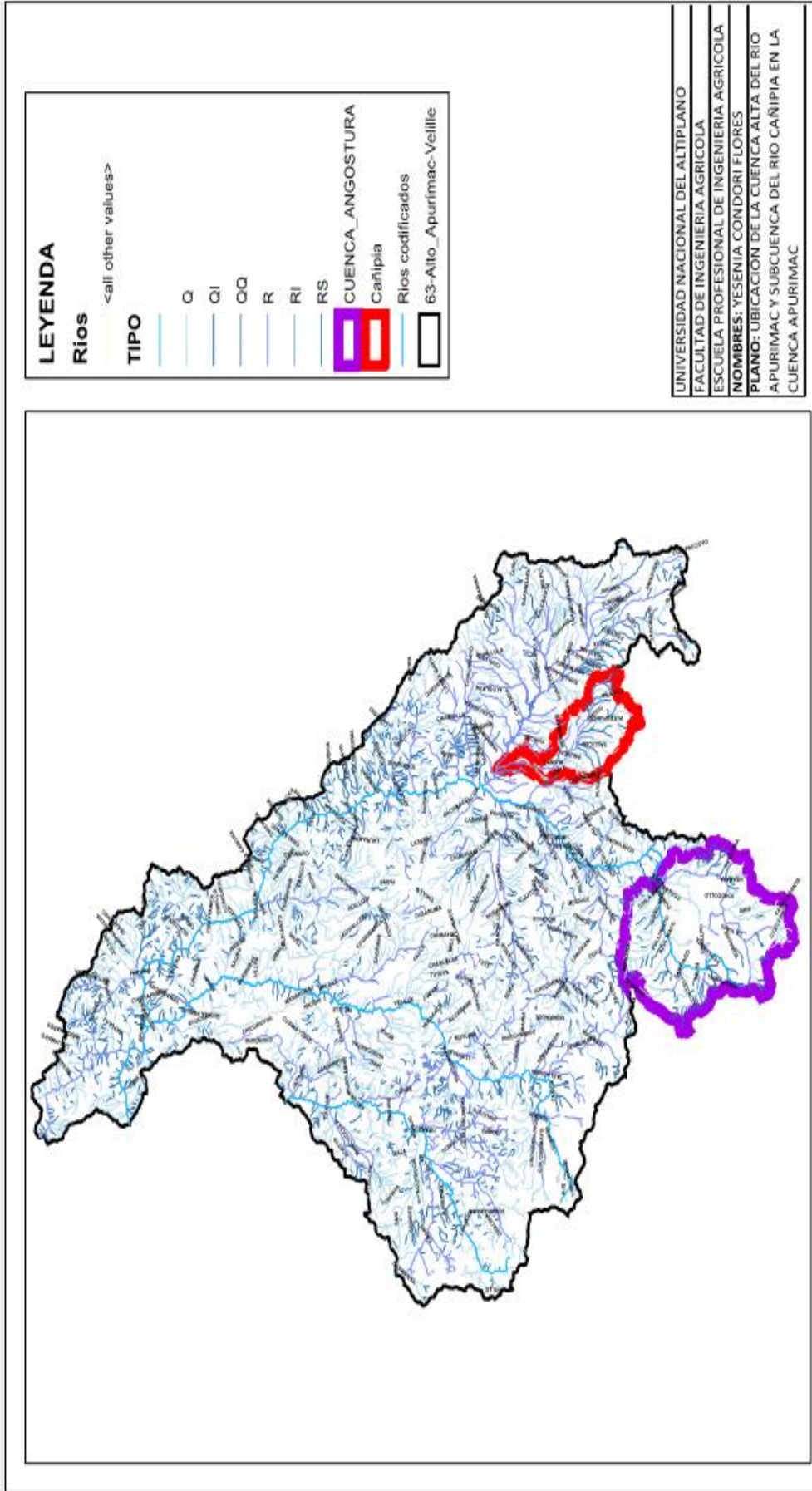


Figura 14: Ubicación de la cuenca alta del río Apurímac y la subcuenca del río Cañipia

Fuente: Elaboración propia



3.1.2. Información pluviométrica

La información de la precipitación se obtuvo de la base de datos que ya fue analizada por la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille, esta base de datos contiene la información de la precipitación a escala mensual, desde enero de 1964 hasta diciembre de 2012.

3.1.3. Información hidrométrica.

La información hidrométrica se ha obtenido a partir de la estación que se encuentra en el puente La Angostura, que fue obtenida de AUTODEMA, el período de registro corresponde a 1964–2014.

3.1.4. Información meteorológica.

La información meteorológica necesaria para la presente investigación, se tomó de la base de datos de la Autoridad Local de Agua Alto Apurímac Velille, desde enero de 1964 hasta diciembre de 2012.

3.1.5. Información cartográfica.

Esta información se obtuvo de la base de datos administrada por el ANA, del mismo modo se obtuvo la información SHAPES.

3.1.6. Información evapotranspiración.

Para el desarrollo de la investigación la evapotranspiración fue ejecutada por el programa PETP V2.0.0

3.2. EQUIPOS Y SOFTWARE DE CÓMPUTO

Se utilizaron los siguientes:



Computadora Core I7 y accesorio, software de computo, Microsoft office 2013, software de computo Arcgis 10.2.1, software de computo AutoCAD 2016, software de computo Hydraccess, software PETP V2.0.0.

3.3. METODOLOGÍA

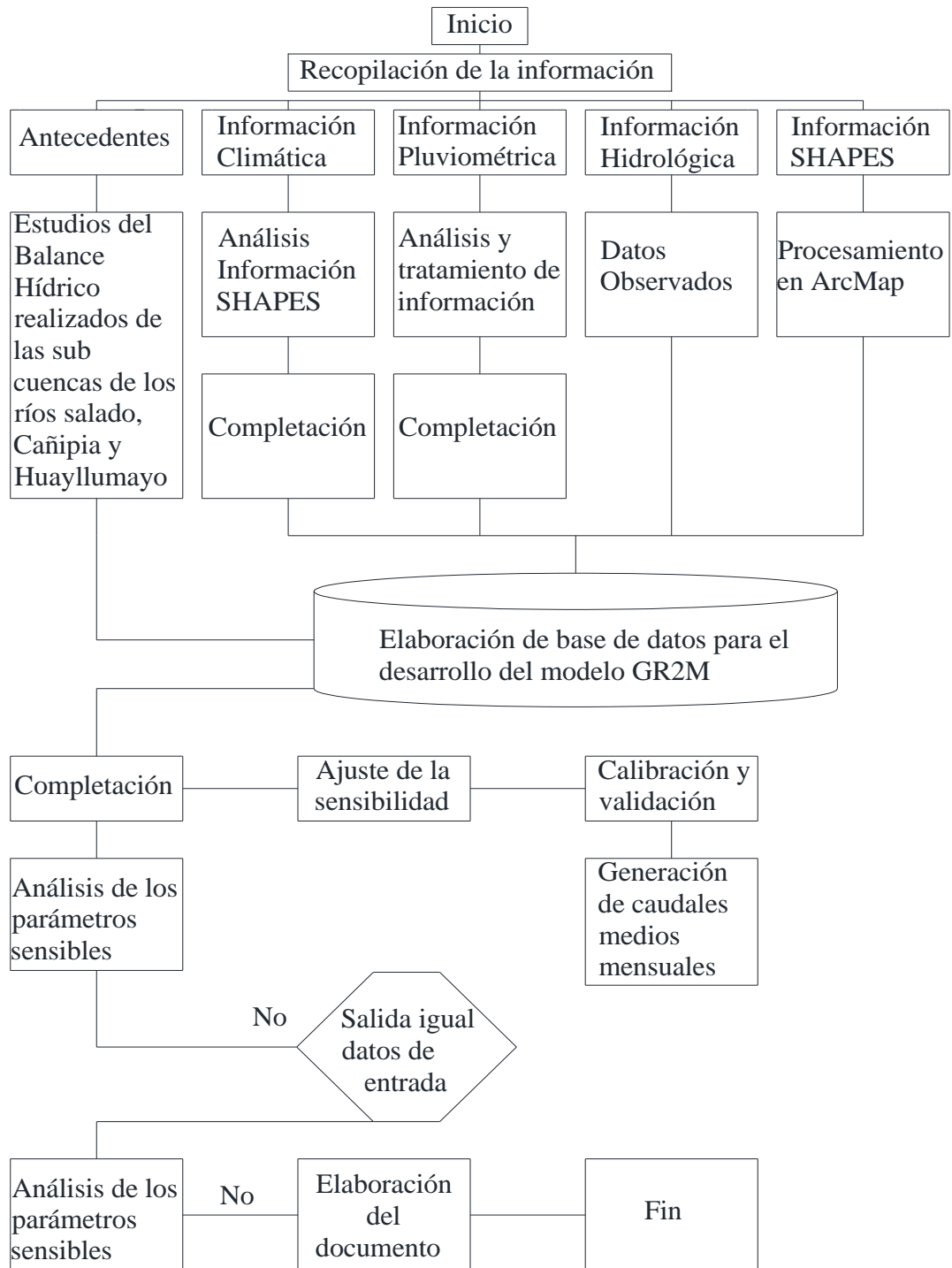


Figura 15: Se muestran los pasos que se siguieron para la realización de este trabajo de tesis.

Fuente: Elaboración propia



3.3.1. Metodología que será aplicado para determinar la generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia usando el modelo GR2M en la cuenca alta del río Apurímac.

Recopilación de la información disponible y antecedentes.

Para la presente investigación se recopiló toda la información existente necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Información pluviométrica

La información de las precipitaciones de la cuenca alta del río Apurímac y subcuenca del río Cañipia se obtuvo de la base de datos que ya fue analizada por la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille, esta base de datos contiene la información de la precipitación a escala mensual tal como se muestra en la tabla 1 y 2.

Tabla 1: Ubicación de las estaciones pluviométricas cuenca alto Apurímac

DATOS DE PRECIPITACIONES											
Id_Station	Id_Secondaire	Nom	Zone	Bassin	Departamento	Provincia	Distrito	Riviere	Latitude	Longitude	Altitude
4723D752	Pluies	CHIVAY	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CHIVAY	APURIMAC	-15.638056	-71.596944	3661
115000	Pluies	LA ANGOSTURA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CAYLLOMA	APURIMAC	-15.179722	-71.649444	4256
115101	Pluies	PORPERA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	PORPERA	APURIMAC	-15.350278	-71.316944	4152
115025	Pluies	PUSA PUSA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	PUSA PUSA	APURIMAC	-15.216944	-71.650278	4226
115098	Pluies	TISCO	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	TISCO	APURIMAC	-15.350278	-71.450278	4175
114032	Pluies	YAURI	PERU	ALTO APURIMAC	CUSCO	ESPINAR	YAURI	APURIMAC	-14.816944	-71.416944	3937
115024	Pluies	JANACANCHA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	SIBAY	APURIMAC	-15.291944	-71.743333	4405
115023	Pluies	HUAMBO	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	HUAMBO	APURIMAC	-15.733333	-72.116667	3352
115021	Pluies	CABANA CONDE	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CABANA CONDE	APURIMAC	-15.6	-71.966667	3379
115026	Pluies	LA PULPERA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CALLALLI	APURIMAC	-15.616667	-71.45	4021

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Ubicación de las estaciones pluviométricas subcuenca del río Cañipia

DATOS DE PRECIPITACIONES_LLUVIAS (MENSUALES)										
	Pluies	CHUQUIBAMBILLA	PERU	TITICACA	RAMIS	-14.796389	-70.728333	3910		
710	Pluies	CONDOROMA	PERU	ALTO APURIMAC	APURIMAC	-15.350278	-71.116944	4474		
115000	Pluies	LA ANGOSTURA	PERU	ALTO APURIMAC	APURIMAC	-15.179722	-71.649444	4256		
884	Pluies	LA RAYA	PERU	TITICACA	RAMIS	-14.484167	-70.984833	4350		
114123	Pluies	LIVITACA	PERU	ALTO APURIMAC	APURIMAC	-14.316944	-71.683611	3741		
114034	Pluies	LLALLY	PERU	TITICACA	RAMIS	-14.948889	-70.898056	4111		
115022	Pluies	MINAS CAYLLOMA	PERU	ALTO APURIMAC	APURIMAC	-15.150278	-71.850278	4889		
4726158C	Pluies	SICUANI	PERU	SICUANI	SALCCA	-14.253611	-71.237222	3574		
114032	Pluies	YAURI	PERU	ALTO APURIMAC	APURIMAC	-14.816944	-71.416944	3937		

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se muestra el resultado del vector regional en la Figura 16, se aprecia que toda la información de las estaciones en estudio está entre los límites del vector por lo que se concluye que la información pluviométrica proporcionada por la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille, es consistente, del mismo modo se concluye que la cuenca del río Apurímac pertenece a una misma región de precipitación, a una misma zona climatológica.

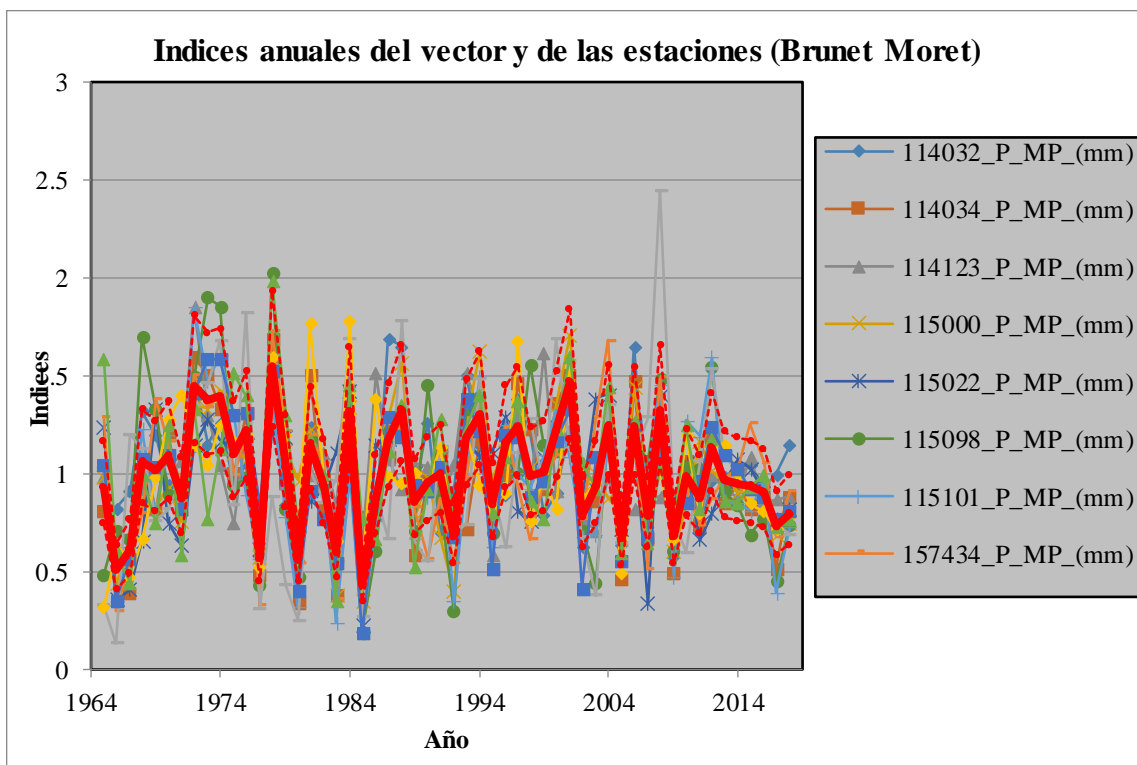


Figura 16: Vector regional de la cuenca alta del río Apurímac

Fuente: Elaboración propia

Información hidrométrica.

La información hidrométrica se ha obtenido a partir de la estación que se encuentra en el puente La Angostura, que fue obtenida de AUTODEMA, tal como se muestra en la tabla 3.



Información meteorológica.

Se ha recopilado la información meteorológica por la Administración Local de Agua Alto Apurímac, registro de temperaturas necesario para la obtención de la evapotranspiración de la cuenca de las siguientes estaciones mostradas en la tabla 4.

Tabla 3: Ubicación de la estación hidrométrica de cuenca del río Apurímac

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES RIO APURIMAC (m ³ /s)											
Id_Station	Id_Secondaire	Nom	Zone	Bassin	Departamento	Provincia	Distrito	Riviere	Latitude	Longitude	Altitude
115000	HIDR	LA ANGOSTURA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CAYLLOMA	APURIMAC	-15.179722	-71.649444	4220

Fuente: AUTODEMA.

Tabla 4: Estaciones meteorológicas cuenca alto Apurímac

METEOROLOGICAS											
Id_Station	Id_Secondaire	Nom	Zone	Bassin	Departamento	Provincia	Distrito	Riviere	Latitude	Longitude	Altitude
115000	Meteo	LA ANGOSTURA	PERU	ALTO APURIMAC	AREQUIPA	CAYLLOMA	CAYLLOMA	APURIMAC	-15.18	-71.649	4256
4726158C	Meteo	SICUANI	PERU	SICUANI	CUSCO	CANCHIS	SICUANI	SALCCA	-14.254	-71.257	3574
114052	Meteo	YAVRI	PERU	ALTO APURIMAC	CUSCO	ESPINAR	YAVRI	APURIMAC	-14.817	-71.417	3937

Fuente: Elaboración propia



Análisis y estudio de los Shapes

Delimitación de la cuenca hidrográfica.

Recolección y análisis de la información hidrometeorológica:

Cálculos con el software Hydraccess:

Es un software completo, homogéneo y amigable al usuario, que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos en formato Microsoft Access 2000 y realizar los procesamientos básicos que un hidrólogo pueda necesitar. Su desarrollo empezó en el año 2000 y se ha continuado con regularidad. Su autor es Philippe Vauchel Hidrólogo del IRD (instituto francés de investigación para el desarrollo), y el software pertenece al IRD.

Procesamientos ofrecidos por Hydraccess:

- Numerosas funciones gráficas que producen datos y gráficos simples o comparativos bajo Excel.
- Posibilidad de calibraciones cotas caudales para las estaciones, y producción de los gráficos visualizando los aforos sobre las curvas de calibración.
- Cálculo automático de los caudales y caudales sólidos a partir de las calibraciones.
- Digitalización e importación de diagramas con varias posibilidades de edición.
- Agregación de datos con varios intervalos de tiempo fijo, desde el minuto hasta el año, pasando por el día, 5 días, 10 días, 15 días y el mes.
- Producción de tablas de anuario a nivel diario o mensual.
- Inventarios de datos presentes en la base funciones avanzadas.



- Análisis de las intensidades de las tormentas.
- Estudios frecuenciales ajuste de leyes de probabilidad a muestras de valores anuales, o de valores pasando un cierto umbral.
- Reconstitución de las crecidas entrando en una pequeña presa conociendo la variación de las cotas de la presa, los caudales vertidos, y la lluvia sobre la presa.
- Separación interactiva de los eventos de lluvia y de caudal análisis de las tormentas, crecidas y recesiones, y producción de gráficos Excel para eventos lluvia caudal.
- Método del vector regional de índices pluviométricos, adaptado a la crítica de lluvias mensuales o anuales.
- Cálculo de la lluvia promedio sobre una cuenca (método de Thiessen o inverso del cuadrado de la distancia, produciendo mapas de contornos a colores).

Análisis de consistencia de la información

Es una técnica que permite identificar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad de una serie hidrometeorológica antes de proceder a efectuar el modelamiento de cualquier serie hidrometeorológica es necesario hacer el análisis de consistencia y ese análisis se realiza con los siguientes métodos.

Análisis del gráfico:

A partir de los registros históricos de cada estación se elaboran los histogramas de precipitación total mensual, con la finalidad de detectar visualmente posibles inconsistencias (saltos o tendencias) en el periodo analizado, los mismo que, de encontrarse el caso deben ser evaluados estadísticamente mediante los test respectivos.

Los histogramas representan gráficamente la variación de la precipitación a través del tiempo, en el presente caso a nivel mensual.

Análisis de doble masa:

El análisis se realiza detectando “quiebres” o “saltos”, que pueden presentarse en la curva de doble masa; si estos se presentan, es necesario determinar sus causas, que pueden ser fenómenos naturales o haber sido originados por errores sistemáticos, antes de proceder a corregir.

Análisis de consistencia de la desviación estándar:

El tratamiento estadístico de los registros pluviométricos, consiste en el análisis de homogeneidad, consistencia en la media y la desviación estándar, y análisis de tendencias; así como la corrección de los datos si el caso lo requiere.

Análisis de la consistencia:

Se realizó mediante la prueba estadística T de Student, que analiza o comprueba que los valores promedios mostrados son estadísticamente iguales, es decir proviene de la misma población.

$$X_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i; s_1(X) = \left[\frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - X_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$
$$X_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} X_j; s_2(X) = \left[\frac{1}{n_2-1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - X_2)^2 \right]^{1/2}$$

Dónde:

X_i = valores de la serie del periodo 1.



X_j = valores de la serie del período 2

X_1, X_2 = medias de los períodos 1 y 2 respectivamente.

$S_1(x), S_2(x)$ = desviaciones estándar de los períodos 1 y 2 respectivamente.

n_1, n_2 = tamaño de los períodos 1 y 2 respectivamente.

n = tamaño total de la muestra.

$n = n_1 + n_2$

Corrección de la inconsistencia:

Si la media y la desviación estándar resultan ser diferentes estadísticamente, es necesario su corrección respectiva mediante la ecuación:

$$X_1^*t = \frac{X_t - X_1}{S_1} * S_2 + X_2$$

o

$$X_2^*t = \frac{X_t - X_2}{S_2} * S_1 + X_1$$

Dónde:

X_1^*t = Valor homogenizada (para corregir el primer valor).

X_2^*t = Valor homogenizado (para corregir el segundo valor).

X_t = Valor que se va a corregir.

X_1, S_1 = Media y desviación estándar del primer periodo.

X_2, S_2 = Media y desviación estándar del segundo periodo.

Completacion de datos

En la Completacion de datos de las estaciones pluviométricas, climatológicas, una vez obtenidas series consistentes de las informaciones meteorológicas, se procedió a realizar la Completacion de datos con el software HEC 04.

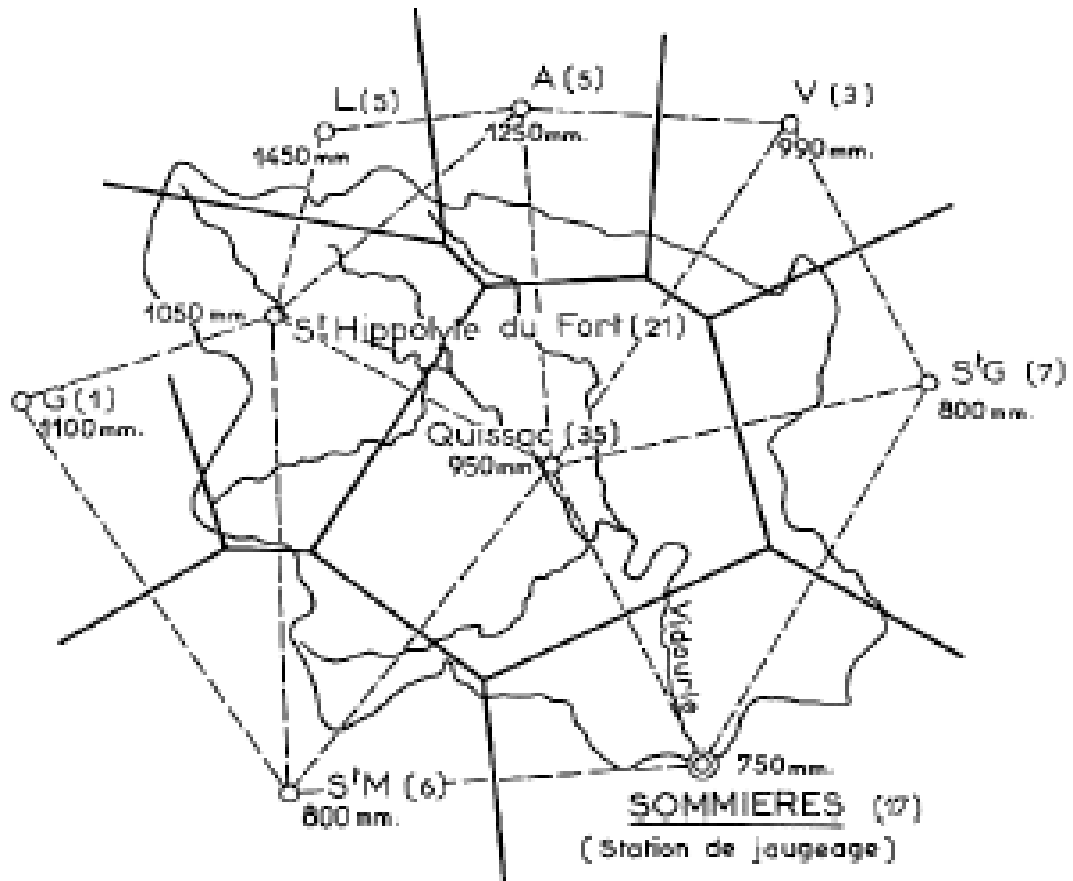


Figura 17: Trazado de los polígonos de thiessen
Fuente: Philippe Vauchel, 2000

Interpolación por distancia inversa:

En este método, los coeficientes de ponderación son sólo función de las distancias entre el punto de interés y cada una de las G estaciones con datos. Así, para un punto cualquiera de la trama $j = r$, la ponderación para el valor medido en la estación $g = s$ se calcula como:

$$W_{rs} = \frac{[d(r,s)]^b}{\sum_{i=1}^G [d(r,i)]^b}$$

Donde:

$d(r,s)$ =Distancia entre el nodo r y la estación s



b = Un exponente (usualmente 1 ó 2).

Kriging o interpolación óptima:

Corresponde a una serie de técnicas, muy usadas en hidrología, minería, aguas subterráneas, geología y otras disciplinas que requieren tratar con variabilidad espacial en dos o tres dimensiones, los valores estimados se derivan como combinaciones lineales ponderadas de los datos disponibles, intentando minimizar el sesgo y la varianza de los errores. Los coeficientes de ponderación se calculan asumiendo homogeneidad espacial de la precipitación (es decir, que no hay tendencias espaciales), las soluciones dependen de la función de correlación espacial que se use.

3.3.2. Aplicación del modelo GR2M para la cuenca alta del río Apurímac.

Procedimiento sistemático del modelo GR2M

Calibración del modelo GR2M

El objetivo de la calibración es obtener valores óptimos de los parámetros incluidos en el modelo para lograr un sistema que sea lo más próximo al sistema real que el modelo representa. Es decir, el proceso de calibración busca que haya un buen ajuste entre los datos observados y los simulados por el modelo. La calibración consiste en la experimentación con varias combinaciones de valores de parámetros en un esfuerzo por minimizar o maximizar alguna función criterio de optimización, este método puede realizarse de forma manual o automática y la solución adecuada puede depender mucho del criterio usado en el análisis, las funciones objetivo son expresiones matemáticas que dan una medida de la diferencia entre los valores observados y modelados y por lo tanto son usados en la calibración como una medida de rendimiento del modelo.

Validación del modelo GR2M:

La validación se realiza con el objetivo de verificar la calidad de los ajustes de la etapa de calibración, la calidad y confiabilidad de la información disponible para la corrida del modelo, consiste en usar los parámetros determinados en la calibración, pero en un periodo diferente, normalmente el modelo es menos robusto en validación debido a la utilización de un periodo en el que no se realiza optimización de parámetros.

La validación en el modelo GR2M depende de los periodos considerados para dichas pruebas.

Análisis de bondad de ajuste (coeficiente de eficiencia de NASH-SUTCLIFFE)

La función objetivo es usualmente una medida de bondad de ajuste (error de balance de masas, coeficiente de correlación, eficiencia de Nash - Sutcliffe, etc.), pero también puede ser una combinación de estas (dependiendo de la importancia que el investigador asigne a las diferentes medidas de bondad de ajuste) recibiendo entonces el nombre de función “multiobjetivo”, usualmente, una función multiobjetivo (G) asume las siguientes formas:

$$G = \sum_{i=1}^n W_i F_i \quad , \quad G = \sum_{i=1}^n W_i |F_i| \quad , \quad G = \sum_{i=1}^n W_i F_i^2$$

Donde:

F_i = Son las medidas de bondad de ajuste consideradas dentro de la función multiobjetivo.

W_i = Son los pesos asignados a cada una de dichas medidas.

Usualmente, no se hace distinción y se hace uso del término “función objetivo” para referirse a una función objetivo simple o a una multiobjetivo, dentro del proceso de

calibración, es necesario “optimizar” el ajuste entre el modelo y los datos observados y la optimización se hace “minimizando” la función objetivo; es decir:

$$\frac{\partial G}{\partial X} = 0$$

Donde:

X = Es el vector de parámetros

G = Parámetros de los que depende la función objetivo

Eficiencia de Nash (E)

Se escogió el criterio de Nash-Sutcliffe, ya que es el más usado en para la evaluación de modelos hidrológicos, su principal característica es que normaliza la función objetivo de mínimos cuadrados, se define como:

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

Tabla 5: Rangos referenciales del criterio de Nash

E	Ajuste
< 0.2	Insuficiente
0.2 - 0.4	Satisfactorio
0.4 - 0.6	Bueno
0.6 - 0.8	Muy bueno
0.8 - 0.9	Excelente
1	Muy excelente

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo el análisis de sensibilidad se ejecuta el modelo variando un parámetro específico, los demás parámetros se mantienen fijos, sin embargo, la



sensibilidad a un parámetro dependerá de los valores adoptados por los demás parámetros, con lo que ser más complejo hacer un análisis de sensibilidad.

Generación de caudales medios mensuales

Función de producción, parte de la precipitación es absorbida por el reservorio suelo y otra (P_1) se dirige al reservorio de agua gravitacional (agua que contiene el suelo entre el punto de saturación y la capacidad de campo, que es fácilmente drenable por gravedad). El nuevo volumen de agua en el reservorio suelo (S_1).

Función de transferencia está gobernada por el segundo reservorio de agua gravitacional, donde el aporte es instantáneo al inicio del paso de tiempo, y luego el reservorio se vacía gradualmente, el nivel de este reservorio determina el caudal que se puede liberar, conocido el volumen de agua que percola, la precipitación efectiva que ingresa al reservorio de agua gravitacional (P_3), debido a que el reservorio de agua gravitacional contaba con un volumen inicial R , sin embargo, debido a que existe un intercambio de volúmenes a nivel subsuperficial, el volumen del reservorio se corrige por el factor X_2 y finalmente, el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática, dándonos como resultado el caudal de salida.

3.3.3. Metodología para el primer objetivo específico

Determinar la sensibilidad del modelo hidrológico GR2M en la cuenca alta del río Apurímac

Con las variaciones porcentuales pequeñas en cada uno de los valores de los parámetros, los resultados que se obtienen en este proceso nos demuestran que el parámetro X_2 es el más sensible, por lo que es el parámetro que tiene mayor influencia en los resultados del modelo para nuestra cuenca; para ello variamos cada uno de los



parámetros manteniendo el otro fijo, Este proceso ha sido trabajado con los caudales generados durante todo el periodo de calibración del modelo.

3.3.4. Metodología para el segundo objetivo específico

Comparación de los caudales medios mensuales simulados frente a caudales observados de la subcuenca del río Apurímac

- Análisis de consistencia de la información, delimitación de la subcuenca del río Cañipia.
- Recolección y análisis de la información hidrometeorológica, se analizaron al igual que la cuenca del río Apurímac.
- Aplicación del modelo GR2M para la subcuenca del río Cañipia (validación del modelo GR2M.)

Caudales medios mensuales simulados mediante el modelo GR2M

Los caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia se generan con los datos ya procesados evaluados en la base de datos mediante Hydraccess, como es la precipitación, temperatura y con el programa PETP V2.0.0, se logra calcular la evapotranspiración y con el modelo GR2M se generan los caudales simulados.

Caudales medios mensuales observados de la subcuenca del río Cañipia

Los caudales observados, son caudales aforados mensualmente que fueron realizados y trabajados por los trabajadores especialistas en recursos hídricos de la Administración Local del Agua Alto Apurímac Velille perteneciente, desde el año 2010 hasta 2018.

3.3.5. Metodología para el tercer objetivo específico

Comparación de la eficiencia del modelo GR2M frente a la eficiencia del modelo Lutz Scholz.

Modelo Lutz Scholz

Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas (para el balance hídrico), al igual que los otros modelos considerados en esta investigación, Lutz-Scholz realiza el balance hídrico en dos “baldes o reservorios”, debido a la consideración de pocos parámetros.

Descripción de cada uno de los factores que intervienen en la transformación de la lluvia a escorrentía, coeficiente de escurrimiento para la estimación del coeficiente de escorrentía “C”, siguiendo los mismos criterios del experto Lutz Scholz, se utilizan las ecuaciones de “L. Turc”.

$$C = \frac{P - D}{P} \quad , \quad D = \frac{P}{\left[0.9\left(\frac{P}{L}\right)^2\right]^{0.5}} \quad , \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Donde:

C: Coeficiente de escurrimiento

P: Precipitación total anual (mm/año)

D: Déficit de escurrimiento (mm/año)

L: Coeficiente de temperatura

T: Temperatura media anual (°C)

Retención de los almacenes hídricos:



Para efectos de estimar la retención de la cuenca que es justamente la que abastece a la cuenca en el período de estiaje, se ha utilizado la siguiente expresión:

$$RET = \frac{Af(-7.51 + 3.15) + 5(Lag + Nev)}{Ac}$$

Dónde:

RET = Retención de la cuenca (mm)

Af = Área de acuíferos (km²)

Lag = Área de lagunas (km²)

Nev = Área de nevados (km²)

I = Pendiente del acuífero (%)

Ac = Área de la cuenca (km²)

Evapotranspiración

La evapotranspiración se determina por la fórmula de radiación desarrollada por Hargreaves para el cálculo de la evapotranspiración potencial, la formula aplicada es:

$$EP = 0.0075 * RSM * TF * FA$$

$$RSM = 0.075 * RA * (n/N)^{1/2}$$

$$FA = 1 + 0.06 * AL$$

Donde:

EP = Evapotranspiración potencial anual (mm/año)

RSM = Radiación solar media

TF = Componente de la temperatura

FA = Coeficiente de corrección por elevación

TF = Temperatura media anual



RA = Radiación extraterrestre

n/N = Relación entre insolación actual y posible (%)

n/N = 50% (estimación sobre base de registros)

AL = Elevación media de la cuenca en kilómetros (km)

Precipitación efectiva:

Los caudales medios observados pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención de la cuenca respectiva. Para este cálculo se adoptó el método del United States Bureau of Reclamation (USBR) para la determinación de la porción de lluvias que es aprovechable para cultivos. El bureau of reclamation llama a esta cantidad la precipitación efectiva de los cultivos que en realidad es la antítesis de la precipitación de escorrentía anteriormente mencionada.

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P_2 + a_3 * P_3 + a_4 * P_4 + a_5 * P_5$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio

En la Tabla 6 se presentan los juegos de coeficientes *ai* que permiten alcanzar cada valor C predeterminado entre 0.15 y 0.45 por interpolación. De este modo es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y total de manera que el volumen anual de la precipitación efectiva es igual al caudal de la cuenca representativa.

Tabla 6: Coeficientes a1 para la aplicación del polinomio

Coeficientes	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1.20E-05	4.35E-05	5.53E-05
a4	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	1.42E-09

Fuente: Plan MERIS II

De este modo se llega a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total.

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación total anual

$\sum_{i=1}^{12} PE_i$ = Suma de la precipitación efectiva mensual

Coeficiente de agotamiento:

La retención de la cuenca es almacenada en los depósitos hídricos en el período de lluvia según la distribución mensual. Para que pueda existir el balance hídrico al fin del año hidrológico, esta retención debe abastecer de agua a la cuenca en la época de estiaje, el modelo utilizado plantea cuatro fórmulas empíricas para estimar este coeficiente, el agotamiento muy rápido por temperatura elevada mayor de 10°C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año).



$$\partial = -0.00250 \ln Ac + 0.034$$

Agotamiento rápido por retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada.

$$\partial = -0.00252 \ln Ac + 0.030$$

Agotamiento mediano por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$\partial = -0.00252 \ln Ac + 0.026$$

Agotamiento reducido por alta retención (más de 100 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

$$\partial = -0.00252 \ln Ac + 0.023$$

Dónde:

a = Coeficiente de agotamiento por día

Ac = Área de la cuenca en km²

Este coeficiente está vinculado con otro que es la relación que existe entre la descarga del mes y la del mes anterior con la siguiente expresión:

$$b_0 = e^{-at}$$

Dónde:

b₀ = Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior

a = Coeficiente de agotamiento

t = Tiempo (en este caso es de 30 días)

Durante la estación seca, la lámina escurrida disminuye mes a mes hasta agotarse, en la relación:

$$\frac{CM_i}{CM_0} = b_0$$

Donde:



CM_i = Caudal del mes actual

CM_0 = Caudal del mes anterior

Aporte y abastecimiento de la retención, una vez establecidos estos parámetros y calculados sus valores, se procede a calcular la lámina escurrida para cada mes, en el período de estiaje existirá aporte de la retención, este se calcula para cada mes con la

Siguiente expresión:

$$Gi = RET \frac{bo_i}{\sum bo_i}$$

Abastecimiento de retención:

El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cusco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20 % restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias

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

Fuente: Plan MERIS II



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DE LA GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES MODELO HIDROLÓGICO GR2M

Los resultados obtenidos para lograr el primer objetivo específico, siguiendo la metodología de la generación de caudales mensuales mediante el modelo hidrológico GR2M, para esto primeramente se hizo la completación de datos faltantes con el modelo hidrológico HEC04 de las 11 estaciones pluviométricas y 4 estaciones meteorológicas como se muestra en la figura 18 y luego se analizó y consolidó con el programa HYDRACCES determinándose la precipitación media mensual en la cuenca alta del río Apurímac a partir de las estaciones proporcionadas por la Administración Local de Agua Alto Apurímac Velille. La estimación de la precipitación media mensual se determinó mediante el método de Thiessen para la cuenca alta del río Apurímac.

4.1.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca alta del río Apurímac

La mayor área tributario tiene la cuenca alta del río Apurímac que la subcuenca Cañipia tal como se muestra en la figura 14, sin embargo, los perímetros son casi similares, lo que indica la cuenca alta del río Apurímac es más redondeada y regular, mientras que la subcuenca del río Cañipia es alargada e irregular, tal como refieren Guevara (2010) y Chow (1994).

La cuenca alta presenta un eje principal de drenaje de río Apurímac y la subcuenca presenta dos ejes principales el río Cañipia y Salado se muestran en la tabla 8. Y la Completación y extensión de datos se realizó con el modelo HEC04, en cada una de las estaciones que incompletas, se muestra en la tabla 9 y 10.



Tabla 8: Datos insertados al modelo HEC 04

CUENCA_ANGOSTURA: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda									
H2011965	121	118.4	111.2	77.8	47	32.7	44.7	73	113.2	133.5	132.3	122.5	
H2011966	129.2	125	122.8	109.2	95.2	80.3	84.8	101	111.8	120.9	127.6	123.8	
H2011967	122	121.3	117.6	114.9	104.2	81.9	73.8	94.4	116.5	123.4	130.2	120.3	
H2011968	114.2	121.1	118.3	107	80.9	80.9	74.1	97.5	119.9	127.8	124.1	126.9	
H2011969	120.7	129.5	125.6	121.5	106.9	89.9	85.1	89.8	115.8	134.5	133.4	130.6	
H2011970	123.7	129.1	119.5	122.9	103.6	94.5	79.4	102.9	117.7	128.2	132.1	123.3	
H2011971	118.9	114	120.2	110.6	94.6	83.8	76.4	98.2	116.9	117.6	126	119.8	
H2011972	117.3	125.1	137.9	119.4	98.3	83.3	91.1	101.1	120.7	129.7	137.2	130.3	
H2011973	129.1	133.2	129.8	123.1	102.8	88.8	85	101.9	119.6	132.1	128.3	121.3	
H2011974	115.7	111.7	116	111.1	98.3	78.8	86.3	84.9	112.4	125.4	123.6	-1	
H2011975	113.1	115.1	118.6	116.5	97.4	83.7	75.3	99.5	116.7	119.2	123.8	117.6	
H2011976	115.4	123.1	118.5	108.1	93.5	82.4	84.3	95.4	109	129.3	123.8	128.6	
H2011977	128.8	125.8	119.1	114.2	100.4	81.3	85.2	92.6	117	128.1	123.1	121.8	
H2011978	117	126.3	127.6	125.4	100.6	87	79.1	89.2	103.9	104.6	111.3	111.2	
H2011979	117.7	113.3	115.7	107.5	95.3	77.8	91.2	86.7	102	114	114.1	114.1	
H2011980	112.2	121.9	115.4	104.5	85.8	84.7	88	90.1	95.8	98.5	106.8	110.3	
H2011981	108.5	105.5	105.6	91	69.2	73	72	102.2	98.8	100.5	113.2	101.6	
H2011982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H2011983	0	0	132.8	132.8	100.2	92.9	80.4	95.2	103.9	109.2	109.1	102.3	
H2011984	108.1	119.1	112.8	100.9	93.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
H2011987	-1	-1	-1	-1	-1	-1	83.8	108.3	123.3	129.8	133.2	-1	
H2011988	-1	127.9	123.7	115.4	100.8	77.3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
H2011989	-1	-1	-1	-1	-1	-1	73.9	96.3	-1	128.9	118.7	126.7	
H2011990	123.5	119.3	118.8	112.7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
H2011991	128.2	127.3	62.1	114.2	100.6	57.5	67.8	87.8	108	117.8	120	96	
H2011992	126.3	129.5	-1	-1	-1	-1	-1	89.7	118.5	122.2	123.6	128.1	
H2011993	120.9	123.1	120.3	120.1	102.5	80	85.5	94.5	114.3	126.5	127.7	127.9	
H2011994	121.2	116.3	121.4	109.6	99.8	79	78	91	123.1	127.4	133.1	130.1	
H2011995	128.6	126.4	122.5	119.8	101.3	86.1	92.2	108.5	118.5	139.4	134.8	125.9	
H2011996	121.8	130.6	127.1	119	104.8	77.9	78.8	103.1	118.5	133.3	131.5	126.4	
H2011997	122.8	122.8	122	112.5	94.3	80.8	87.3	100	125.9	135.4	131.4	135.6	
H2011998	140.1	143.5	135.4	124.7	89	83.8	76.2	98.6	110.5	127.4	126.5	122.1	
H2011999	125.3	117.6	119.1	115.9	97.3	73.4	65.6	86.7	102.9	114.3	121	122.9	
H2012000	119	121.3	113	111.3	94.9	76.6	75.7	96.9	111.4	115.8	122.1	119.1	
H2012001	116.4	117.6	122.6	106.7	93.1	80.9	78.1	83.6	113.9	124.8	130.7	125.3	
H2012002	124.9	124.1	125.7	112.5	92	83.9	76.1	91.2	110.4	124	128.9	129.7	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 9: Completación y extensión de dato hidrometeorológica

1966	68.01	106.06	193.26	100.37	38.91	2.75	3.60	0.38	15.65	25.71	25.88	60.01	640.59
1967	96.57	164.49	136.16	86.97	30.14	2.62	3.82	1.32	25.15	25.52	49.89	96.18	718.83
1968	134.15	148.28	184.87	88.79	35.31	4.75	2.49	0.17	9.61	71.07	55.67	87.78	822.94
1969	130.02	159.08	126.86	66.30	21.90	4.27	0.91	1.02	11.48	20.29	46.47	84.45	673.05
1970	143.51	157.11	237.82	59.40	26.23	2.59	0.50	0.07	5.17	14.68	19.46	65.47	732.01
1971	117.17	171.04	235.31	82.91	24.32	4.30	2.20	0.83	2.09	10.38	33.13	83.62	767.30
1972	208.12	256.06	197.96	81.65	14.98	6.50	1.68	0.50	8.39	36.23	37.15	97.78	947.00
1973	205.85	227.33	208.83	76.36	28.67	2.93	1.38	2.29	19.86	24.60	50.61	80.53	929.24
1974	219.61	204.14	135.06	111.03	33.93	11.16	10.01	30.88	9.29	17.87	32.41	63.80	879.19
1975	169.99	204.13	139.70	97.99	40.12	8.41	1.07	0.56	13.32	33.47	51.59	141.71	902.06
1976	165.95	154.74	170.43	97.01	35.92	7.97	2.58	8.48	30.61	4.14	10.07	73.79	761.69
1977	88.34	178.94	163.21	59.29	16.61	3.32	0.90	2.43	14.18	22.44	45.07	67.77	662.50
1978	207.90	165.20	171.30	92.50	17.80	2.70	0.00	0.00	0.60	39.20	55.40	43.00	795.60
1979	172.50	99.60	228.50	79.70	10.50	8.00	0.70	0.20	0.00	35.50	46.70	72.70	754.60
1980	148.43	94.28	227.66	61.58	26.68	2.56	0.00	1.51	24.11	70.44	23.73	66.72	747.70
1981	189.00	274.50	111.40	118.00	51.80	6.20	1.70	35.60	6.40	34.90	18.40	72.90	920.80
1982	147.20	146.70	237.40	90.80	26.50	1.40	3.47	0.40	70.80	46.00	41.00	31.50	843.17
1983	58.00	134.60	128.10	85.00	21.50	7.10	3.70	0.00	18.10	8.60	13.00	42.70	520.40
1984	207.30	229.20	325.50	91.70	14.90	8.00	8.50	6.60	1.20	82.20	77.60	119.60	1172.30
1985	54.20	171.00	252.30	146.20	9.90	11.80	0.00	3.30	12.40	21.60	59.60	179.90	922.20
1986	135.70	175.80	148.00	67.20	12.20	0.00	1.20	8.30	2.70	16.20	19.50	191.80	778.60
1987	195.70	93.40	73.20	48.00	18.80	2.80	8.10	12.10	2.40	14.40	17.70	48.20	534.80
1988	241.60	145.60	146.90	69.10	26.20	2.20	0.00	0.60	3.10	15.30	54.10	64.40	769.10
1989	117.78	163.41	201.04	58.71	29.18	4.43	0.00	0.00	5.90	22.92	25.22	42.15	670.74
1990	150.99	132.13	87.60	98.64	33.59	19.79	0.00	0.00	0.00	21.45	82.54	213.27	840.00
1991	104.70	143.20	191.30	64.40	23.20	22.30	0.80	6.41	2.20	22.50	64.30	27.80	673.11
1992	61.60	186.86	156.58	91.03	30.26	0.18	0.00	28.67	0.00	7.38	51.75	147.37	761.68
1993	191.40	62.20	143.70	79.60	45.80	10.00	4.40	11.50	16.50	33.00	61.30	88.70	748.10
1994	251.40	238.10	169.60	133.90	74.90	2.90	0.00	0.00	18.60	16.80	19.10	67.50	992.80
1995	148.30	192.50	246.90	40.50	21.00	0.80	0.60	15.40	16.80	7.70	50.80	107.50	848.80
1996	181.70	242.90	86.10	142.00	74.00	4.30	0.00	4.00	5.10	1.70	29.10	65.50	836.40
1997	185.80	251.10	161.90	57.10	23.30	4.10	4.40	39.60	51.60	3.50	25.00	70.10	877.50
1998	159.90	181.30	100.20	29.50	18.50	12.80	6.90	0.30	1.20	13.80	70.60	150.20	745.20
1999	149.20	285.20	216.20	77.70	16.80	10.20	8.50	0.30	23.00	28.10	20.40	112.80	948.40
2000	207.80	238.40	184.20	27.50	19.20	1.10	1.40	9.70	28.70	69.10	22.30	90.80	900.20
2001	263.60	317.70	193.00	134.40	49.70	2.70	18.10	8.10	12.20	6.60	27.30	125.10	1158.50
2002	139.50	237.80	234.90	92.50	22.50	3.50	6.30	8.68	6.60	26.40	31.30	100.80	910.78
2003	154.20	163.60	215.70	54.20	27.90	6.60	0.00	1.00	13.40	10.40	37.70	95.80	780.50
2004	135.70	159.10	187.90	72.10	28.80	3.70	9.40	15.10	7.30	9.90	9.60	34.40	673.00
2005	122.70	201.70	128.40	112.10	14.60	4.10	0.00	0.00	8.40	13.70	11.80	135.90	753.40
2006	222.50	195.70	199.10	60.70	6.80	3.10	1.40	0.00	10.10	19.10	50.30	67.00	835.80
2007	148.70	140.90	153.40	74.30	20.10	4.60	2.40	0.00	6.70	27.10	30.10	64.10	672.40
2008	189.80	153.40	99.00	64.80	4.50	3.70	3.30	0.50	7.70	11.80	22.10	83.90	644.50
2009	93.70	176.40	157.90	151.20	26.60	11.00	8.70	2.60	3.20	8.60	29.60	23.40	692.90
2010	129.00	161.90	164.40	66.90	36.80	10.10	2.40	10.40	1.80	20.70	34.30	126.90	765.60
2011	179.30	221.60	130.10	142.90	32.56	7.62	3.89	9.01	11.10	13.60	43.66	110.58	905.92
2012	156.09	173.76	162.25	77.99	23.46	0.11	0.00	3.73	46.43	15.23	2.09	88.83	749.97
2013	151.80	175.40	219.20	76.20	17.50	8.90	2.40	1.00	8.10	11.40	25.60	70.20	767.70
2014	139.50	156.60	155.10	81.70	21.80	7.90	0.20	0.10	11.50	17.50	44.80	68.10	704.80
2015	140.00	138.40	201.90	108.90	28.50	3.20	2.30	0.40	17.20	30.50	34.40	80.40	786.10
2016	143.70	142.20	165.40	61.20	25.20	4.40	0.40	2.10	2.50	18.50	50.40	71.00	687.00
2017	106.40	152.90	176.80	86.60	26.10	3.20	1.10	1.00	3.50	27.00	47.40	87.60	719.60
2018	114.70	233.10	158.90	80.80	16.50	3.40	1.20	2.70	5.60	45.10	41.70	95.90	799.60
PROM	153.67	178.36	173.86	84.03	26.69	5.62	2.76	5.57	12.38	23.77	37.52	87.34	791.59

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido

Fuente: Elaboración propia



4.1.2. Determinación de valores medios de la cuenca alta del río Apurímac

En el proceso de interpolación, se ha considerado el análisis de 11 estaciones de las que 8 estaciones son cercanas a la cuenca y los 3 estaciones dentro de la cuenca, que por los resultados del programa Hydraccess se obtiene, primero por el método de polígonos de Thiessen, la inversa del cuadrado de la distancia y Kriging, cuyos resultados gráficos se observan en las siguientes figuras; el método de inversa de cuadrados consiste en predecirnos que, en cualquier punto en la cuenca, su valor dependerá del conjunto de valores de las estaciones observadas, donde cada una de ellas tiene una influencia dependiente de la inversa de su distancia a ese punto y finalmente, por el método de Kriging, se observa que cada punto en evolución del espacio dentro de la cuenca está influenciado por las estaciones próximas en función de su distancia y su rumbo, de este modo se puede observar la influencia del color generando isolíneas de incremento conforme va incrementándose la altitud; esta tendencia se encuentra hacia el noreste.

Para determinar los valores medios de la cuenca se utilizó en software Hydraccess que tiene incluido dentro del software los métodos de media aritmética, polígonos de Thiessen, IDW y Kriging. Se tomó los valores medios para la cuenca el promedio de los cuatro métodos ya mencionados podemos observar la operación realizada en la figura 18.

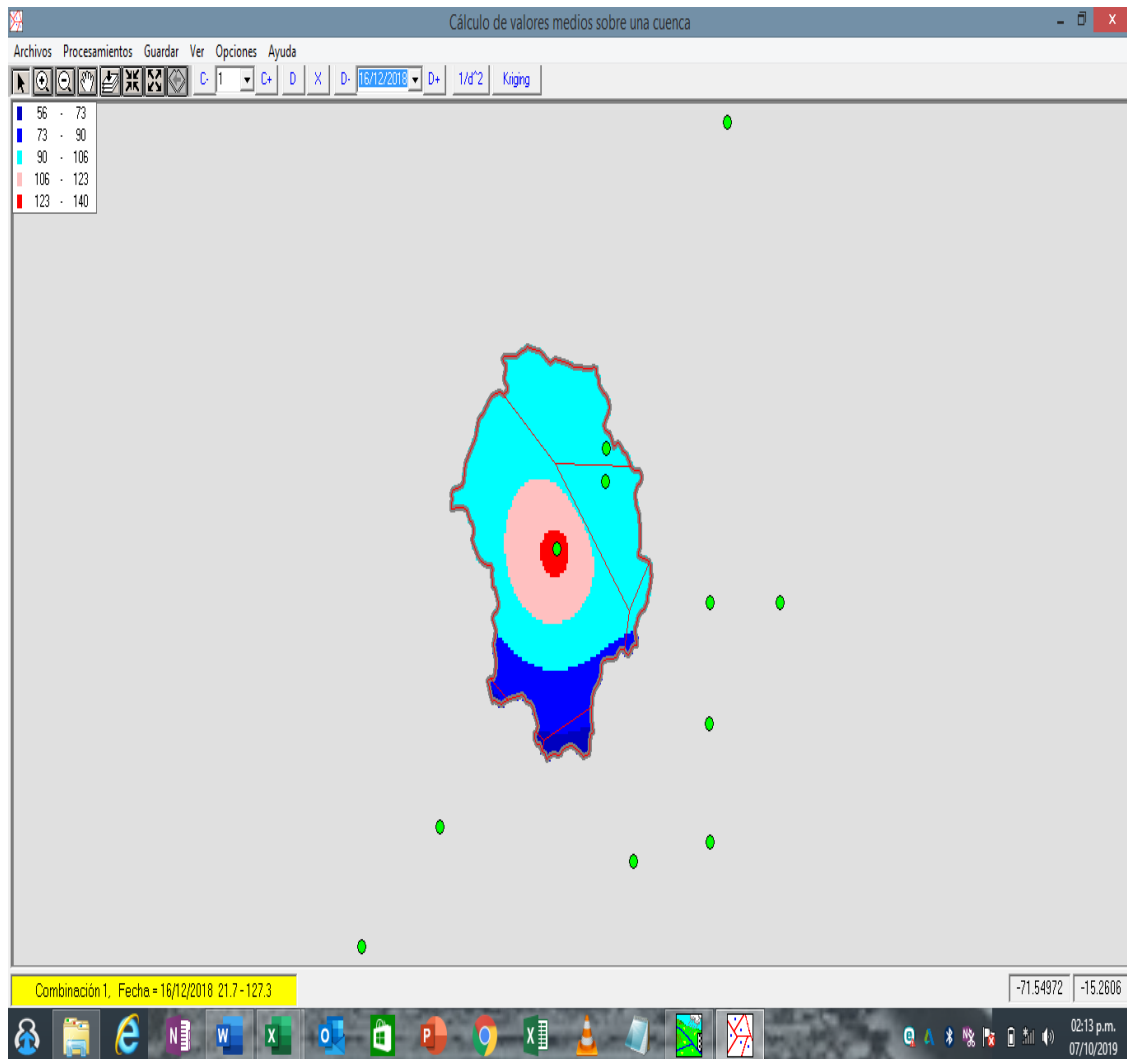


Figura 18: Determinación de valores medios de la cuenca del río Apurímac con software hydraccess durante el procesamiento
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Determinación de valores medios de la subcuenca del río Cañipia

En el proceso de interpolación, se ha considerado el análisis de 9 estaciones, las 8 estaciones son cercanas a la subcuenca y solo uno dentro de la subcuenca, que por los resultados del programa hydraccess se puede visualizar en la figura 19.

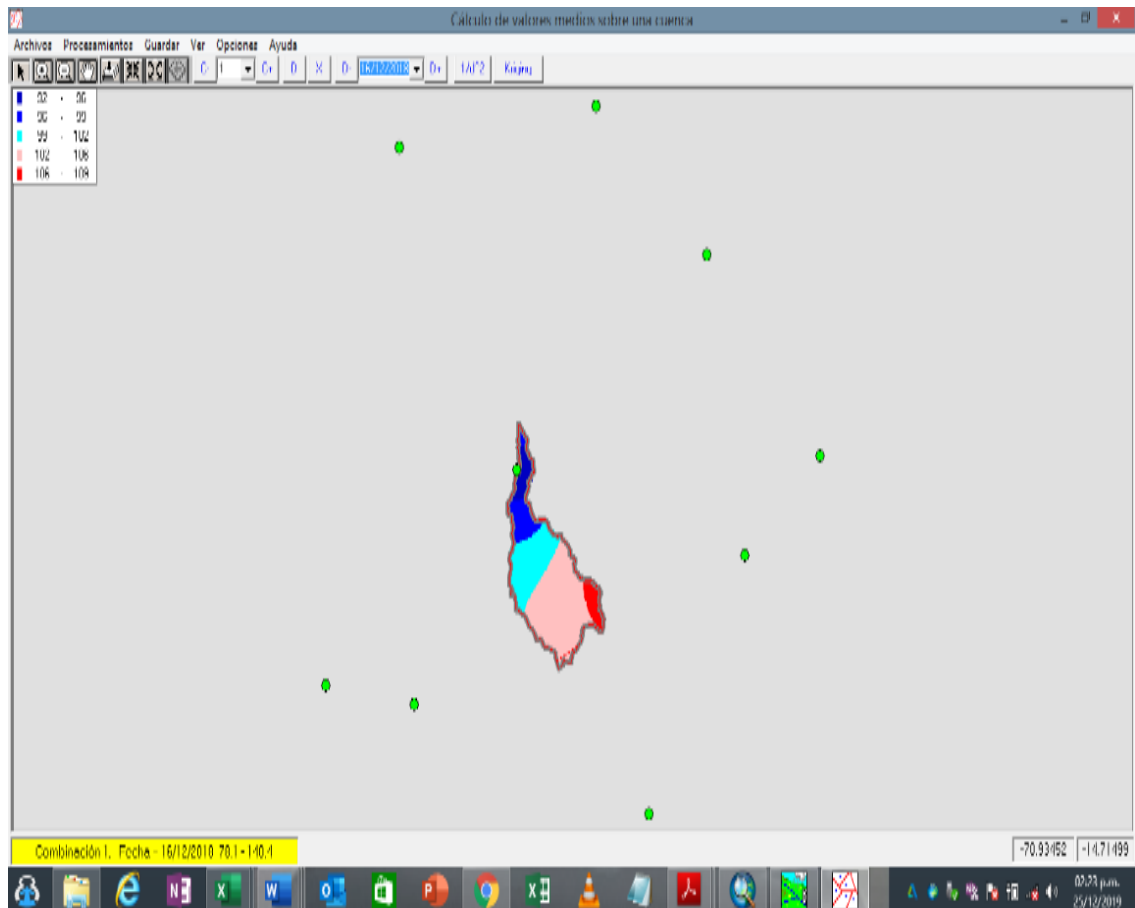


Figura 19: Determinación de valores medios de la subcuenca del río Cañipia con software Hydraccess durante el procesamiento
Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Determinación de la precipitación media de la cuenca alta del río Apurimac

El cálculo de la precipitación media se ha determinado mediante el software hydraccess los resultados obtenidos para la cuenca alta del río Apurimac, el resultado es el promedio de los siguientes métodos y se muestra en la tabla 10.

- Media Aritmética
- Thiessen
- Distancias inversas
- Kriging



4.1.5. Proceso determinación de la evapotranspiración potencial

Para Gutiérrez (1989), la metodología utilizada para el cálculo de la evapotranspiración potencial fue la herramienta computacional denominada PETP V2.0.0., permite calcular y analizar a través de la formulas empíricas, empleadas a escala global y es importante cuantificar la cantidad de agua que evapora y transpira un cultivo, desde la superficie humedad, se muestra en la tabla 11.



Tabla 10: Precipitación media de la cuenca alta del río Apurímac

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	150.23	126.60	144.70	65.30	8.20	1.30	2.53	3.43	14.83	16.50	44.03	104.83	682.50
1966	135.13	159.67	170.30	41.67	18.37	1.07	0.90	3.00	12.70	18.87	44.53	65.77	671.97
1967	107.50	147.10	176.40	48.90	16.20	0.73	2.07	1.13	20.67	23.93	19.97	92.63	657.23
1968	155.63	179.57	185.63	46.67	9.57	1.67	1.23	5.67	10.00	41.83	44.50	92.80	774.77
1969	121.13	145.30	168.50	53.17	6.93	2.93	2.30	4.23	18.17	21.87	71.60	92.13	708.27
1970	139.83	159.80	78.17	22.67	13.30	0.57	5.23	0.77	22.37	29.00	13.23	94.93	579.87
1971	124.73	189.83	125.47	40.47	13.73	1.33	0.47	0.97	0.47	8.43	21.17	121.97	649.03
1972	219.20	172.77	227.90	62.17	8.13	1.63	1.23	0.77	34.17	47.93	31.33	114.40	921.63
1973	218.87	184.77	204.37	88.90	11.43	0.73	3.77	9.53	26.93	17.50	59.03	92.13	917.97
1974	285.53	219.97	84.10	72.67	7.70	14.87	3.33	49.10	6.83	6.53	22.40	87.90	860.93
1975	181.00	243.13	180.37	39.60	30.57	2.30	0.33	2.17	11.23	38.47	15.73	183.80	928.70
1976	185.83	154.27	187.87	57.73	17.37	3.83	3.13	8.60	55.80	2.70	3.23	61.40	741.77
1977	62.33	235.40	156.47	17.33	5.80	0.70	1.97	0.53	25.27	30.33	88.43	75.73	700.30
1978	256.03	80.43	78.00	57.23	3.87	3.90	1.10	0.67	4.87	29.20	77.37	67.30	659.97
1979	127.37	57.63	167.60	32.77	3.53	1.60	0.63	5.03	0.13	41.70	60.17	94.70	592.87
1980	105.70	64.80	194.50	26.30	5.10	0.57	5.53	2.70	14.03	67.33	13.80	66.57	566.93
1981	172.53	209.10	77.07	47.60	11.30	1.23	0.47	40.13	8.87	26.43	45.33	88.07	728.13
1982	151.00	93.00	175.80	89.23	9.27	0.43	0.77	2.47	64.73	83.57	161.47	56.83	888.57
1983	111.13	144.80	142.77	70.73	7.07	1.53	0.77	0.10	61.07	30.97	10.17	75.03	656.13
1984	242.77	313.13	303.80	38.00	11.93	3.67	2.80	9.63	1.20	82.53	168.87	146.70	1325.03
1985	42.73	249.63	157.40	100.53	9.23	20.00	0.17	10.57	22.43	4.80	56.20	148.40	822.10
1986	202.23	199.77	174.03	85.33	9.57	0.10	0.70	16.30	10.83	13.43	21.93	164.53	898.77
1987	251.30	56.87	48.53	31.13	7.37	2.97	14.07	11.43	1.93	30.20	17.37	43.50	516.67
1988	253.87	116.07	184.37	60.90	19.47	0.50	0.67	0.43	3.30	30.27	11.00	73.60	754.43
1989	135.67	168.93	191.67	26.10	13.87	13.50	0.43	1.97	3.57	7.97	21.17	27.60	612.43
1990	176.93	59.10	89.67	49.57	15.20	37.33	1.63	7.93	9.90	64.27	102.17	180.27	793.97
1991	128.10	128.80	138.40	50.63	16.17	24.77	2.23	2.10	6.13	24.43	73.13	62.60	657.50
1992	94.17	89.70	66.13	27.93	5.90	3.23	1.53	37.47	1.33	23.50	39.40	95.80	486.10
1993	216.57	73.23	148.37	94.10	19.53	4.17	1.47	14.83	9.73	55.30	102.27	98.33	837.90
1994	251.87	220.57	121.60	62.10	18.43	1.47	0.50	0.33	9.07	4.67	26.73	84.83	802.17
1995	127.70	122.87	221.00	27.40	11.13	0.83	0.40	5.07	15.67	14.33	43.77	102.03	692.20
1996	183.93	223.97	89.93	82.20	19.03	4.37	0.13	10.30	9.40	9.60	27.90	85.50	746.27
1997	196.87	200.00	109.60	28.33	11.20	0.93	0.87	31.07	63.53	6.93	44.57	89.83	783.73
1998	215.50	126.83	90.50	16.23	3.77	3.17	1.37	3.67	0.43	6.97	41.70	103.20	613.33
1999	154.83	269.43	178.77	85.63	9.73	10.47	1.67	1.67	32.93	56.27	13.17	95.97	910.53
2000	218.27	204.20	159.47	24.17	14.43	2.30	0.83	9.40	9.70	67.90	23.83	110.13	844.63
2001	267.57	285.43	198.30	99.27	20.70	2.00	10.50	7.73	11.77	15.83	11.07	53.47	983.63
2002	110.13	256.67	161.17	76.87	17.00	3.53	27.03	1.73	15.03	30.57	77.87	125.80	903.40
2003	137.07	153.67	146.87	52.50	23.73	3.17	0.60	8.60	9.33	11.57	17.53	79.30	643.93
2004	211.17	158.83	121.00	41.70	8.10	0.90	6.17	6.20	20.40	8.77	12.27	75.17	670.67
2005	118.23	159.90	122.07	43.87	7.07	2.97	1.03	3.80	24.57	16.47	13.07	136.77	649.80
2006	213.23	158.50	189.80	38.53	7.53	1.27	0.33	5.53	29.83	38.97	43.43	101.83	828.80
2007	166.13	140.27	153.57	56.60	12.37	1.23	2.00	0.90	8.90	21.53	46.03	81.27	690.80
2008	241.07	160.80	134.93	30.93	9.50	1.37	2.23	9.37	5.43	17.67	10.53	81.43	705.27
2009	113.67	171.13	129.23	67.63	6.83	3.37	5.57	1.27	12.53	16.43	42.53	71.97	642.17
2010	168.50	162.60	136.67	33.40	29.50	2.57	0.77	7.47	12.77	11.83	26.10	179.60	771.77
2011	137.63	210.90	163.27	54.73	9.23	1.63	2.00	4.43	12.57	25.30	46.60	98.00	766.30
2012	176.80	269.93	195.07	50.43	7.40	0.30	0.27	3.03	18.17	21.97	63.27	115.63	922.27
2013	202.80	132.13	92.40	39.33	7.47	2.43	0.93	4.90	8.33	24.73	44.20	112.33	672.00
2014	166.97	189.13	181.13	44.47	9.20	1.83	0.43	2.30	20.47	25.83	35.23	102.43	779.43
2015	165.20	139.20	173.03	65.60	13.53	2.10	0.70	6.47	15.07	21.10	13.80	106.37	722.17
2016	175.93	118.37	123.27	38.83	11.73	1.00	0.33	4.67	8.83	23.90	24.63	65.77	597.27
2017	127.57	159.83	154.57	59.50	9.97	1.17	0.87	3.53	11.43	19.17	39.83	99.83	687.27
2018	148.40	182.93	147.07	53.80	7.03	0.73	0.57	1.57	6.47	28.17	59.10	104.73	740.57
PROM	169.48	166.69	150.42	52.21	11.88	3.89	2.44	7.38	16.22	27.15	42.77	96.92	747.46

Fuente: Elaboracion propia



Tabla 11: Evapotranspiración potencial calculado por software PETP V0.0.0.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	134.67	116.32	110.09	84.07	58.89	37.97	42.21	59.09	86.86	112.37	123.52	135.83	1101.89
1966	137.77	118.19	111.48	79.22	57.36	41.04	47.99	61.61	84.32	117.34	125.23	133.77	1115.32
1967	135.36	117.26	109.74	82.7	62.62	42.68	43.65	62.02	88.98	113.45	119.7	129.57	1107.73
1968	132.23	116.32	108.34	77.8	56.59	48.45	60.93	66.74	82.1	114.52	124.55	132.38	1120.95
1969	134.67	117.26	112.86	84.07	56.2	41.87	53.91	70.5	87.57	115.23	125.9	136.51	1136.55
1970	138.11	120.03	113.55	86.78	61.89	45.81	46.74	63.23	89.68	114.87	125.57	135.14	1141.4
1971	137.77	117.26	112.52	84.07	56.2	42.28	47.16	62.42	83.96	106.47	121.1	134.8	1106.01
1972	137.43	120.03	114.57	86.45	61.15	41.46	48.81	64.81	92.8	118.04	131.57	137.87	1154.99
1973	140.82	122.77	118.63	91.44	65.17	44.66	46.74	65.2	89.68	118.73	130.91	135.83	1170.58
1974	137.43	119.42	113.55	86.78	59.27	43.08	50.81	61.61	89.68	114.52	126.58	132.73	1135.46
1975	132.93	113.49	112.17	84.75	63.36	48.07	45.88	60.37	79.82	113.45	125.23	131.68	1111.2
1976	133.28	115.7	111.13	82.01	60.4	45.05	49.62	65.97	88.98	113.09	121.1	133.42	1119.75
1977	138.11	116.01	112.17	84.75	58.89	42.28	51.99	65.97	87.57	116.64	126.92	133.42	1134.72
1978	133.63	119.11	111.13	87.12	62.62	47.33	45.45	67.12	86.14	114.16	126.92	135.49	1136.22
1979	134.67	117.88	112.52	83.73	60.03	48.45	50.41	64.81	90.38	117.34	129.59	132.73	1142.54
1980	137.43	118.49	111.83	84.07	60.4	46.57	51.2	65.97	89.68	118.73	128.59	133.07	1146.03
1981	135.71	116.32	112.17	82.36	61.15	41.87	48.4	64.81	85.42	116.99	130.25	136.51	1131.96
1982	136.4	117.57	111.83	82.36	57.36	43.88	50.02	66.36	89.68	118.73	129.25	135.83	1139.27
1983	140.82	119.11	116.27	89.45	65.53	46.57	51.6	71.6	91.42	115.93	124.89	134.11	1167.3
1984	135.02	116.32	112.17	86.11	64.81	48.07	49.62	67.12	85.05	120.46	128.59	134.11	1147.45
1985	136.4	117.26	113.55	87.12	65.17	48.81	46.74	67.88	91.08	115.23	125.9	134.8	1149.94
1986	136.74	116.63	111.48	86.45	58.89	47.33	46.31	65.97	89.33	114.52	125.9	136.85	1136.4
1987	139.13	118.8	113.55	86.11	63.36	45.81	50.41	69.38	88.63	118.04	130.25	138.21	1161.68
1988	139.13	120.03	113.89	88.12	66.25	46.95	51.2	70.13	92.11	116.64	126.92	135.49	1166.86
1989	136.74	116.95	112.52	86.45	65.17	50.28	50.02	67.5	90.73	118.39	124.21	134.8	1153.76
1990	135.71	115.7	111.48	85.43	63.72	48.45	50.02	68.26	87.92	119.43	130.25	134.8	1151.17
1991	139.13	119.42	113.2	86.78	63.72	45.05	48.81	68.26	88.63	116.64	125.9	133.07	1148.61
1992	136.4	118.8	112.17	85.09	63.36	48.07	48.4	65.97	88.28	115.58	125.23	135.14	1142.49
1993	134.67	115.7	112.17	87.12	64.09	46.95	51.2	66.74	89.33	117.69	129.92	139.23	1154.81
1994	136.4	116.95	113.89	87.45	65.17	46.19	50.41	68.26	90.38	117.69	129.25	138.55	1160.59
1995	141.16	118.8	112.86	85.77	62.62	48.45	53.91	72.33	93.49	119.08	128.59	135.83	1172.89
1996	136.74	118.19	112.86	65.13	66.25	46.95	50.02	71.23	90.03	118.39	126.92	135.83	1138.54
1997	136.4	116.63	111.83	83.39	63.36	45.43	53.15	69.01	94.17	121.15	130.91	138.89	1164.32
1998	142.5	124.88	118.63	89.45	63.36	50.28	54.29	72.33	91.08	119.08	128.92	136.51	1191.31
1999	138.79	116.63	114.23	86.45	66.25	47.7	51.6	69.38	90.03	120.12	124.89	135.49	1161.56
2000	136.4	117.88	112.52	87.45	65.89	48.07	51.2	70.87	91.42	116.29	126.58	134.8	1159.37
2001	135.71	117.57	113.2	86.11	65.53	50.64	53.15	68.26	92.8	119.08	130.58	135.14	1167.77
2002	139.13	119.73	114.23	87.12	67.32	53.15	53.53	69.76	92.46	120.12	130.58	136.85	1183.98
2003	140.15	120.34	113.89	87.12	65.89	47.7	53.91	68.26	88.98	116.64	128.92	137.53	1169.33
2004	137.43	120.03	113.89	87.79	61.52	46.57	51.6	70.13	93.14	118.39	129.92	138.55	1168.96
2005	138.79	118.8	115.59	87.79	63.72	45.05	55.05	67.5	90.73	118.73	129.59	137.19	1168.53
2006	136.74	120.95	115.93	89.45	62.99	49.18	51.6	72.33	90.03	120.12	131.57	138.21	1179.1
2007	139.47	120.03	115.25	89.79	66.97	52.08	53.91	72.7	94.85	119.08	128.59	135.49	1188.21
2008	138.45	119.11	112.86	84.41	59.65	48.81	51.99	69.01	89.33	120.12	131.24	137.53	1162.51
2009	138.45	120.03	113.89	88.12	64.81	45.81	53.91	67.12	92.8	120.46	132.55	140.24	1178.19
2010	141.16	123.07	117.96	90.12	67.32	53.86	54.67	72.33	92.8	118.73	128.26	137.19	1197.47
2011	138.79	119.11	116.27	88.46	66.97	49.55	50.41	67.12	87.21	117.34	129.25	136.85	1167.33
2012	137.77	119.11	113.55	87.79	61.52	47.33	51.99	70.87	91.42	118.39	129.25	136.51	1165.5
2013	137.77	118.8	113.55	87.45	61.89	47.33	51.99	69.01	90.38	116.64	129.25	136.85	1160.91
2014	138.11	120.03	114.57	87.79	63.72	45.81	49.62	65.59	90.73	116.99	127.59	134.8	1155.35
2015	137.43	117.57	111.13	82.01	60.03	48.07	47.57	65.59	87.21	116.99	127.25	135.49	1136.34
2016	136.4	117.57	114.23	87.79	62.26	46.57	52.37	66.36	91.77	117.69	127.92	135.83	1156.76
2017	137.43	118.19	113.89	87.79	63.72	48.45	51.99	68.64	88.63	116.64	125.57	135.14	1156.08
2018	135.71	117.26	113.55	87.79	65.89	48.81	52.76	70.13	92.11	118.04	128.92	137.53	1168.5
Éto prom	137.251667	118.359444	113.277407	85.7137037	62.7451852	46.7218519	50.6083333	67.4359259	89.5146296	117.133519	127.653704	135.666852	1152.08222

Fuente: Elaboracion propia

4.1.6. Proceso de calibración del modelo hidrológico GR2M

En el modelo hidrológico GR2M, a paso mensual, se generan tres procesos fundamentales, los cuales se han seguido en el análisis de aplicación a la cuenca alta del río Apurímac la calibración, la validación del modelo y la sensibilidad de los parámetros.

Para el primer caso, en la parte de la calibración del modelo, se usó el programa Solver, incorporado dentro del programa Excel, los datos esenciales para nuestra cuenca abarcan 1291.09649 km², con un periodo de llenado de tanque de 12 meses y un periodo de calibración de 420 meses, que corresponde del año 1966 al año 2000.

Tabla 12: Proceso de calibración del modelo hidrológico GR2M

Nom du bassin		CUENCA LA ANGOSTURA	
Superficie du bassin (km²)		1291.096487	
Paramètres modèle		Transf.	Réels
x1: Capacité rés. production (mm)		6.38	592.75
x2: Paramètre d'échange (mm)		1.11	1.11
Valeurs initiales			
Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)		296.38	
Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)		30	
Période			
Longueur de la période de mise en route (mois)		12	
Durée de la période test (mois)		420	
Date de départ		01/1966	
Date de fin		12/2000	
Moyenne des pluies observées (mm/mois)		62.6	
Moyenne des ETP observées (mm/mois)		95.4	
Moyenne des débits observés (mm/mois)		17.0	
Moyenne des racines des débits observés		3.7	
Moyenne des log des débits observés		2.5	
Critères d'efficacité (%)			
Nash(Q)		84.6	
Nash(VQ)		76.5	
Nash(ln(Q))		57.1	
Bilan		94.5	

Fuente: Elaboración propia



Los resultados que nos arroja el modelo en el proceso de calibración con la optimización del programa solver son más aceptables, dado que el valor del Nash obtenido en este proceso tiene una eficiencia del 84.6 % aplicado a un periodo de 420 meses, como se observa en la tabla 2; al mismo tiempo que el valor de los parámetros se modifican cada vez que se va ajustando la calibración hasta obtener parámetros óptimos).

$$X_1 = 6.38$$

$$X_2 = 1.11$$

$$\text{Nash} = 84.6\%$$

4.1.7. Hidrógrafa de lluvia, caudales observados y simulados

Asimismo, se observa que los flujos simulados, respecto a los observados, guarda una buena correlación, sin embargo, se observa algunos resultados no muy satisfactorios en siete periodos, siendo tres de ellos muy pronunciados: Abr-66 ($Q_{\text{sim}} = 50.56$ y $Q_{\text{obs}} = 24.21$), Ene-80 ($Q_{\text{sim}} = 8.73$ y $Q_{\text{obs}} = 22.44$), May-93 ($Q_{\text{sim}} = 7.94$ y $Q_{\text{obs}} = 16.56$), en el resto de los periodos, explica su proceso de generación de lluvia en caudales

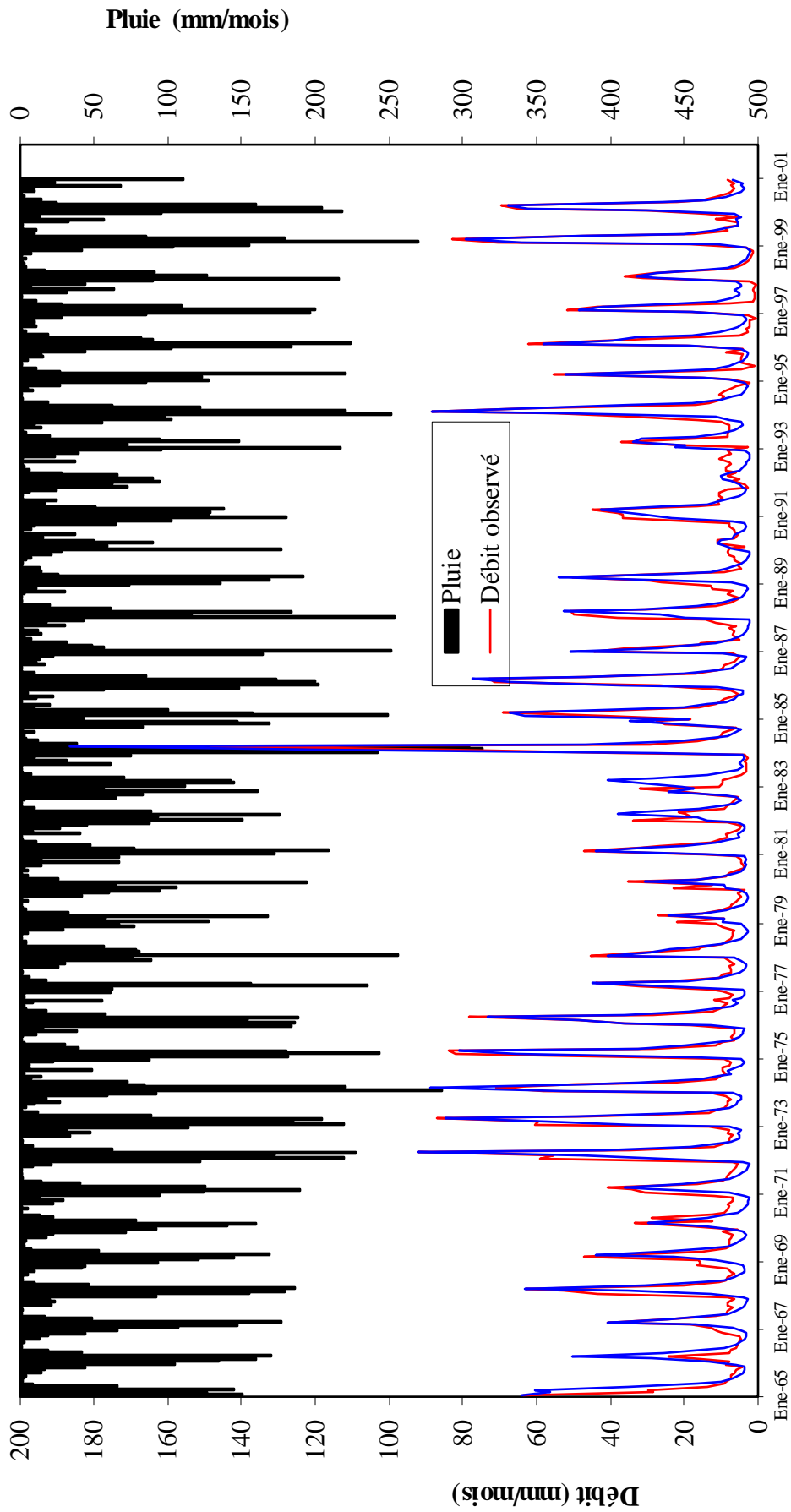


Figura 20: Hidrograma de lluvias, caudales simulados y observados

Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Evolución del nivel “S” del reservorio de producción.

Se considera la distribución a partir de 1965, donde observa los cambios en la velocidad de llenado de la producción de tanques, por lo que se observa poca estabilidad en el modelo, donde las variaciones “S”, al principio del periodo en evaluación, están influenciadas generalmente por las precipitaciones.

Los datos se muestran en la figura 21 el histograma donde en los años 1965, 1968, 1972, 1973, 174, 1975, 1976, 184, 1985, 1986, 1994, 1999 Y 2000, las precipitaciones superan 250 mm. De igual modo en los años 1967, 1970, 1971, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1987, 1988 Y 1989, las precipitaciones son inferiores a 100mm. Y en el año 1998 la precipitación es igual a 50 mm.

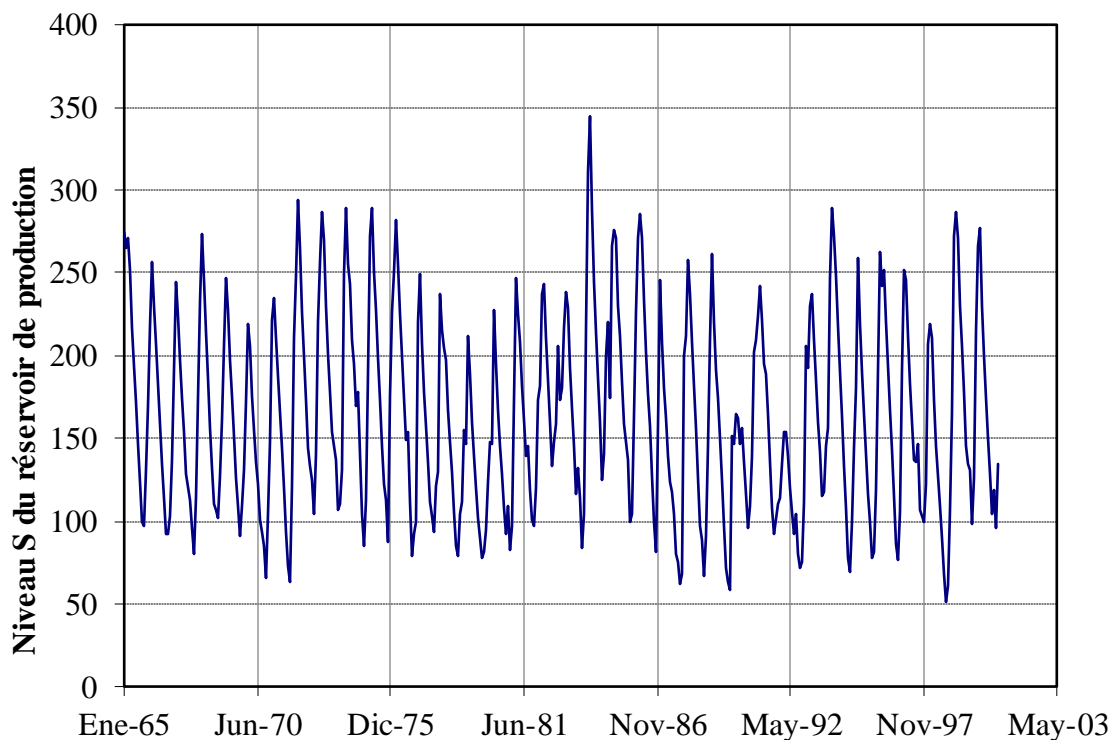


Figura 21: Evolución del nivel “S” del reservorio de producción

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia

Se observa el comportamiento del reservorio de transferencia, donde el nivel R presenta una alta dispersión de datos, los cuales varían entre 10 y 50 mm, registrándose el mayor valor en marzo del año 1984 aproximándose la precipitación a 50 mm y el menor valor corresponde a noviembre del 1998 la precipitación un valor de 10 mm; al igual que “S”, también presenta los mismos periodos de tendencia, donde los mayores valores corresponden a las épocas del mes de Marzo, es decir, épocas de mayor precipitación.

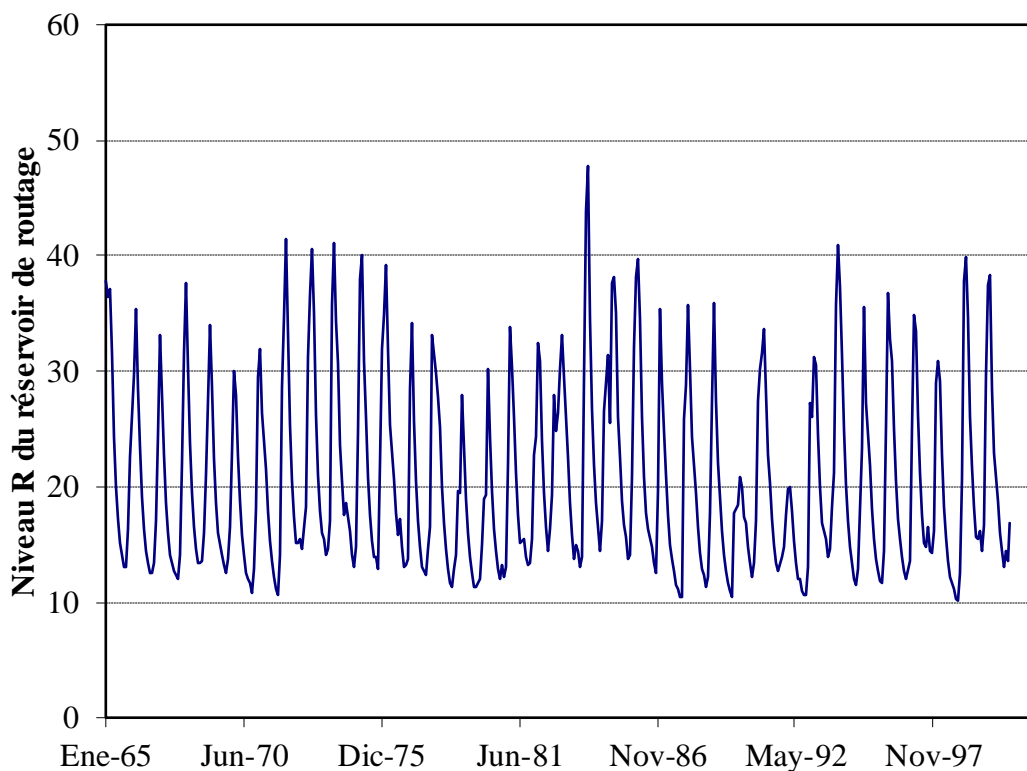


Figura 22: Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia

Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Línea de tendencia y coeficiente R^2 .

Para el periodo de calibración, el coeficiente de determinación R^2 , el cual toma un valor aceptable de 0.8361, lo que explica que se cumple la relación ecuacional de $Q_{sim} = a + b * Q_{obs}$, como línea de tendencia.

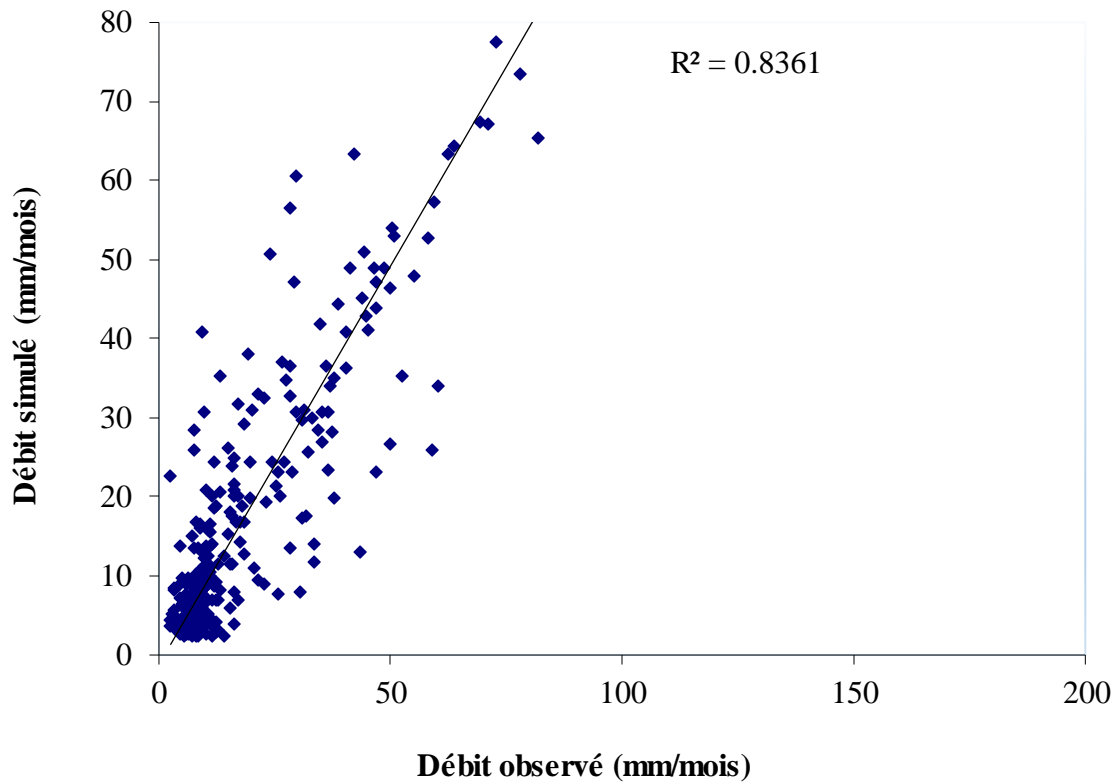


Figura 23: Línea de tendencia y coeficiente R^2
Fuente: Elaboracion propia

4.1.11. Validación del modelo GR2M

Para la validación del modelo, usamos los parámetros determinados en la calibración, con 1/3 de la data posterior al periodo de calibración, esto nos va a permitir validar la utilización del modelo GR2M en la cuenca alta del río Apurimac, para este proceso, el periodo de validación corresponde a 216 meses, es decir, 1/3 de la data en estudio, el resultado del Nash, en este proceso, resultó con una eficiencia alta del 84.3%, manteniéndose los parámetros $X_1 = 6.38$ y el $X_2 = 1.11$. Asimismo, los resultados son bastante aceptables, dado que los caudales simulados se ajustan a los caudales observados en todo este periodo, esto es un reflejo de los periodos de la generación de lluvias, por lo cual el modelo es válido y aplicable para esta cuenca.

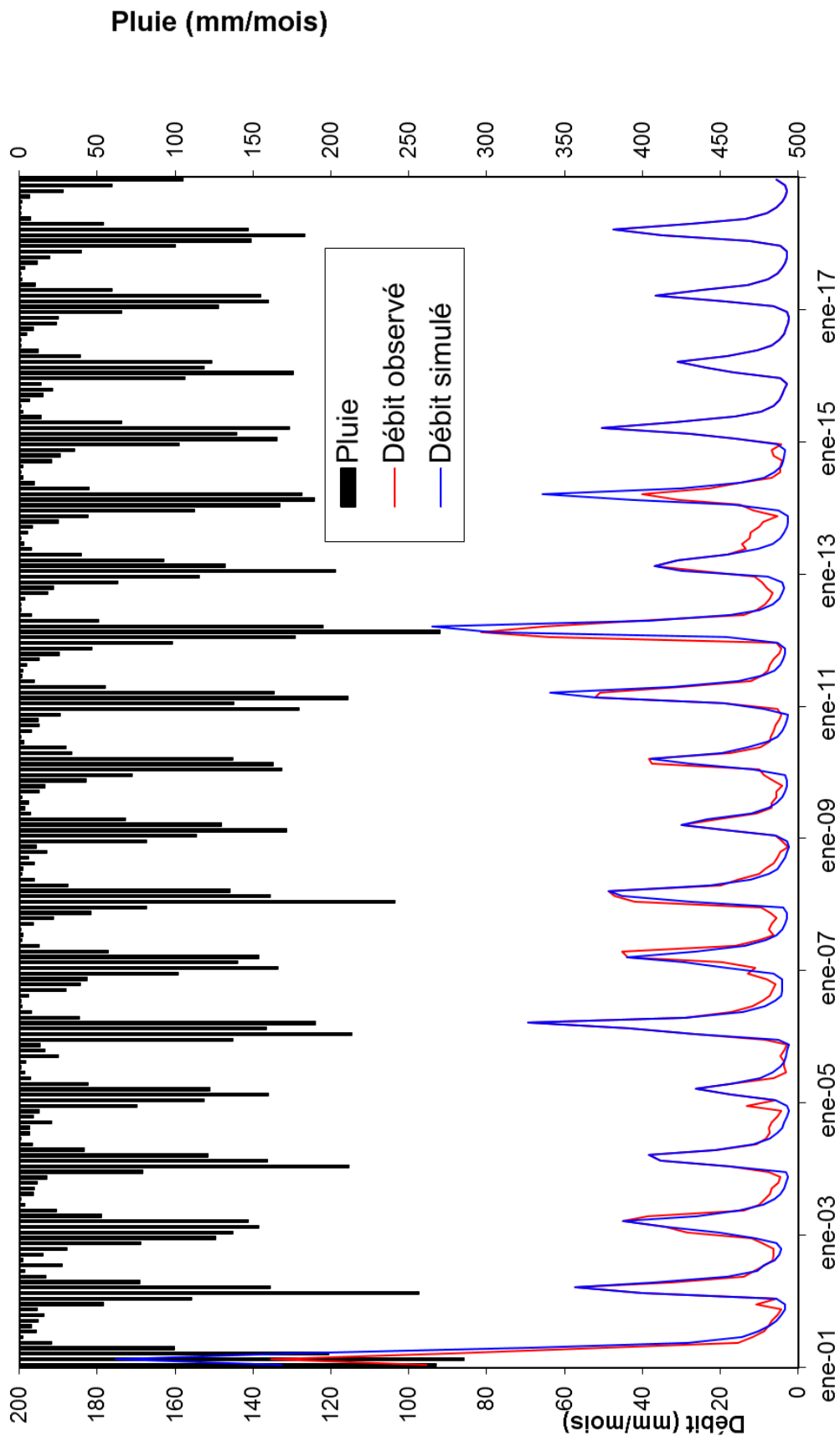


Figura 24: Histograma correspondiente al periodo de validación

Fuente: Elaboración propia

4.1.12. Línea de tendencia y coeficiente R^2 , periodo de validación.

Los resultados estadísticos de la línea de tendencia con la ecuación lineal de los caudales simulados, en función de los valores observados, mantienen una alta correlación de 0.9084, por lo que nos indica que si existe validez del modelo.

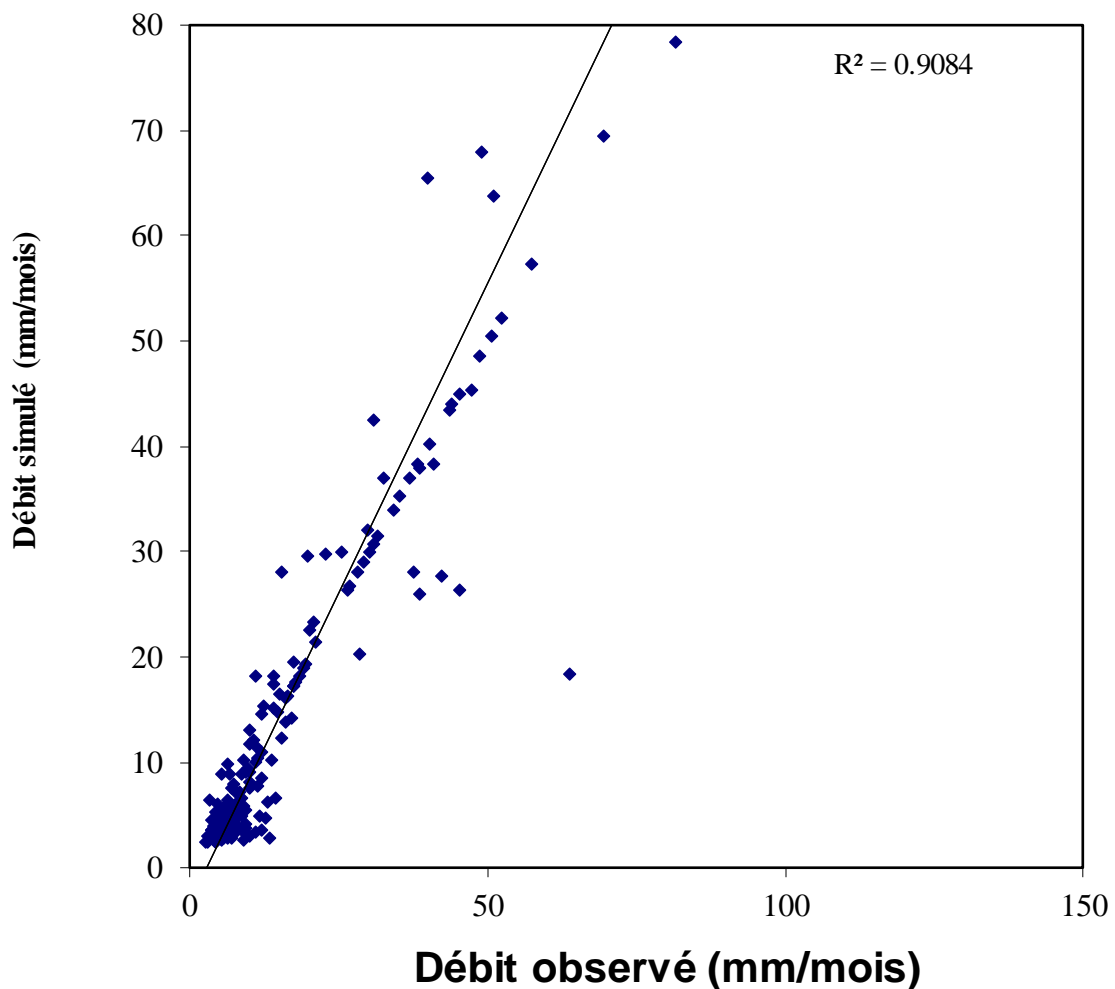


Figura 25: Línea de tendencia y coeficiente R^2 , periodo de validación
Fuente: Elaboracion propia

4.1.13. Evolución del nivel “S” del reservorio de producción.

Se considera la distribución a partir de 2001, donde observa los cambios en la velocidad de llenado de la producción de tanques, por lo que se observa poca estabilidad en el modelo, donde las variaciones “S”, al principio del periodo en evaluación, están influenciadas generalmente por las precipitaciones.

Los datos se muestran en la figura 26 el histograma donde en el año 2001 la precipitación es superior a 300 mm. En los años 2006, 2011, 2012 y 2014, las precipitaciones superan 250mm. De igual modo en los años 2001, 2002, 2004, 2008, 2010, 2015 y 2016, las precipitaciones son inferiores a 100mm.

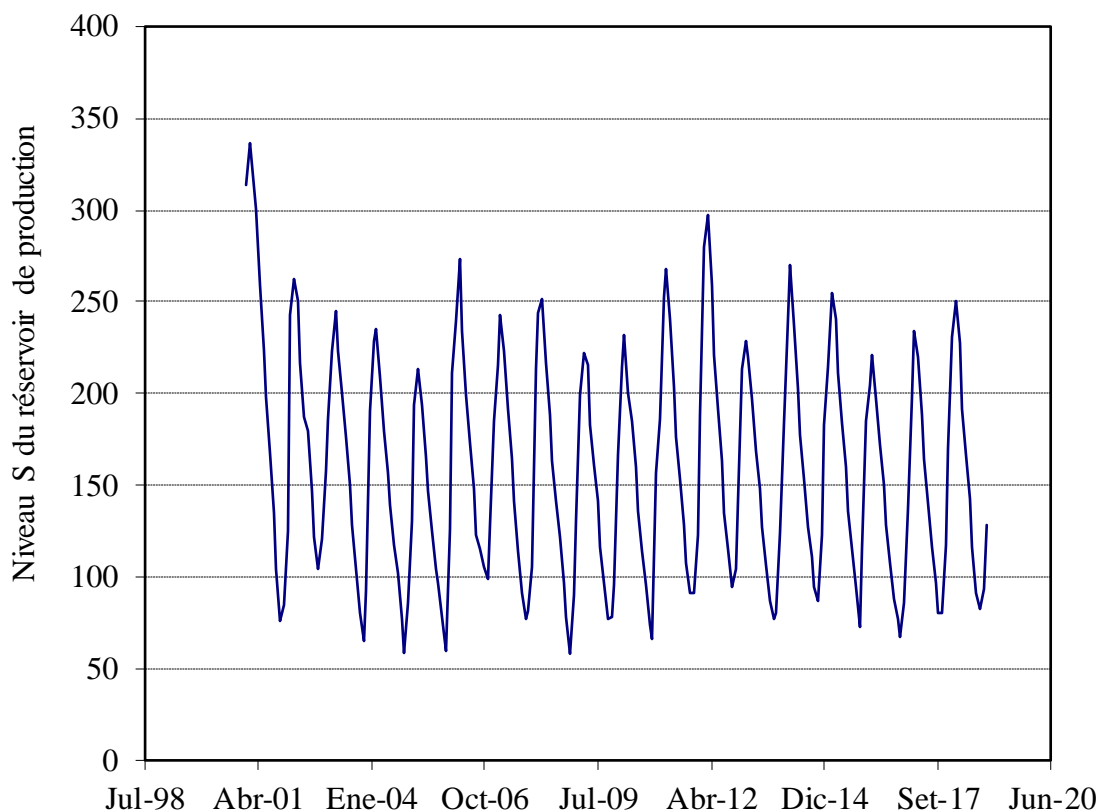


Figura 26: Evolución del nivel S del reservorio de producción

Fuente: Elaboración propia

4.1.14. Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia

Se observa el comportamiento del reservorio de transferencia, donde el nivel R presenta una alta dispersión de datos, los cuales varían entre 10 y 50 mm, registrándose el mayor valor en febrero del año 2001 superando la precipitación a 45 mm y el menor valor correspondiente a los años 2001, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2016 y 2018, la precipitación son inferiores al valor de 15 mm; al igual que “S”, también

presenta los mismos periodos de tendencia, donde los mayores valores corresponden a las épocas del mes de febrero y marzo, es decir, épocas de mayor precipitación.

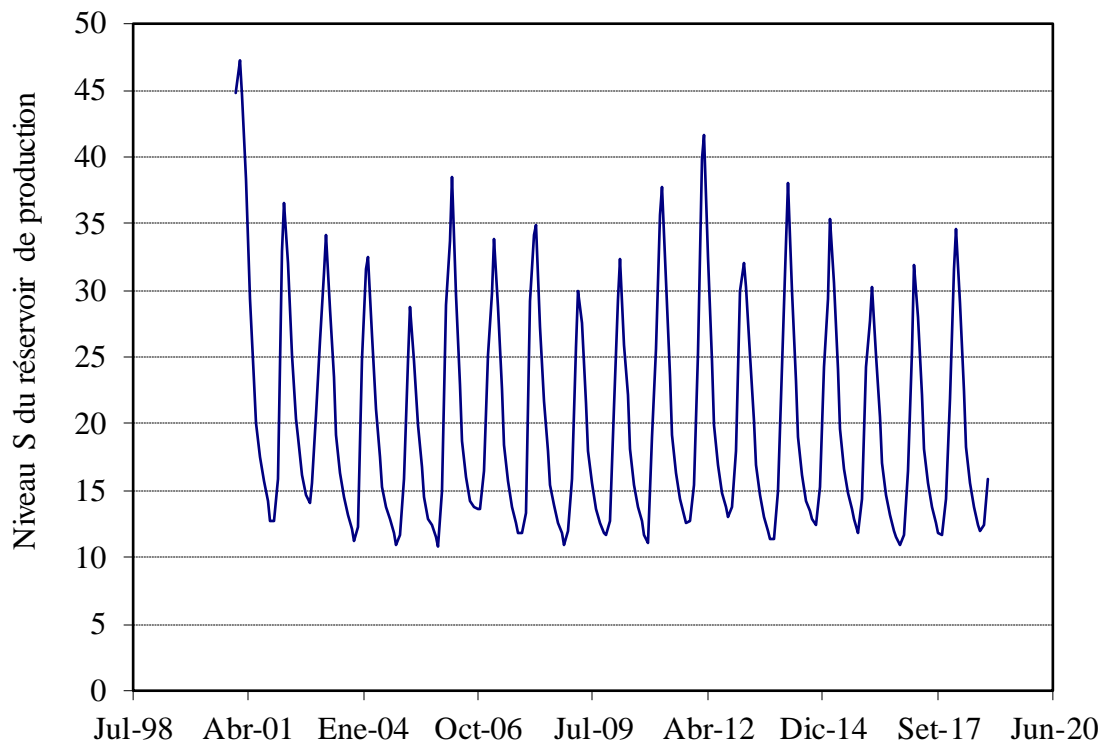


Figura 27: Evolución del nivel R del reservorio de transferencia
Fuente: Elaboración propia

4.1.15. Generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañipia

Los datos que se muestran en la figura 29 y 30, donde en los años 1965 y 1994 meses de febrero, los caudales superan $5 \text{ m}^3/\text{s}$. De igual modo casi todos años desde 1965 al 2018 en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, los caudales son inferiores a $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En la figura 31 siguiente se puede observar una comparación de caudales medios mensuales observados de la cuenca alta del río Apurímac y caudales medios mensuales generados para la subcuenca del río Cañipia, la que se simuló con los datos de precipitación media areal y evapotranspiración perteneciente a la subcuenca del río Cañipia y seguidamente se puede ver los datos inconsistentes en los años 1980, 1982 y



1983, el caudal medio mensual observado es mayor que el caudal medio mensual simulado. Caso contrario sucede en los años 2013, 2015 y 2017, el caudal medio mensual simulado es mayor que el caudal medio mensual observado.



Tabla 13: Caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipia

CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS													
Departamento:	Cusco												
Provincia:	Espinar												
Distrito:	Yauri												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	PROM
1965	4.07	5.09	3.93	2.37	1.05	0.65	0.43	0.30	0.26	0.23	0.24	0.50	1.59
1966	0.91	2.62	3.34	1.84	1.35	0.77	0.48	0.33	0.26	0.29	0.33	0.46	1.08
1967	0.93	2.18	2.77	2.05	1.13	0.67	0.43	0.31	0.31	0.34	0.31	0.68	1.01
1968	2.34	4.30	4.60	1.91	0.98	0.64	0.42	0.30	0.24	0.27	0.48	0.53	1.42
1969	1.66	3.15	3.02	1.87	0.90	0.58	0.38	0.27	0.23	0.24	0.38	0.47	1.10
1970	1.21	2.76	2.53	1.36	0.89	0.54	0.36	0.25	0.22	0.20	0.18	0.47	0.91
1971	1.00	3.05	3.06	2.04	0.95	0.59	0.39	0.28	0.21	0.20	0.21	0.48	1.04
1972	2.66	3.55	3.34	2.28	0.99	0.61	0.40	0.29	0.26	0.24	0.29	0.49	1.28
1973	1.85	3.48	3.79	2.61	1.09	0.64	0.41	0.30	0.26	0.25	0.33	0.54	1.30
1974	2.15	4.64	2.41	1.97	0.93	0.61	0.39	0.47	0.35	0.30	0.28	0.36	1.24
1975	1.03	2.76	3.38	2.08	2.22	1.06	0.60	0.39	0.31	0.32	0.29	0.80	1.27
1976	2.06	3.86	4.27	2.28	1.14	0.72	0.44	0.31	0.34	0.25	0.20	0.21	1.34
1977	0.33	1.70	2.76	1.37	0.68	0.43	0.28	0.20	0.18	0.15	0.36	0.54	0.75
1978	3.04	3.44	1.89	1.76	0.81	0.49	0.31	0.22	0.18	0.19	0.32	0.62	1.11
1979	1.33	1.23	1.80	1.38	0.70	0.44	0.29	0.22	0.17	0.20	0.29	0.63	0.72
1980	0.93	1.05	1.81	0.92	0.52	0.35	0.24	0.18	0.19	0.26	0.26	0.35	0.59
1981	1.47	3.75	3.16	2.47	1.11	0.67	0.43	0.41	0.31	0.29	0.33	0.68	1.26
1982	1.48	1.57	1.58	1.50	0.74	0.48	0.32	0.23	0.34	0.45	1.07	0.95	0.89
1983	1.13	2.38	3.05	2.42	1.11	0.67	0.42	0.29	0.32	0.27	0.21	0.41	1.06
1984	1.39	4.43	4.94	1.90	0.99	0.61	0.39	0.35	0.25	0.33	0.66	1.14	1.45
1985	1.08	2.11	2.04	1.88	0.88	0.70	0.43	0.29	0.24	0.19	0.27	0.46	0.88
1986	0.92	2.45	3.28	2.47	1.09	0.65	0.42	0.40	0.32	0.28	0.23	0.43	1.08
1987	2.64	1.58	1.03	0.82	0.54	0.46	0.45	0.38	0.34	0.32	0.37	0.50	0.79
1988	2.74	3.89	3.82	2.24	1.02	0.60	0.38	0.26	0.20	0.17	0.15	0.26	1.31
1989	0.70	1.50	2.39	1.79	0.82	0.51	0.32	0.24	0.19	0.16	0.15	0.19	0.75
1990	0.88	1.24	1.33	1.19	0.65	0.48	0.31	0.23	0.18	0.26	0.39	0.78	0.66
1991	1.26	1.69	1.01	0.78	0.50	0.48	0.31	0.22	0.24	0.21	0.23	0.30	0.60
1992	0.69	1.55	1.69	1.13	0.59	0.39	0.26	0.26	0.20	0.21	0.28	0.31	0.63
1993	1.75	1.84	2.22	2.09	0.92	0.56	0.36	0.28	0.22	0.31	0.85	1.46	1.07
1994	3.14	5.33	4.92	2.67	1.30	0.73	0.45	0.31	0.26	0.20	0.23	0.34	1.66
1995	0.84	1.66	3.34	2.14	0.94	0.56	0.36	0.26	0.21	0.20	0.20	0.36	0.92
1996	1.02	2.57	2.09	1.93	1.02	0.59	0.37	0.30	0.24	0.20	0.20	0.33	0.91
1997	1.73	4.00	3.09	1.95	0.89	0.54	0.35	0.32	0.34	0.25	0.35	0.58	1.20
1998	1.78	2.60	1.87	0.92	0.49	0.33	0.22	0.17	0.13	0.13	0.15	0.17	0.75
1999	0.47	2.42	3.39	3.15	1.20	0.70	0.43	0.30	0.32	0.35	0.32	0.64	1.14
2000	1.54	3.26	3.54	1.69	0.83	0.53	0.34	0.27	0.21	0.28	0.25	0.58	1.11
2001	7.91	8.86	8.43	4.35	2.00	1.03	0.64	0.44	0.32	0.26	0.22	0.24	2.89
2002	0.41	2.64	3.24	2.08	1.09	0.63	0.45	0.31	0.30	0.33	0.43	0.78	1.06
2003	1.62	3.66	4.57	1.95	0.93	0.57	0.36	0.26	0.26	0.19	0.22	0.42	1.25
2004	1.53	2.56	2.03	1.31	0.66	0.42	0.30	0.25	0.23	0.19	0.19	0.29	0.83
2005	0.48	1.69	1.87	1.27	0.63	0.40	0.27	0.20	0.16	0.17	0.18	0.45	0.65
2006	2.82	2.92	3.72	1.95	0.87	0.56	0.36	0.27	0.23	0.24	0.30	0.50	1.23
2007	0.86	1.42	2.00	1.47	0.74	0.45	0.30	0.21	0.19	0.17	0.17	0.30	0.69
2008	1.19	1.71	1.29	0.68	0.40	0.28	0.20	0.15	0.12	0.11	0.10	0.19	0.53
2009	0.34	1.12	1.42	1.14	0.61	0.39	0.26	0.19	0.15	0.14	0.38	0.66	0.57
2010	1.45	2.64	2.30	1.32	0.75	0.46	0.30	0.22	0.17	0.14	0.13	0.41	0.86
2011	0.87	3.35	3.03	2.29	1.06	0.62	0.39	0.30	0.29	0.22	0.28	0.65	1.11
2012	1.61	4.49	4.57	2.89	1.25	0.71	0.44	0.31	0.25	0.22	0.26	0.63	1.47
2013	1.51	3.04	3.26	1.88	0.95	0.58	0.38	0.27	0.25	0.25	0.26	0.40	1.09
2014	1.09	2.43	2.29	1.62	0.77	0.49	0.32	0.23	0.20	0.18	0.20	0.33	0.85
2015	1.02	2.21	2.81	1.71	0.82	0.51	0.33	0.23	0.19	0.18	0.19	0.35	0.88
2016	0.95	2.37	2.54	1.79	0.83	0.51	0.33	0.24	0.19	0.17	0.22	0.39	0.88
2017	0.98	2.17	2.56	1.82	0.85	0.52	0.33	0.24	0.19	0.18	0.21	0.33	0.87
2018	1.10	3.00	3.22	1.78	0.83	0.51	0.33	0.24	0.20	0.18	0.21	0.32	0.99
Q promedio	1.55	2.83	2.92	1.86	0.93	0.57	0.37	0.28	0.24	0.23	0.29	0.49	1.05
PERCENTILES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	
Q25%	1.74	3.47	3.37	2.13	1.06	0.64	0.42	0.31	0.28	0.27	0.33	0.61	1.24
Q50%	1.23	2.61	2.92	1.88	0.90	0.56	0.36	0.27	0.24	0.22	0.26	0.46	1.05
Qmedio	1.55	2.83	2.92	1.86	0.93	0.57	0.37	0.28	0.24	0.23	0.29	0.49	1.05
Q75%	0.93	1.74	2.03	1.40	0.75	0.48	0.32	0.23	0.19	0.18	0.20	0.34	0.83
Q90%	0.69	1.52	1.61	1.13	0.59	0.41	0.27	0.21	0.17	0.16	0.17	0.27	0.65

Fuente: Elaboración propia

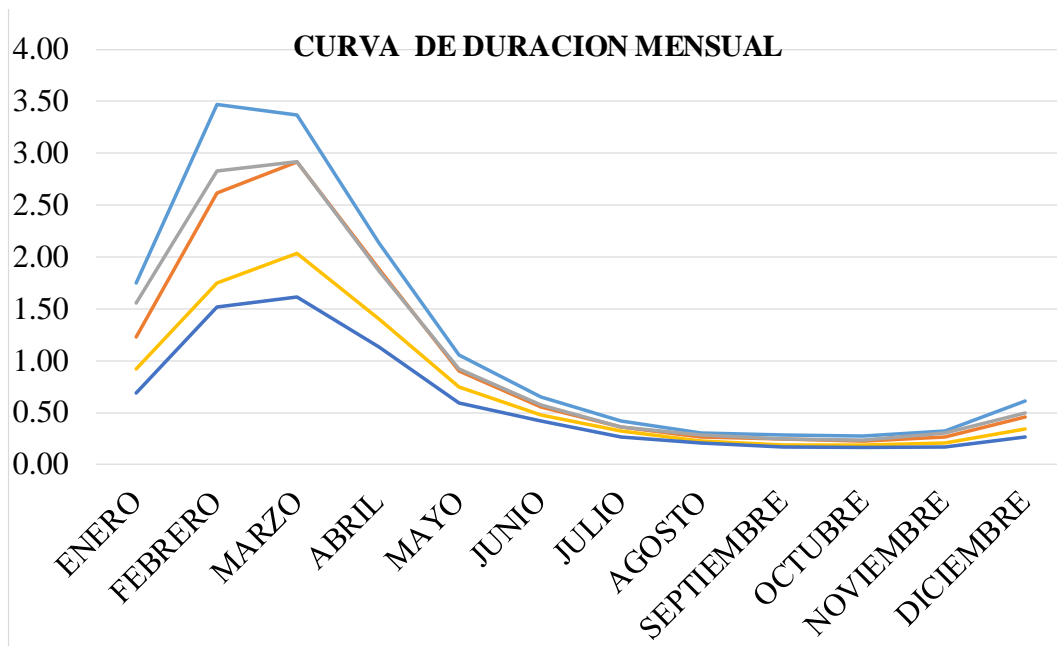


Figura 28: Curva de duración mensual
Fuente: Elaboración propia

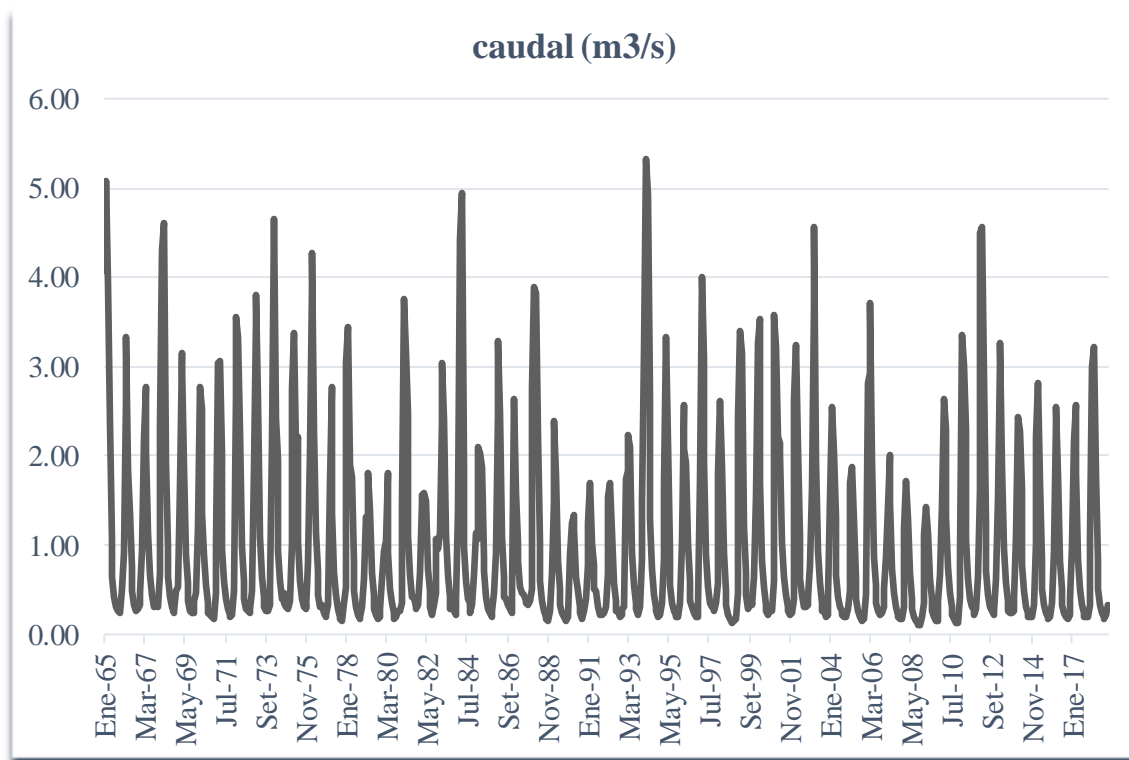


Figura 29: Serie de caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipia
Fuente: Elaboración propia

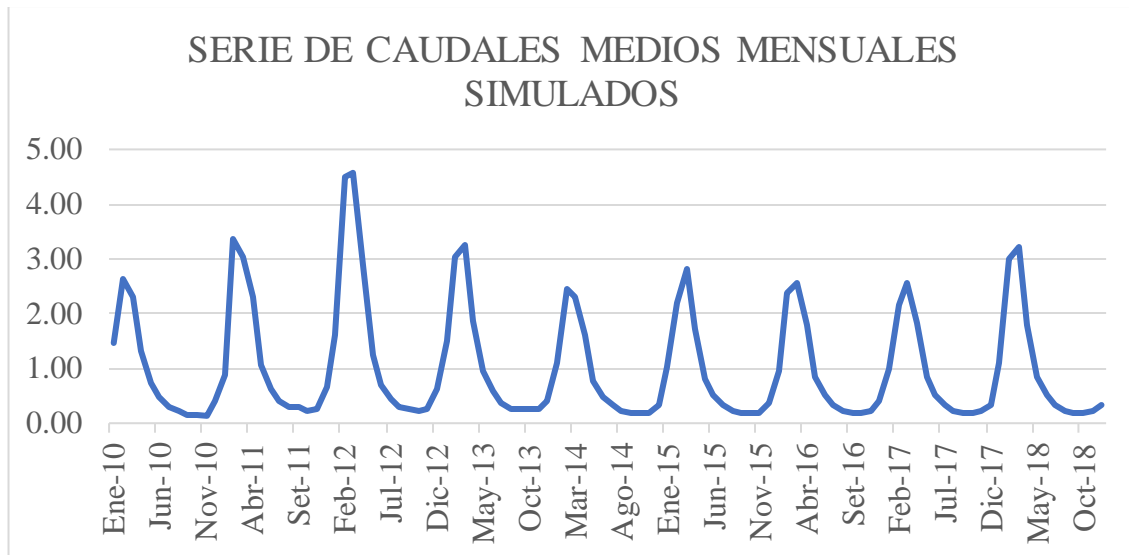


Figura 30: Serie de caudales medios mensuales simulados para la subcuenca del río Cañipa

Fuente: Elaboración propia

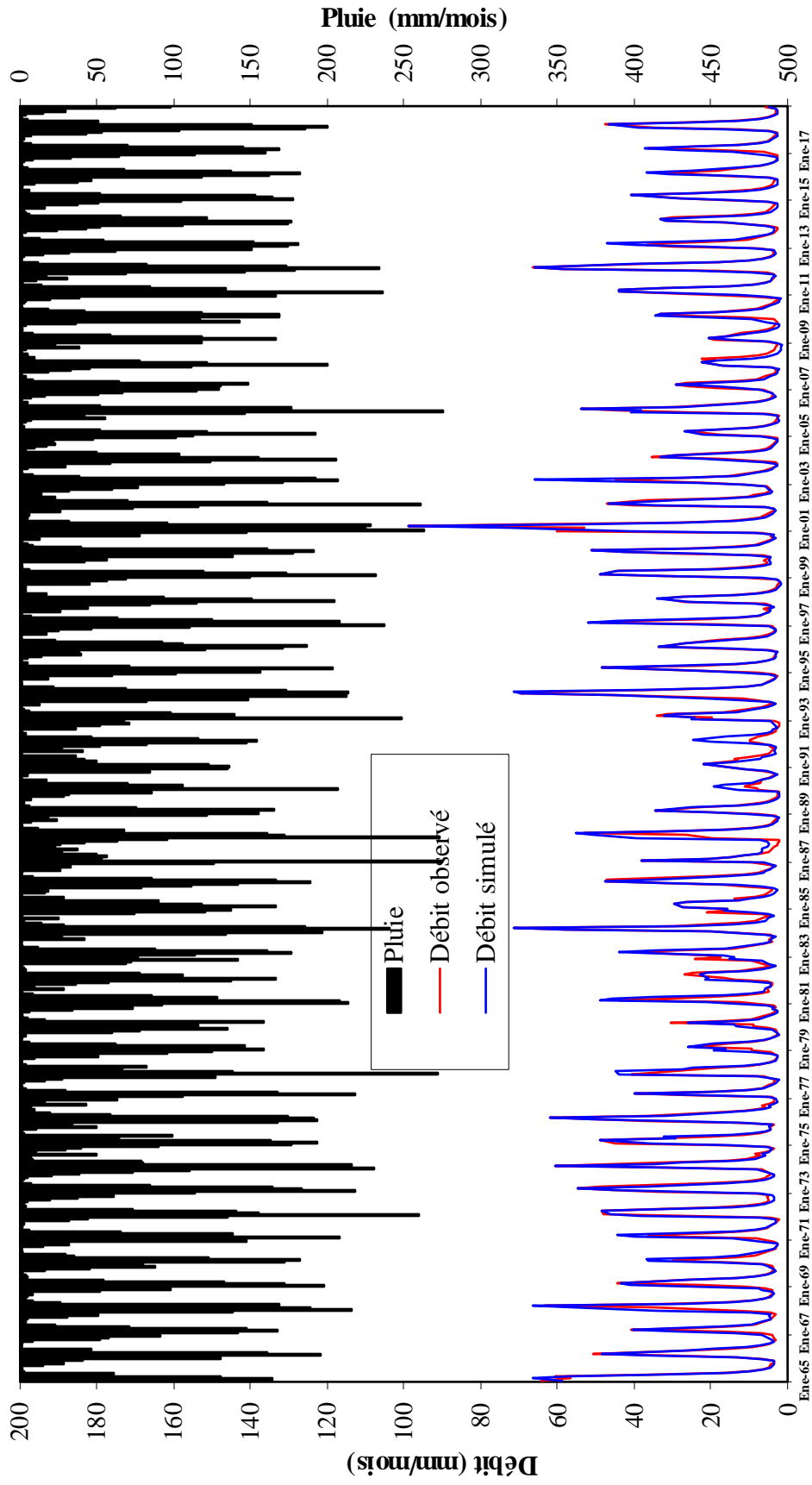


Figura 31: Comparación de caudales medios mensuales generados a través de la cuenca alta del río Apurímac ante simulados de la subcuenca del río Cañipia
Fuente: Elaboración propia



4.2. DETERMINACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DEL MODELO GR2M EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO APURÍMAC

Con las variaciones porcentuales pequeñas en cada uno de los valores de los parámetros, los resultados que se obtienen en este proceso nos demuestran que el parámetro X_2 por lo que es el parámetro que tiene mayor influencia en los resultados del modelo para nuestra cuenca; para ello variamos cada uno de los parámetros manteniendo el otro fijo, este proceso ha sido trabajado con los caudales generados durante todo el periodo de calibración del modelo, se observa la Tabla 14 de la sensibilidad para cada uno de los parámetros en estudio; la tendencia de uno de ellos disminuye con mayor rapidez a medida que se incrementan los porcentajes.

El análisis de sensibilidad mide cuanto puede llegar a afectar a los resultados de un modelo variaciones relativamente pequeñas en los valores de los parámetros. Este análisis permite: definir la importancia de cada parámetro, comprobar la lógica interna de un modelo (entender cómo funciona el modelo o por que no funciona correctamente y aprender más de cerca su funcionamiento) y detectar si el modelo este sobre parametrizado, es decir si existen parámetros a los que el modelo resulta insensible.

Para llevar a cabo el análisis de sensibilidad se ejecuta el modelo variando un parámetro específico, y los demás parámetros se mantienen fijos.

Para el análisis de sensibilidad de los parámetros X_1 y X_2 se utilizó los parámetros calculados en la etapa de calibración del modelo para la cuenca alta del río Apurímac periodo de referencia 1965 – 2000. Se utilizó hoja de cálculo de Excel.

Tabla 14: Datos del proceso de sensibilidad de parámetros X_1 y X_2

X_2	1.11		X_1	6.38	
%	X_2	NSE X_1	%	X_1	NSE X_2
25	1.39	32.2	25	7.98	64.70
20	1.33	51.7	20	7.66	70.60
15	1.28	66.2	15	7.34	75.60
10	1.22	76.3	10	7.02	80.10
5	1.17	82.3	5	6.70	83.60
0	1.11	84.6	0	6.38	84.60
-5	1.05	83.7	-5	6.06	80.20
-10	1.00	80.1	-10	5.74	65.80
-15	0.94	74.1	-15	5.42	35.30
-20	0.89	66.3	-20	5.10	-20.90
-25	0.83	56.9	-25	4.79	-116.50

Fuente: Elaboración propia

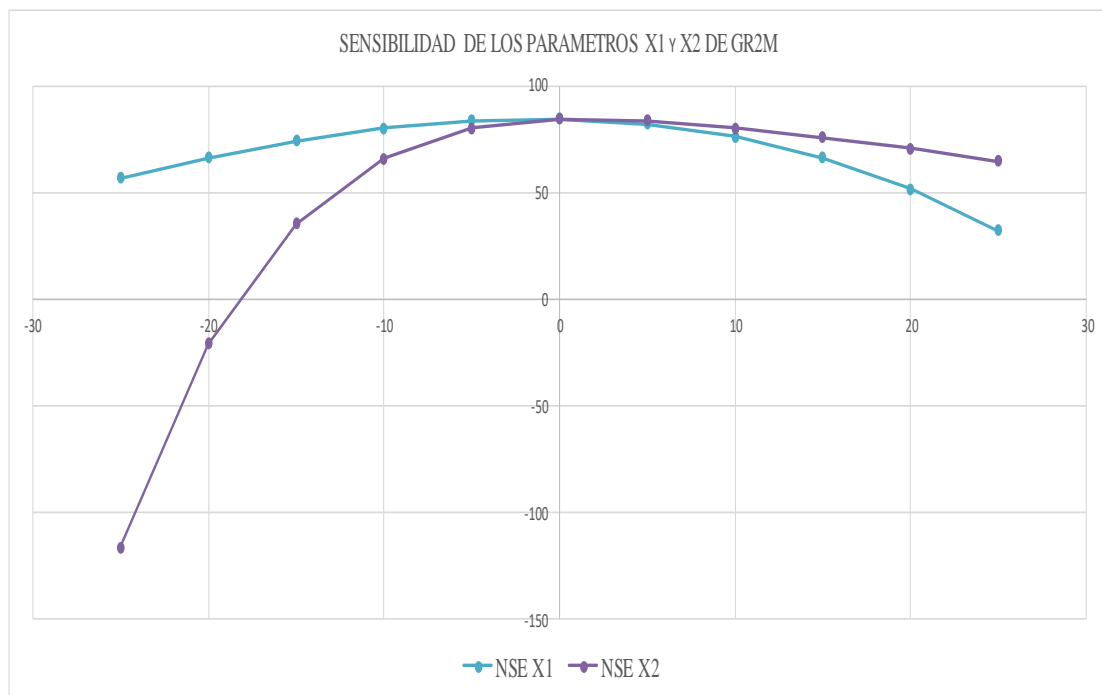


Figura 32: Análisis de sensibilidad X_1 y X_2 del modelo GR2M

Fuente: Elaboración propia



4.3. COMPARACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS RESPECTO A LOS CAUDALES OBSERVADOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIPIA, SITUADO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO APURÍMAC DE LOS AÑOS 2010 AL 2018.

En la comparación de caudales medios mensuales simulados respecto al caudal observado no coinciden, debido actualmente el riego por gravedad beneficia a más de 9 comités de usuarios de agua agrarios, que lo utilizan para bebederos de animales y riego para pastos naturales y también el influente más grande son los problemas ambientales, vertimiento de aguas residuales y otros, que ocasiona el proyecto Minero Antapacay.

4.3.1. Caudales medios mensuales observados de la subcuenca del río Cañipia

Tienen su origen en la cabecera de la divisoria de aguas con la cuenca del río Colca, el escurrimiento se origina de quebradas y ríos, la confluencia del río Huinimayo y el Huilcarani dan origen al río Cañipia, el mismo que aguas abajo recibe el aporte de los ríos Ccatunmayo y Ccoloyo. Recorre aguas abajo con aportes de quebradas hasta su desembocadura al río Salado.

4.3.2. Programa de aforos

Para el control y seguimiento de registro de aforos en el río Cañipia se ha registrado aforos de escorrentía superficial según como se muestra en la Tabla 16, en el que se muestra el resumen de registro de seguimiento de caudal medio mensual, efectuado en los meses de estiaje hasta el inicio de época de lluvias; es relevante mencionar, que la composición del lecho del río es de carácter aluvial caracterizada por alto contenido de material granular suelto, el cual es transportada en la época de las avenidas desde la cabecera de la cuenca; el espesor alto de este material granular ocasiona que el flujo del



agua sea subsuperficial, motivando que los aforos de escorrentía superficial no sean reales.

Tabla 15: Ubicación puntos de aforo del riego por gravedad Cañipia

ESTACION DE AFOROS DEL SISTEMA DE RIEGO	COORDENADAS UTM WGS-84		
	Este	Norte	Altitud
Canal de riego Quetara I	243370	8348351	4000
Canal de riego Quetara II	242421	8348646	3989
Canal de riego Vista Alegre	241963	8348858	3959
Canal de riego Suchiñahui	241346	8350434	3974
Canal de riego Urbaya I	240294	8351385	3964
Canal de riego Urbaya II	240388	8351929	3963
Canal de riego Patito Ciego	240500	8352751	3955
Canal de riego Cañon Pururo	240160	8356082	3945
Canal de riego Milagros	240659	8357340	3926
Río Salado antes confluencia Cañipia	240805	8368408	3869
Canal Riego Yanacollpa	241446	8361614	3903
Cañipia despues puente amistad	241575	8361759	3896
Manantial aliementa a urbaya II	240060	8353051	3955
Canal San Jose	243535	8348046	4000
Rio Cañipia			
Manantial Juto	247726	8345256	4034
R. Cañipia Punto de Vertimineto	244382	8345978	3999
R. Cañipia antes del vertimineto	244446	8346000	3999

Fuente: ALA-AAV

Tabla 16: Caudales medios mensuales observados (aforo) subcuenca del río Cañipia

AFORO (2010-2018)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2010	1.432	2.581	2.261	1.2912	0.7439	0.4582	0.2904	0.2072	0.16125	0.12942	0.1368	0.41	10.10237
2011	0.8648955	3.349754	3.02027	2.3036423	1.0570945	0.6260196	0.384398	0.302027	0.2882985	0.219656	0.27457	0.6407	13.3313254
2012	1.60448	4.36	4.4472	2.7468	1.24222	0.70556	0.436	0.30956	0.22672	0.20492	0.24852	0.6104	17.14238
2013	1.6183489	3.09335833	3.2366978	1.73394525	0.9247708	0.55486248	0.34678905	0.25431197	0.2311927	0.20807343	0.26587161	0.4623854	12.9306077
2014	1.00852	2.4615	2.184	1.641	0.728	0.455	0.306867	0.182	0.1641	0.20348	0.18986	0.25213	9.776457
2015	1.0863	2.3004	2.7903	1.27374	0.639	0.3621	0.2343	0.1917	0.20022	0.213	0.3195	0.426	10.03656
2016	1.266928	2.387672	2.68004	1.486204	0.682192	0.48728	0.2972408	0.219276	0.24364	0.146184	0.19223196	0.33086312	10.4197519
2017	0.996295	2.33614	2.576625	1.683395	0.858875	0.4981475	0.3332435	0.240485	0.178646	0.158033	0.1958235	0.34355	10.3992585
2018	1.108042	3.090854	3.20749	1.603745	0.728975	0.554021	0.29159	0.262431	0.2011971	0.1807858	0.2186925	0.3878147	11.8356381
PROM MEDIA	1.22064549	2.88451981	2.93373587	1.75151906	0.84500303	0.52235451	0.32453648	0.240999	0.21058492	0.18483914	0.2268744	0.42931591	11.7749276

Fuente: ALA-AAV

Los datos que se muestran en la figura 33, donde en los meses de febrero y marzo del año 2012, el caudal supera 4.5 m³/s. De igual modo casi todos años desde 2010 al 2018 en los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, los caudales son inferiores a 0.5 m³/s.

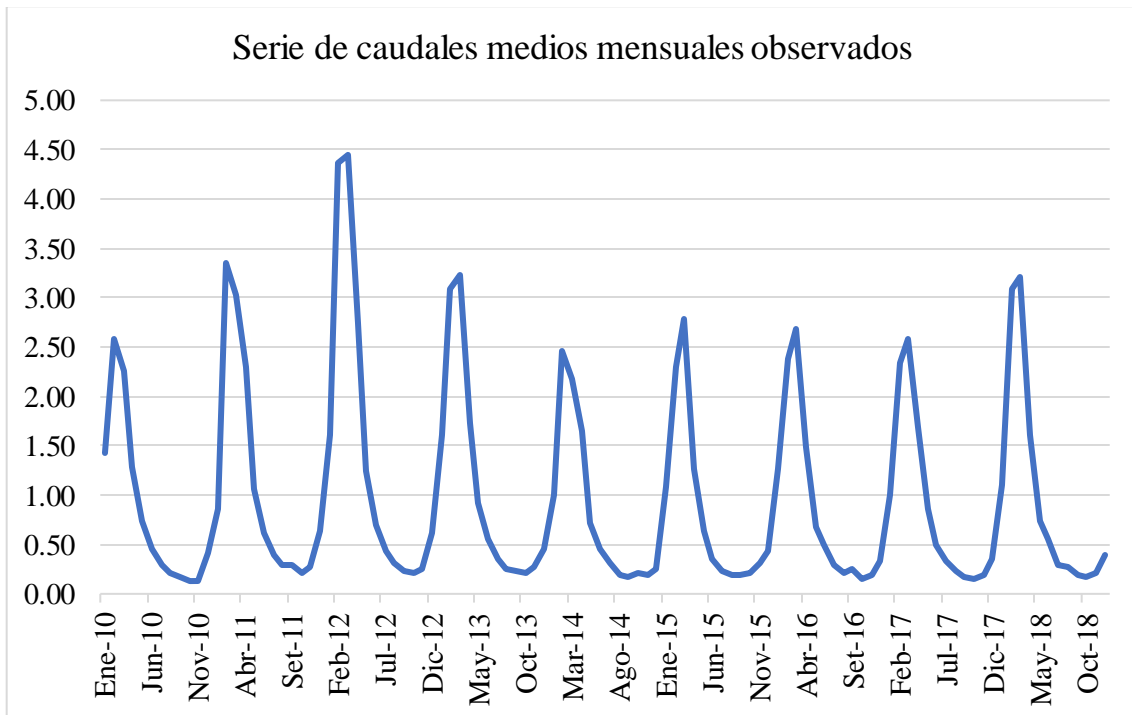


Figura 33: Serie de caudales medios mensuales observados (aforo) en la subcuenca del río Cañipia

Fuente: Elaboracion propio



4.4. COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS Y OBSERVADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIPIA

En la siguiente tabla 18, se muestra los caudales observados (aforo) vs simulados mediante el modelo hidrológico GR2M.

Tabla 17: Caudales medios mensuales simulados vs observados subcuena del río Cañipia

Año	Q (m ³ /s) Obervado	Q(m ³ /s) Simulado
2010	0.14475	0.858102625
2011	0.27457	1.112194367
2012	1.27185	1.469814218
2013	1.43027401	1.085785641
2014	0.274219	0.846164282
2015	0.544461667	0.879340251
2016	0.251704589	0.876944298
2017	0.3671975	0.865106093
2018	0.606794	0.992795658

Fuente. Elaboración propia

A continuación, se puede visualizar en la figura 36, la comparación de caudales medios mensuales simulados y observados de la subcuenca del río Cañipa de los años 2010 al 2018, tienen una similitud con la diferencia de que los años 2015 en los meses de febrero y marzo son muy pronunciados.

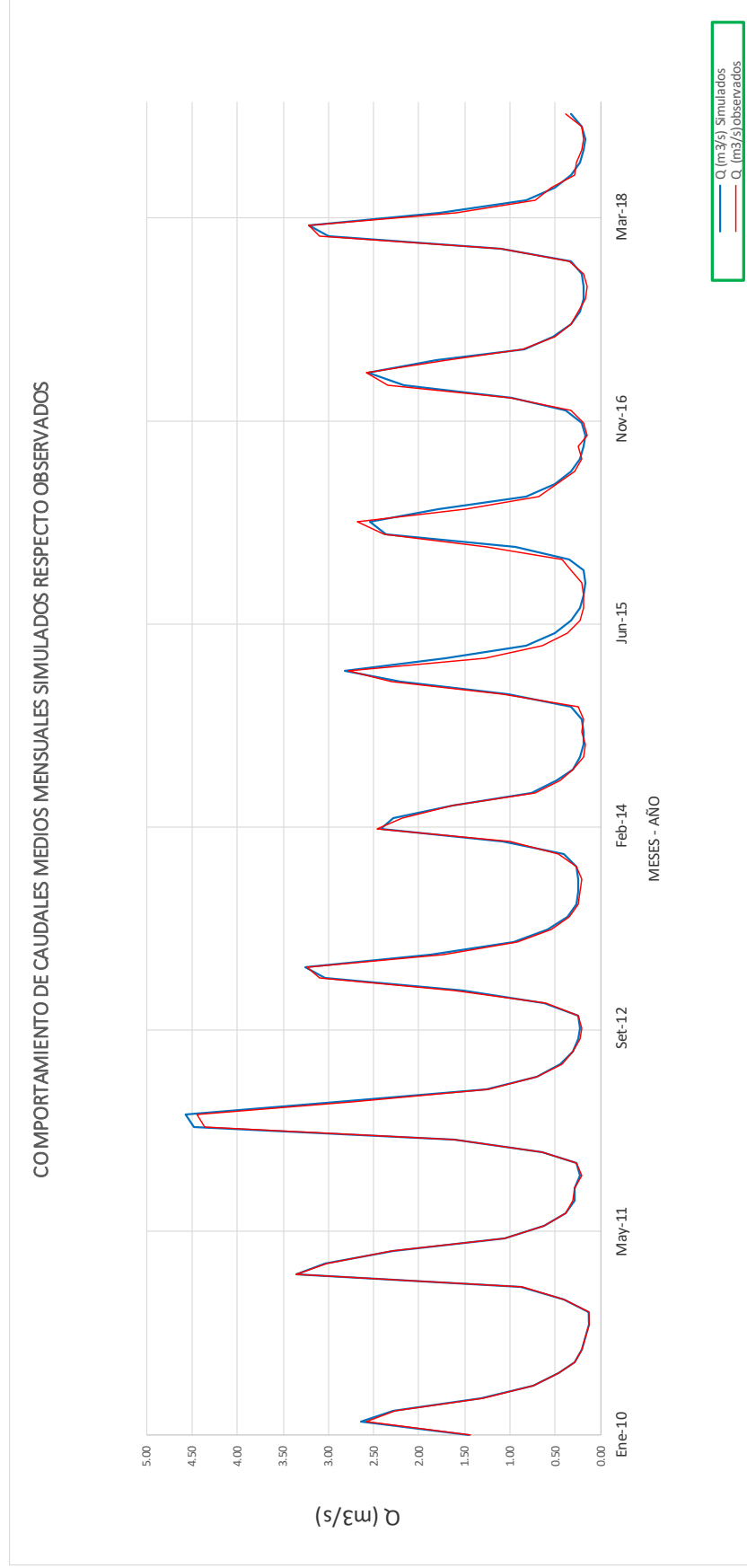


Figura 34: Hidrograma de análisis de la serie temporal de caudales medios mensuales observados vs simulados (2010-2018)
Fuente: Elaboración propia

4.5. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO GR2M COMPARADO CON LA EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO LUTZ SCHOLZ

4.5.1. Caudales generados en punto de interés mediante el modelo Lutz Scholz.

Esta información para la generación de caudales medios mensuales fue analizada y ejecutada con el modelo hidrológico Lutz Scholz, para la cuenca alta del río Apurímac de los años desde 1965 al 2018.

Estaciones meteorológicas dentro y fuera de la cuenca alta del río Apurímac:

En las estaciones meteorológicas, se tomaron las siguientes estaciones que se muestra en la tabla 18, debido a que estas ya han sido evaluadas con el programa Hydracces tenemos:

Tabla 18: Estaciones meteorológicas dentro y fuera de la cuenca alta del río Apurímac

Estaciones de precipitaciones dentro y fuera de la cuenca			
N°	Estación	X	Y
1	Chivay	-15.638056	-71.596944
2	La Angostura	-15.179722	-71.649444
3	Porpera	-15.350278	-71.316944
4	Pusa Pusa	-15.216944	-71.650278
5	Tisco	-15.350278	-71.450278
6	Yauri	-14.816944	-71.416944
7	Janacancha	-15.291944	-71.743333
8	Huambo	-15.733333	-72.116667
9	Cabanaconde	-15.600000	-71.966667
10	La Pulpera	-15.616667	-71.45
11	Sibayo	-15.485278	-71.452778

Fuente: Elaboración propia

Precipitaciones promedios medios mensuales de la cuenca alta del río Apurímac:



Los datos utilizados para realizar el cálculo de la precipitación media de la cuenca alta del río Apurímac se muestra en la tabla 20, periodo de los años desde 1965 hasta 2018 correspondiente a las estaciones Chivay, La Angostura, Porpera, Pusapusa, Tisco, Yauri, Janacancha, Huambo, Cabanaconde, La Pulpera y Sibayo.

Se muestra la variación mensual de la precipitación media de cada estación, siendo la estación Porpera la que tiene mayores valores respecto a las demás estaciones, y la estación Huambo con valores mínimos; además se aprecia la tendencia de la precipitación en todas las estaciones, lo que demuestra el carácter estacional de la precipitación en todo el departamento de Cusco y Arequipa. Y en la figura 35 se puede observar las precipitaciones bajas son en los meses de junio, julio y agosto de todas las estaciones y las precipitaciones altas en los meses de enero, febrero y marzo de igual manera esto sucede en todas las estaciones de precipitaciones.

Descargas (m^3/s) observados medios mensuales del puente La Angostura:

Este caudal observado perteneciente al puente La Angostura, se muestra en la tabla 21.

Temperatura de la cuenca alta del río Apurímac:

En la tabla 22 se puede verificar que la estación La angostura tiene datos de temperaturas muy bajos un mínimo de $2.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un máximo de $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,debido a la altitud y climatología y sucede lo contrario con la estación Sicuani, que tiene temperaturas de datos altos un mínimo de $7.87\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un máximo de 12.60 ° ,de acuerdo a la evaluación en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto los datos de la temperatura son muy bajas menores que 5°C en las tres estaciones.

Tabla 19: Precipitaciones promedios mensuales de la cuenca alta del río Apurímac

ESTACION	PRECIPITACION PROMEDIO DE ESTACIONES												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CHIVAY	104.39	107.80	83.00	23.72	2.88	1.91	1.84	4.16	8.36	11.43	23.31	54.24	427.03
LA ANGOSTURA	153.67	178.36	173.86	84.03	26.69	5.62	2.76	5.57	12.38	23.77	37.52	87.34	791.59
PORPERA	196.82	173.86	144.26	60.56	14.64	8.51	8.95	16.25	23.11	37.54	54.05	116.80	855.35
PUSA PUSA	179.38	158.93	146.86	50.82	9.78	1.52	1.96	5.01	25.48	36.65	41.49	101.07	758.97
TISCO	173.77	167.34	138.45	47.97	8.82	4.74	4.87	10.80	18.28	27.69	40.63	96.63	739.99
YAURI	182.48	171.70	135.56	60.41	10.34	3.71	2.07	7.28	16.73	41.86	62.18	117.63	817.96
JANACANCHA	188.33	179.60	160.47	49.03	9.75	4.55	2.57	9.25	17.02	29.35	51.57	111.14	812.63
HUAMBO	60.92	66.97	53.66	7.00	0.70	1.39	0.73	2.02	2.26	3.83	3.80	23.80	227.07
CABANAACONDE	88.80	108.49	86.10	14.61	0.84	0.57	0.83	5.31	4.65	4.52	7.86	35.83	358.40
LA PULPERA	103.26	82.28	76.71	28.39	4.01	3.40	0.97	7.18	6.36	11.28	21.19	54.17	399.20
SIBAYO	156.13	122.68	107.61	31.72	4.44	2.79	2.04	5.74	10.57	21.87	26.62	74.68	566.88
TOTAL PROM	144.36	138.55	118.78	41.66	8.45	3.52	2.69	7.14	13.20	22.71	33.66	79.39	614.10

Fuente: Elaboración propia

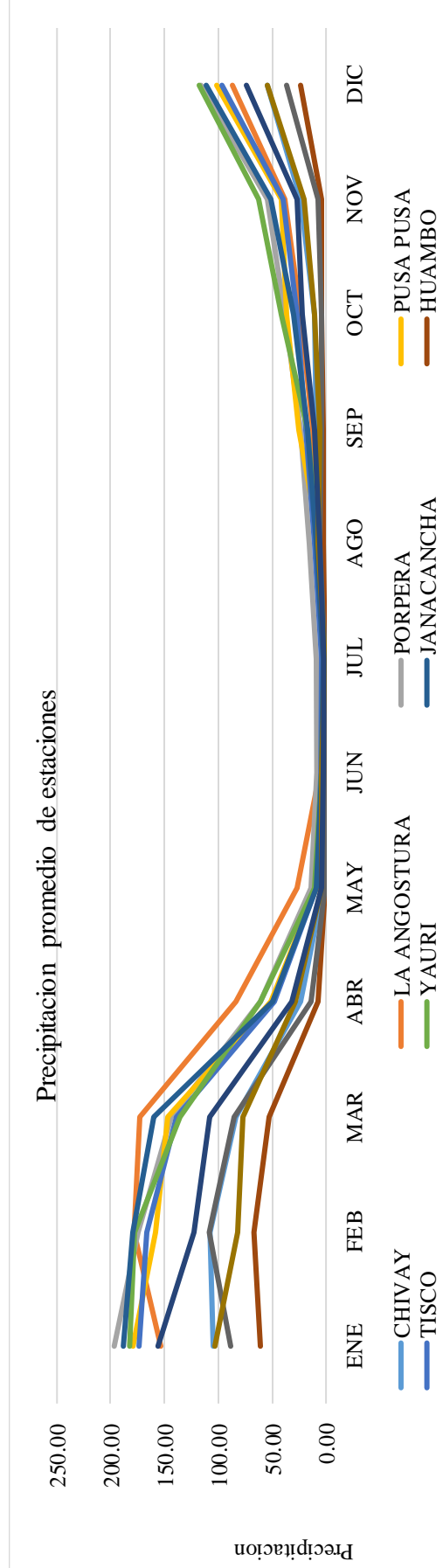


Figura 35: Precipitaciones promedio mensuales modelo hidrológico Lutz scholz

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Descargas (m³/s) observados medios mensuales del puente La Angostura

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media
Media	22.26	32.89	35.39	13.19	5.74	4.40	3.85	3.55	3.38	3.15	3.87	5.90	11.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Temperatura de la cuenca alta del río Apurímac

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SICUANI	12.01	12.14	12.07	11.58	9.54	8.05	7.87	9.48	11.40	12.39	12.60	12.30	10.95
YAURI	9.12	8.76	8.21	7.26	4.86	3.20	2.91	4.15	5.73	7.41	8.59	8.98	6.60
LA ANGOSTURA	7.46	7.59	7.36	6.31	4.16	2.44	2.05	3.00	4.67	6.14	6.81	7.46	5.45
PROM	9.53	9.50	9.21	8.38	6.19	4.56	4.28	5.54	7.26	8.65	9.34	9.58	7.67

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente de escurrimiento:

Se ha determinado el coeficiente de escurrimiento aplicando la metodología de L. Turc.

Método de la Misión Alemana	Método de L - Turc
Precipitación Media Anual: P	Temperatura Media Anual: T
Evaporación Total Anual: ETP	Coefficiente de Temperatura: L
	Déficit de Escurrimiento: D
Coefficiente de Escorrentía: C	Coefficiente de Escorrentía: C
	7.67 °C
	514.2
	402.7 mm/año
	0.34

Figura 36: Determinación del coeficiente de escorrentía inicial de la cuenca alta del río Apurímac

Fuente: Elaboración propia

Precipitación efectiva:

Se ha estimado la precipitación efectiva por el método USBR, para la presente investigación se ha determinado la Curva II y la Curva III.

Tabla 22: Coeficiente de cálculo precipitación efectiva

Coef.	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Precipitación efectiva según bureau of reclamation

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

Fuente: Elaboración propia

Características generales de la cuenca alta del río Apurímac

Se tiene las siguientes características que se muestran en la siguiente tabla 25.

Tabla 24: Características generales de la cuenca alta del río Apurímac

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CUENCA ALTA DEL RIO APURIMAC		
Area de la cuenca: A	1291.10	Km ²
Altitud Media de la Sub cuenca: H	3937	msnm
Pendiente Media de la Sub cuenca	0	m/m
Precipitación Media Anual: P	614.1	mm
Evaporación Total Anual: ETP	1339.82	mm
Temperatura Media Anual: T	6.60	°C
Déficit de Escurrimiento: D	538.2	mm/año
Coefficiente de Escorrentía: C	0.34	
Coefficiente de Agotamiento: a	0.0119	
Relación de Caudales (30 días): bo	0.699	
Area de lagunas y acuíferos	0	Km ²
Gasto Mensual de Retención: R	40.0	mm/año

Fuente: Elaboración propia

Gasto y abastecimiento de la retención:

El gasto de la retención la contribución mensual en la estación seca estimados con las formulas correspondientes planteadas en la metodología, del mismo modo se determinó el abastecimiento durante la estación lluviosa, estos resultados se presentan estos resultados en la tabla 26.

Tabla 25: Gasto y abastecimiento de la retención

MES	DIAS DEL MES	CONTRIBUCION DE LA RETENCION				
		Gasto		Abastecimiento		
		bi mes	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	
1	2	7	8	9	10	
Enero	31			0.400	16.0	
Febrero	28			0.200	8.0	
Marzo	31			0.000	0.0	
Abril	30	0.699	13.1167		0.0	
Mayo	31	0.488	9.1653		0.0	
Junio	30	0.341	6.4043		0.0	
Julio	31	0.238	4.4750		0.0	
Agosto	31	0.167	3.1269		0.0	
Setiem.	30	0.116	2.1850		0.0	
Octubre	31	0.081	1.5267		0.0	
Noviem.	30			0.050	2.0	
Diciem.	31			0.350	14.0	
AÑO		2.131	40.0	1.000	40.0	
Coeficientes		144.3599495	3.518804714	2.68983165	7.143232323	13.19968013

En dicho estudio se adopta una retención de 40 mm/año y en el documento fuente de 20 mm/año. Dichos valores cc

Fuente: Elaboración propia

Generación de caudales para el año promedio:

Se ha generado los caudales para el año promedio, con los valores de retención de 40 mm/año, un coeficiente de escorrentía 0.35mm/año y estos se han comparado con los caudales mensuales, evidentemente no existe una relación entre estos caudales. Se observa una variación de los caudales en el mes de marzo donde el caudal generado es 35.39m³/s.

Tabla 26: Generación de caudales para el año promedio

MES	N° días del mes	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION						CAUDALES GENERADOS			CAUDALES AFORADOS
		P		Efectiva		Gasto		Abastecimiento		mm³/s	l/s				
		Total mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Enero	31	144.36	36.9	117.4	65.8			0.400	16.0	49.8	24.00	22.26			
Febrero	28	138.55	34.2	109.6	61.3			0.200	8.0	53.3	28.43	32.89			
Marzo	31	118.78	25.2	81.8	45.5			0.000	0.0	45.5	21.96	35.39			
Abril	30	41.66	4.1	9.7	6.1	0.699	13.1167		0.0	19.2	9.57	13.19			
Mayo	31	8.45	1.0	2.2	1.4	0.488	9.1653		0.0	10.6	5.09	5.74			
Junio	30	3.52	0.4	0.8	0.5	0.341	6.4043		0.0	6.9	3.45	4.40			
Julio	31	2.69	0.3	0.5	0.4	0.238	4.4750		0.0	4.8	2.33	3.85			
Agosto	31	7.14	0.8	1.8	1.2	0.167	3.1269		0.0	4.3	2.08	3.55			
Setiem.	30	13.20	1.4	3.3	2.1	0.116	2.1850		0.0	4.3	2.13	3.38			
Octubre	31	22.71	2.3	5.1	3.3	0.081	1.5267		0.0	4.8	2.32	3.15			
Noviem.	30	33.66	3.2	7.4	4.7			0.050	2.0	2.7	1.37	3.87			
Diciem.	31	79.39	11.0	33.5	19.1			0.350	14.0	5.1	2.47	5.90			
AÑO		614.1	120.8	373.3	211.4	2.131	40.0	1.000	40.0	211.4	8.77	11.46			
Coefficientes		0.34	0.641	0.359	1.000										
	144.3599495	138.5455892	118.7772896	41.6593266	8.445218855	3.518804714	2.68983165	7.143232323	13.19968013	22.70821549	33.6566835	79.39314815			

En dicho estudio se adopta una retención de 40 mm/año y en el documento fuente de 20 mm/año. Dichos valores corresponden a cuencas con agotamiento muy rápido;

Fuente: Elaboración propia

En la figura 37, calibración del modelo hidrológico Lutz scholz, donde se puede observar en los meses de enero, febrero y marzo fueron épocas de avenidas, los caudales superan 20 m³/s. En los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, los caudales son inferiores a 2.5 m³/s.

Tabla 27: Caudales generados y aforados mensuales sin calibrar

DATOS PARA GRAFICO			
MES	Generado	Aforado	Precipitacion
	Q (m3/sg)	Q (m3/sg)	mm/mes
AGO	2.08	3.55	7.14
SET	2.13	3.38	13.20
OCT	2.32	3.15	22.71
NOV	1.37	3.87	33.66
DIC	2.47	5.90	79.39
ENE	24.00	22.26	144.36
FEB	28.43	32.89	138.55
MAR	21.96	35.39	118.78
ABR	9.57	13.19	41.66
MAY	5.09	5.74	8.45
JUN	3.45	4.40	3.52
JUL	2.33	3.85	2.69

Fuente: Elaboración propia

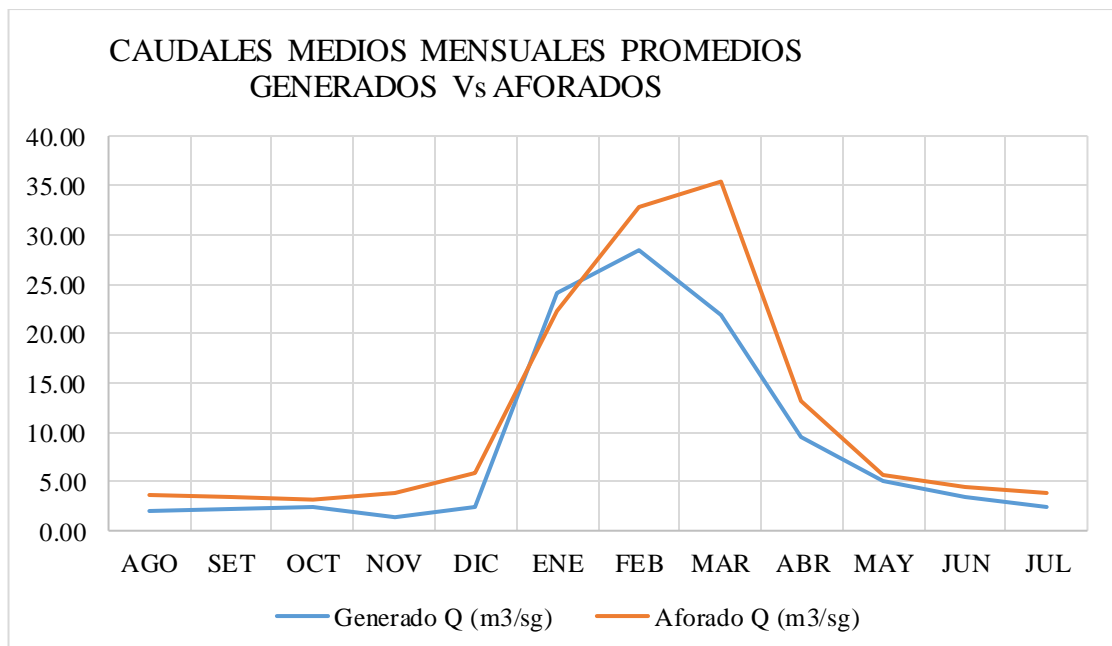


Figura 37: Caudales generados y aforados mensuales sin calibrar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Caudales generados y aforados mensuales calibrados

MES	Generado	Aforado
	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
AGO	2.08	2.06
SET	2.13	2.19
OCT	2.32	2.36
NOV	1.37	1.43
DIC	2.47	3.42
ENE	24.00	23.37
FEB	28.43	25.33
MAR	21.96	21.23
ABR	9.57	9.36
MAY	5.09	5.63
JUN	3.45	3.39
JUL	2.33	2.46

Fuente: Elaboración propia

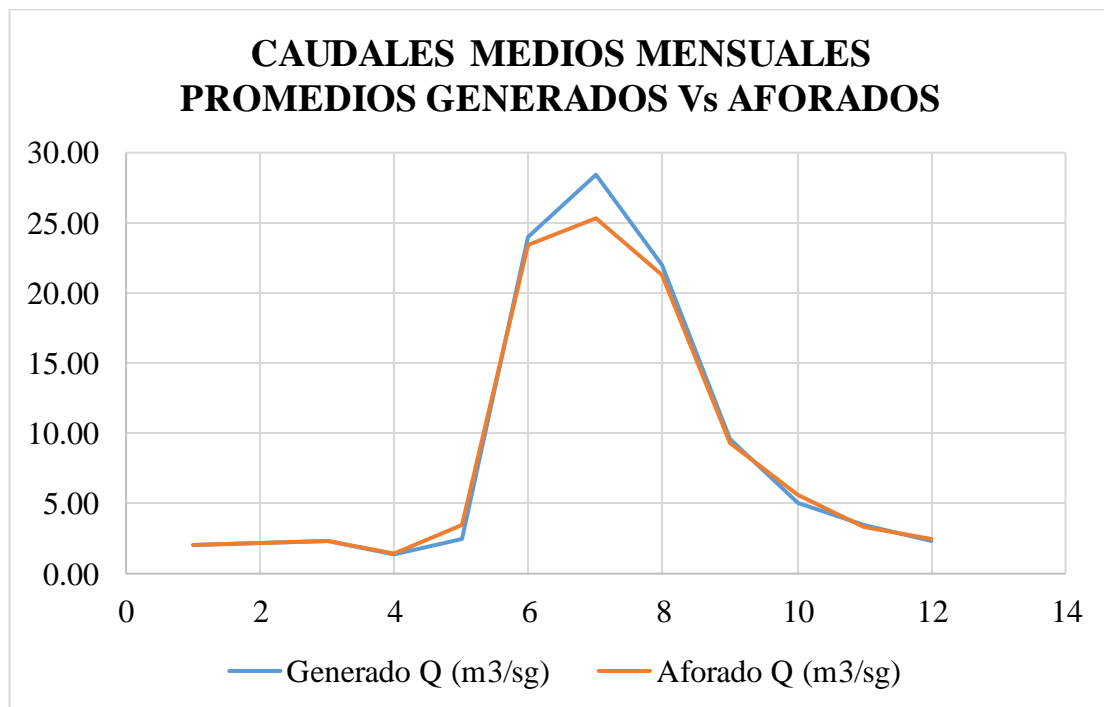


Figura 38: Caudales generados y aforados mensuales calibrados

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Eficiencia de los caudales medios mensuales simulados mediante los modelos

Lutz Scholz frente a GR2M

Caudales generados en punto de interés mediante el modelo hidrológico GR2M

Los caudales medios mensuales fueron calculados mediante el modelo hidrológico GR2M en la cuenca alta del río Apurímac. Se ha obtenido caudales medios mensuales en los siguientes puntos de interés, la estación de aforo puente La Angostura del área de drenaje del río Apurímac.

Tabla 29: Caudales promedio mensuales modelo hidrológico GR2M

AÑO	MODELO HIDROLOGICO GR2M
AGO	2.23
SEP	1.97
OCT	1.77
NOV	2.08
DIC	3.11
ENE	10.78
FEB	22.17
MAR	25.00
ABR	13.91
MAY	6.87
JUN	4.34
JUL	2.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Caudales promedio mensuales modelo hidrológico Lutz Scholz

AÑO	MODELO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ
AGO	2.08
SEP	2.13
OCT	2.32
NOV	1.37
DIC	2.47
ENE	24.00
FEB	28.43
MAR	21.96
ABR	9.57
MAY	5.09
JUN	3.45
JUL	2.33

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Comparación de caudal promedios mensuales simulados mediante el modelo hidrológico GR2M y Lutz Scholz.

En la figura 39, del modelo hidrológico GR2M, donde se puede observar en los meses de febrero y marzo fueron épocas de avenidas, los caudales superan $20 \text{ m}^3/\text{s}$. En los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, los caudales son inferiores a $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

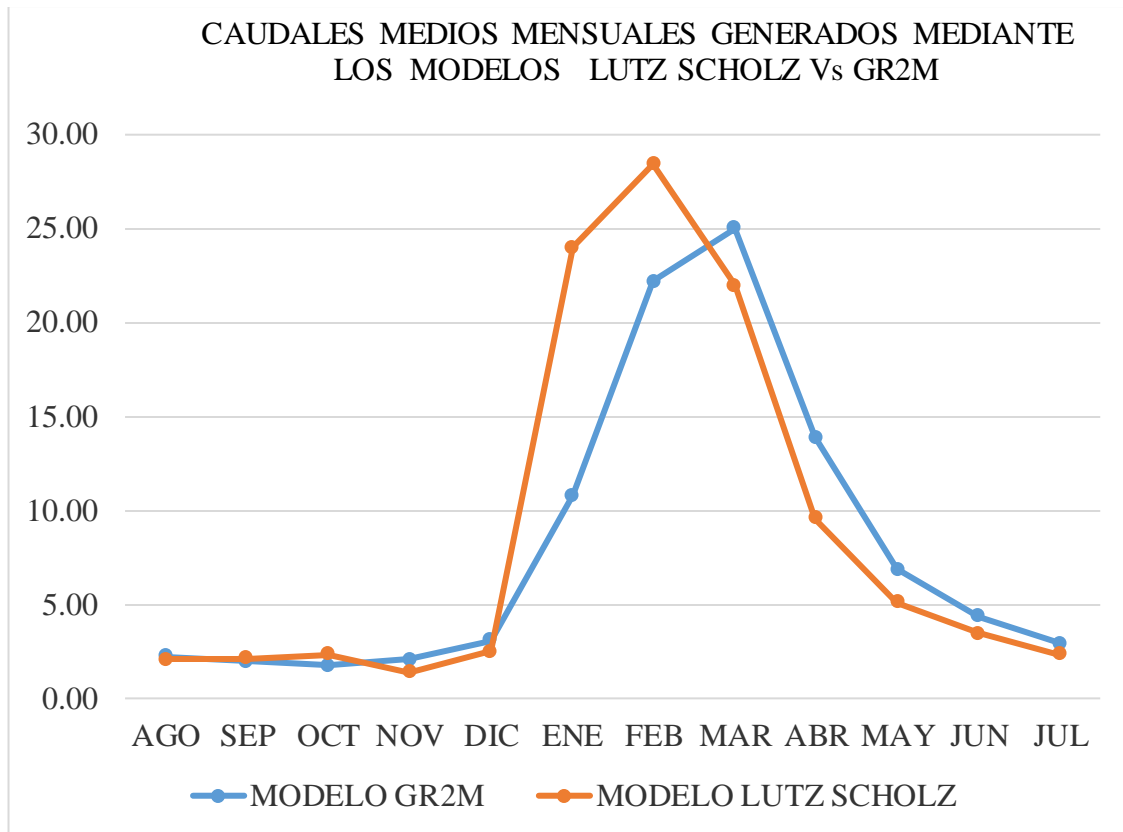


Figura 39: Comparación de caudales medios mensuales simulados modelo Lutz Scholz respecto al modelo GR2M de la cuenca alta del río Apurímac
Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Correlación entre caudales medios mensuales simulados Lutz Scholz vs GR2M – río Apurímac

Como se muestran en la figura 40, los caudales generados mediante el modelo GR2M para la cuenca alta del río Apurímac tienden a sobreestimar en época de avenidas mientras que el modelo Lutz Scholz subestima en época de avenidas, por tal razón nos remitimos a las correlaciones de datos en la cuenca alta del río Apurímac que es un $R^2 = 0.7845$, por lo tanto, como el modelo GR2M y Lutz Scholz son eficientes. Esto sucede en caso de las regiones Cusco y Arequipa pertenecientes a la cuenca Alto Apurímac.

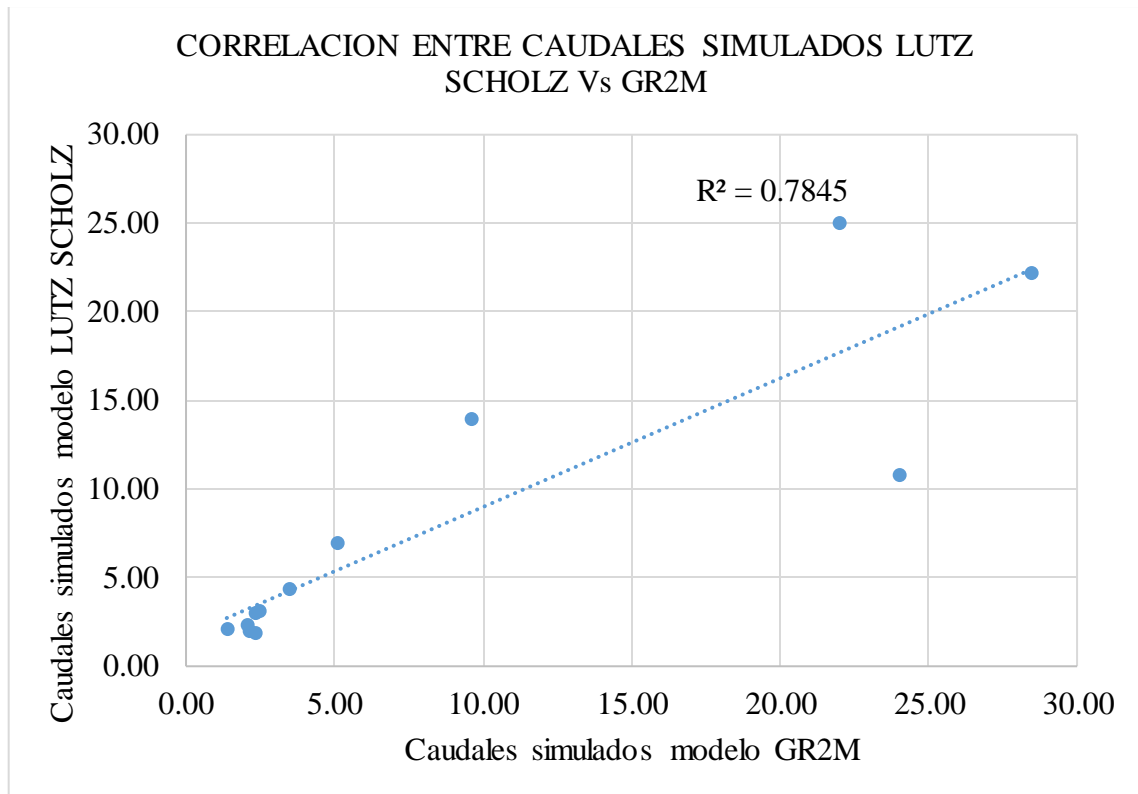


Figura 40: Correlación entre caudales medios mensuales simulados Lutz Scholz vs GR2M – río Apurímac
Fuente: Elaboración propia

4.6. DISCUSION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos para la cuenca alta del río Apurímac el modelo hidrológico GR2M evaluado con el estadístico Nash-Sutcliffe obtenido en este proceso tiene una eficiencia del 84.6 % en la parte calibración y un 84.3% en la parte de validación. $X_1 = 6.38$ y $X_2 = 1.11$.

Según (Herrera 2015), para la cuenca del río Coata el modelo GR2M evaluado con el estadístico Nash-Sutcliffe presenta una buena eficiencia tanto en calibración (71%) como en la validación (63%) de igual manera para un R^2 de (71%) para la calibración y (72%) para la validación. $X_1 = 5.69$ y $X_2 = 0.13$.

Según Alcantara (2014), la aplicación del modelo GR2M en la cuenca del río Jequetepeque presenta una alta eficiencia, tanto en el periodo de calibración (83%) como



en el periodo de validación del modelo (81.3%), por lo que se ajusta la aplicación de este modelo satisfactoriamente a nuestra cuenca en estudio. $X1= 5.88$ y $X2=0.72$.

Los valores obtenidos en caso de los caudales generados mediante el modelo hidrológico GR2M para la cuenca alta del río Apurimac, tienden a sobreestimar en época de avenidas mientras que el modelo Lutz Sholz subestima en época de avenidas, en la cuenca del río Apurimac, $R^2 = 0.7845$.

Según Herrera (2015), en caso de la región, cuenca Altiplano, los caudales generados mediante el modelo GR2M para la cuenca del río Coata tiende a subestimar en época de avenidas mientras que el modelo Lutz Sholz sobrestima en época de avenidas, en la micro cuenca del río Verde los caudales generados por los dos modelos tienen un comportamiento, similar por tal razón nos remitimos a las correlaciones de datos en la micro cuenca del río Verde $R2 = 0.73$.



V.CONCLUSIONES

- La aplicación del modelo GR2M en la cuenca alta del río Apurímac presenta una alta eficiencia, tanto en el periodo de calibración (84.6%) como en el periodo de validación del modelo (84.3%), por lo que se ajusta la aplicación de este modelo satisfactoriamente a nuestra cuenca en estudio. Los parámetros de calibración adquieren valores de $X_1 = 6.38$ y $X_2 = 1.11$. Asimismo, con el modelo GR2M se generó eficazmente los caudales medios mensuales a partir de las características hidrológicas de la cuenca alta del río Apurímac para la subcuenca del río Cañipia.
- El análisis de sensibilidad nos muestra que el parámetro que tiene mayor influencia en los resultados del modelo es el X_2 (coeficiente de intercambio de aguas subterráneas), pues es el más sensible, frente a la variación de pequeños cambios en los parámetros del modelo. La aplicación del modelo, dada su alta eficiencia para la cuenca alta del río Apurímac, se adecúa a la generación de caudales a partir de la información de precipitación, donde se carece de información de caudales.
- El comportamiento de los caudales medios mensuales simulados respecto a los observados de la subcuenca del río Cañipia, situado en la cuenca media del río Apurímac nos presenta unos que otras no son semejantes entre ambos, en marzo del 2012, febrero 2010, marzo 2015, marzo 2016, abril y mayo del 2018 no coinciden debido a que los caudales simulados son mayores que los caudales observados. Enero, febrero y diciembre 2013, enero 2016, febrero 2017 y diciembre del 2018; los caudales observados son mayores que los caudales simulados. En caso de los caudales observados son solamente las sumas de todos los aforos realizados del sistema de riego no son tan iguales a los simulados debido a que desde los años 2009 la minería Antapacay entro en funcionamiento y también cada año se crean más comités de



usuarios de agua por las necesidades de cada poblador de dicha zona que viven alrededor del río Cañipia.

- Realizado el análisis de eficiencia de los modelos GR2M y Lutz Sholz podemos indicar que ambos modelos tienen buen desempeño en la generación de caudales medios mensuales, por tener una correlación de caudales generados de R^2 0.7845 en la cuenca alta del río Apurímac.
- El modelo Lutz Scholz aplicado a la cuenca del río Apurímac, es un modelo que se ajusta las condiciones de la sierra peruana, pero, este modelo de precipitación escorrentía es un modelo robusto y que necesita varios parámetros a considerarse para la estimación de caudales mensuales, lo que en parte hace compleja su aplicación.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudio aplicando el modelo GR2M en todas las subcuencas de la cuenca Alto Apurimac, para hacer una comparación de los parámetros X_1 y X_2 del mismo modo el coeficiente de Nash.
- Realizar estudios de determinación de caudales medios mensuales mediante el modelo GR2M en otras cuencas de la vertiente Atlántico, Pacífico y Titicaca para analizar y compararlo la eficiencia del coeficiente NASH y los parámetros X_1 Y X_2 .
- Realizar estudios de determinación de caudales medios mensuales mediante diferentes modelos hidrológicos existentes para diferentes subcuencas y cuencas a nivel nacional. Incentivar en la formación académica del Ingeniero Agrícola, la aplicación de los modelos matemáticos en los recursos hídricos, para fortalecer sus capacidades en el desarrollo de futuras investigaciones en la rama de los modelos matemáticos en recursos hídricos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcántara, A. (2014). Validación de modelos hidrológicos lluvia-escorrentía para su aplicación a la cabecera de cuenca del río Jequetepeque. La Libertad - Perú.
- Alfredo Quispe Marrón (2014). Generación de caudales medios mensuales en la cuenca del río Huancané mediante un modelo paramétrico”
- Aliaga, V. (1985). Hidrología – tratamientos de datos. Lima – Perú: McGrawill
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). Balance hídrico superficial de las subcuencas de los ríos Salado, Cañipia y Huayllumayo. Espinar – Cusco.
- Belizario, G. (2014). *Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú* (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/256>
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Belizario, G., Hiuaquisto, E., & Chirinos, T. (2013). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607224>
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013). Efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación - Capachica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(4), 15–24.
- Cabrera, J. (2017). Calibración de modelos hidrológicos. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil.



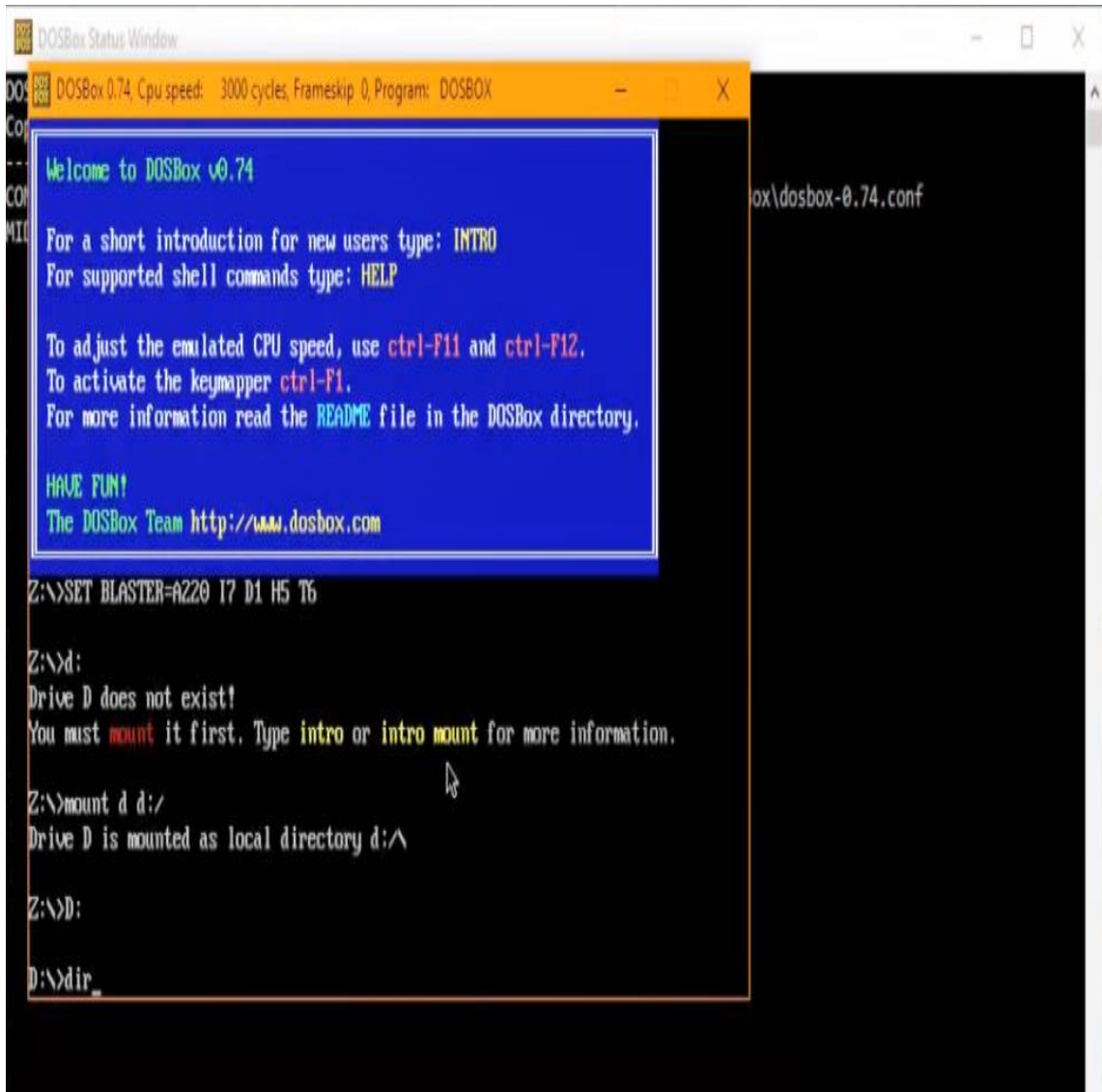
- Chávarri Velarde, E. (2017). Copias del curso métodos de análisis en recursos hídricos. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chereque, W., (1994) “Hidrología para estudiantes de ingeniería civil”, Pontificie Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.
- Chow Ven Te, (1994). “Hidrología aplicada”, Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia.
- Coy, L. (2017) “Ajuste y Validación del Modelo Precipitación – Escorrentía Gr2m aplicado a la subcuenca Nevado”.
- Espinoza, J. (2005). Manual escrito con motivo del curso taller: Utilización del método del Vector Regional con Hydraccess. SENAMHI-Perú. Colaboración de Philippe - Vauchel (IRD-Perú) y Josyane Ronchail (UP7-LOCEAN, Paris). Lima.
- Guevara Pérez, E. (2010). Análisis estocástico de una serie cronológica de caudales mensuales. Caso del estudio río Caroní. Venezuela. Revista de Ingeniería UC. Vol. 17, 46-54.
- Herrera Velásquez, J. (2015). Generación y calibración de caudales medios mensuales mediante el modelo gr2m, en la cuenca del rio coata.
- Huaman P., Nina M., Tintaya E., Condori Y., Mayta R., y Coaquira C. (2019). Aplicación del modelo GR2M en la cuenca del río Ramis.
- Ministerio de Agricultura (2007). Evaluación de los recursos hídricos de la Cuenca del río Ocoña.
- Mejía A. (2001). “Hidrología aplicada – Volumen 2”. Lima - Perú.
- Monsalve S., G. (1995), Hidrología en la ingeniería, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería 2004. Edición.
- Ponce, V. (1989). Engineering Hydrology. Prentice Hall.
- PSI. (2013), Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. Hidrometría. Lima. Perú.



- Raghunath, H. (2006). Hydrology Principles Analysis Desingn. New Delhi: New Age International.
- Santiago A. Casas Luna & Jesús A. Mejía Marcauzo (2011). Desempeño óptimo de los modelos hidrológicos SWAT Y GR2M en la cuenca hidrográfica del Amazonas en Perú: cuenca del río Mayo.
- Sanchez S. Javier F. “Hidrología Superficial”, Departamento de Geología – Universidad de Salamanca, Madrid – España.
- Tarazona Santos, N. (2005). Generación de descargas mensuales en subcuencas de la cuenca del río santa utilizando el método de Lutz Scholz. Lima-Perú: Tesis Ingeniería Agrícola UNALM.
- Villón, M. (2002). Hidrología. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa –Escuela de Ingeniería Agrícola.

ANEXOS

ANEXO A: Código para leer la información de la base de datos HEC04.



```
DOSBox Status Window
DOSBox 0.74: Cpu speed: 3000 cycles; Frameskip 0; Program: DOSBOX
Welcome to DOSBox v0.74
For a short introduction for new users type: INTRO
For supported shell commands type: HELP
To adjust the emulated CPU speed, use ctrl-F11 and ctrl-F12.
To activate the keymapper ctrl-F1.
For more information read the README file in the DOSBox directory.
HAVE FUN!
The DOSBox Team http://www.dosbox.com
Z:\>SET BLASTER=A220 I7 D1 H5 T6
Z:\>d:
Drive D does not exist!
You must mount it first. Type intro or intro mount for more information.
Z:\>mount d d:/
Drive D is mounted as local directory d:\
Z:\>D:
D:\>dir_
```

ANEXO B: Programa evapotranspiración potencial

PROGRAMA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (PETP V2.0.0)

Archivo Ver Herramientas Reportes Tablas Ayuda

Ubicación del proyecto

Nombre del Proyecto: CUENCA ANGOSTURA

Ubicación del proyecto

Ubicación política:

País: PERU

Departamento: AREQUIPA

Provincia: CAYLLOMA

Distrito: CAYLLOMA

Lugar: LA ANGOSTURA

Ubicación geográfica

Latitud: 15 ° 10 ' 47 " Sur

Longitud: 71 ° 38 ' 58 " Oeste

Altitud: 4256 m.s.n.m.

Por: César Vidal Gutiérrez Ninahuamán 01:27:38 p.m. 29/06/2020

Tabla 32: Descargas medias mensuales del río Cañiipa

SUMA DE LOS AFOROS REALIZADOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑIIPA (2010-2018)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2010	1.432	2.581	2.261	1.2912	0.7439	0.4582	0.2904	0.2072	0.16125	0.12942	0.1368	0.41	10.10237
2011	0.8648955	3.349754	3.02027	2.3036423	1.0570945	0.6260196	0.384398	0.302027	0.2882985	0.219656	0.27457	0.6407	13.3313254
2012	1.60448	4.36	4.4472	2.7468	1.24222	0.70556	0.436	0.30956	0.22672	0.20492	0.24852	0.6104	17.14238
2013	1.6183489	3.09335833	3.2366978	1.73394525	0.9247708	0.55486248	0.34678905	0.25431197	0.2311927	0.20807343	0.26587161	0.4623854	12.9306077
2014	1.00852	2.4615	2.184	1.641	0.728	0.455	0.306867	0.182	0.1641	0.20348	0.18986	0.25213	9.776457
2015	1.0863	2.3004	2.7903	1.27374	0.639	0.3621	0.2343	0.1917	0.20022	0.213	0.3195	0.426	10.03656
2016	1.266928	2.387672	2.68004	1.486204	0.682192	0.48728	0.2972408	0.219276	0.24364	0.146184	0.19223196	0.33086312	10.4197519
2017	0.996295	2.33614	2.576625	1.683395	0.858875	0.4981475	0.3332435	0.240485	0.178646	0.158033	0.1958235	0.34355	10.3992585
2018	1.108042	3.090854	3.20749	1.603745	0.728975	0.554021	0.29159	0.262431	0.2011971	0.1807858	0.2186925	0.3878147	11.8356381
PROM MEDIA	1.22064549	2.88451981	2.93373587	1.75151906	0.84500303	0.52235451	0.32453648	0.240999	0.21058492	0.18483914	0.2268744	0.42931591	11.7749276

Fuente: Elaboración Propia



ANEXO E: Temperaturas mensuales originales, completados, corregidos y extendidos

Tabla 34: Temperatura mensual original estación Chuquibambilla

DATOS HISTORICOS														
ESTACION: CHUQUIBAMBILLA							LATITUD:	-14.796389			DEPARTAME	PUNO		
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD:	-70.728333			PROVINCIA:	MELGAR		
							ALTITUD:	3910 msnm			DISTRITO:	UMACHIRI		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	
1963	9.6	9.73	10.26	8.73	5.55	2.54	3	4.6	7.38	9.14	9.47	10.4	7.53	
1964							0	3.12	6.21				3.11	
1965							1.96	3.9	6.37	7.52	8.68	8.85	6.22	
1966	8.56	8.26	7.27	4.77	3.57	1.99	2.19	4.83	6.81	9.2	8.14	9.63	6.27	
1967	9.19	8.69	8.86	7.46	5.95	3.17	1.96	3.62	6.55	7.62	8.08	8.46	6.63	
1968	8.84	9.11	8.37	7.28	4.54	2.98	2.68	4	5.96	8.44	8.15	8.64	6.58	
1969	8.82	8.9	8.59	7.32	5.15	2.47	2.46	1.82	5.45	7.61	8.2	8.63	6.28	
1970	9.08	9.47	8.96	8.14	5.95	4.43	2.93	4.37	6.35	7.36	8.18	8.85	7.01	
1971	8.91	8.2	8.8	6.46	3.89	3.11	1.56	3.43	5.77	6.5	7.5	8.6	6.06	
1972	8.15	7.97	8.71	7.39	4.03	1.67	2.9	4.6	6	7.98	9.93	9.39	6.56	
1973	9.54	9.72	9.73	8.79	6.51	3.98	2.76	4.5	6.48	8.97	8.77	8.46	7.35	
1974	8.46	8.74	8.02	7.67	4.48	2.57	2.75	3.12	5.53	8.22	7.06	8.27	6.24	
1975	7.52	8.16	8.1	7.24	5.68	4.22	2.52	4.33	7.26	7.55	8.35	8.76	6.64	
1976	8.38	8.61	8.94	7.23	5	2.82	3.56	4.33	6.47	7.09	7.97	9.39	6.65	
1977	9.84	9.16	9.48	7.52	4.81	1.54	3.82	4.07	7.13	7.73	9.15	8.83	6.92	
1978	9.12	9.78	8.69	8.3	4.77	3.61	1.94	4.3	6.28	7.79	8.72	9.58	6.91	
1979	8.65	9.47	9.47	7.63	4.69	3.93	2.66	4.55	6.81	8.48	8.88	9	7.02	
1980	9.84	9.8	9.4	7.29	4.27	3.43	4.18	5.2	6.95	9.26	9.17	8.76	7.3	
1981	9.62	9.15	9.3	7.59	5.14	2.31	3.09	4.52	6.14	8.53	9.9	9.47	7.06	
1982	9.66	9.19	9.86	7.77	3.81	3.24	3.05	4.6	6.4	8.46	9.18	9.67	7.08	
1983	10.36	10.09	9.92	8.7	5.86	4.09	3.85	5.78	7.35	8.22	8.95	9.34	7.71	
1984	8.55	8.99	9.5	8.22	6.11	4.01	3.36	5.44	5.49	8.61	9.04	8.82	7.18	
1985	9.34	9.08	9.01	8.52	6.46	4.28	2.4	4.77	7.44	7.53	8.31	8.69	7.15	
1986	8.84	8.73	8.88	8.45	3.91	3.53	1.89	4.19	7.14	7.71	9.18	9.9	6.86	
1987	9.81	9.66	9	8.01	5.58	3.46	3.43	5.42	6.85	8.24	10.36	10.62	7.54	
1988	10.25	9.93	10.11	8.91	6.69	3.54	3.08	4.81	7.51	8.36	9.34	9.65	7.68	
1989	9.11	9.42	9.15	8.63	6.37	5.44	4.12	5.33	8.39	9.85	9.85	10.81	8.04	
1990	10.38	9.89	9.59	8.85	5.2	3.53	2.69	4.29	6.27	7.95	9.21	8.44	7.19	
1991	8.48	8.72	10.7	9.78	5.72	3.29	2.16	3.77	6.16	7.55	21	9.11	8.04	
1992	9.08	8.71	9.24	8.65	6.05	4.41	3.01	4.2	6.52	8.24	8.7	9.54	7.2	
1993	8.74	8.93	8.39	8.38	5.83	3.08	4.23	5.19	7.72	9.05	10.15	10.46	7.51	
1994	10.09	10.67	9.47	9.28	6.9	4.4	4.91	5.29	7.97	9.19	10.98	10.94	8.34	
1995	11.27	10.14	9.36	7.59	4.74	2.28	2.8	4.19	6.23	7.74	8.36	7.91	6.88	
1996	8.48	8.67	8.51	8.01	5.54	2.28	1.87	3.58	4.65	6.74	7.43	8.67	6.2	
1997	8.77	8.19	7.76	5.88	4.97	2.26	2.77	4.15	6.9	8.91	9.2	9.73	6.62	
1998	9.49	10.97	10.62	8.93	4.8	4.32	3.59	5.6	6.25	8.64	8.21	8.6	7.5	
1999	8.67	8.28	8.19	7.16	4.98	2.08	2.16	4.1	5.49	7.1	7.26	8.49	6.16	
2000	8.05	7.61	7.93	6.82	4.89	2.78	2.14	4.18	5.33	6.33	7.33	7.54	5.91	
2001	7.48	8.08	7.67	7.02	5.32	3.72	2.77	3.19	7.13	8.01	9.03	9.05	6.54	
2002	9.15	8.9	8.68	7.73	5.95	3.97	3.02	4.52	6.82	8.71	8.71	9.49	7.14	
2003	9.6	9.69	9.38	7.97	5.52	2.18	2.22	3.72	5.81	6.81	8.08	8.77	6.64	
2004	8.08	8.41	8.19	6.62	3.08	2.1	1.84	4.3	6.64	8.83	9.45	9.18	6.39	
2005	9.15	9.43	9.29	8.63	4.19	1.78	3.66	3.85	6.84	9.1	8.9	9.36	7.02	
2006	8.44	8.76		7.9	3.29	3.21	1.72	4.9	5.9	8.11	8.36	8.78	6.31	
2007	9.05	9.29	8.49	8.8	5.89	3.93	2.69	4.23	7.39	7.63	7.29	7.53	6.85	
2008	7.59	9.98	8.14	8.06	2.09	2.03	2.36	4.83	6.46	7.95	6.91	7.18	6.13	
2009	7.66	8.34	8.01	6.66	4.36	1.36	2.43	4.52	7.48	8.77	9.96	9.23	6.57	
2010	9.17	9.69	9.02	8.25	5.33								8.29	
2011														
2012														
PROM	9.02	9.12	8.96	7.85	5.07	3.14	2.75	4.34	6.56	8.12	8.98	9.08	6.91	

Tabla 35: Temperatura mensual estación Chuquibambilla completa y extendida

DATOS HISTORICOS														
ESTACION: CHUQUIBAMBILLA								LATITUD: -14.796389		DEPARTAMENTO: PUNO				
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)								LONGITUD: -70.728333		PROVINCIA: MELGAR				
								ALTITUD: 3910 msnm		DISTRITO: UMACHIRI				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	
1965	8.7	8.7	8.7	8.0	3.2	2.4	2.0	3.9	6.4	7.5	8.7	8.8	6.4	
1966	8.6	8.3	7.3	4.8	3.6	2.0	2.2	4.8	6.8	9.2	8.1	9.6	6.3	
1967	9.2	8.7	8.9	7.5	5.9	3.2	2.0	3.6	6.5	7.6	8.1	8.5	6.6	
1968	8.8	9.1	8.4	7.3	4.5	3.0	2.7	4.0	6.0	8.4	8.2	8.6	6.6	
1969	8.8	8.9	8.6	7.3	5.1	2.5	2.5	1.8	5.4	7.6	8.2	8.6	6.3	
1970	9.1	9.5	9.0	8.1	5.9	4.4	2.9	4.4	6.3	7.4	8.2	8.8	7.0	
1971	8.9	8.2	8.8	6.5	3.9	3.1	1.6	3.4	5.8	6.5	7.5	8.6	6.1	
1972	8.2	8.0	8.7	7.4	4.0	1.7	2.9	4.6	6.0	8.0	9.9	9.4	6.6	
1973	9.5	9.7	9.7	8.8	6.5	4.0	2.8	4.5	6.5	9.0	8.8	8.5	7.4	
1974	8.5	8.7	8.0	7.7	4.5	2.6	2.7	3.1	5.5	8.2	7.1	8.3	6.2	
1975	7.5	8.2	8.1	7.2	5.7	4.2	2.5	4.3	7.3	7.6	8.3	8.8	6.6	
1976	8.4	8.6	8.9	7.2	5.0	2.8	3.6	4.3	6.5	7.1	8.0	9.4	6.7	
1977	9.8	9.2	9.5	7.5	4.8	1.5	3.8	4.1	7.1	7.7	9.1	8.8	6.9	
1978	9.1	9.8	8.7	8.3	4.8	3.6	1.9	4.3	6.3	7.8	8.7	9.6	6.9	
1979	8.7	9.5	9.5	7.6	4.7	3.9	2.7	4.6	6.8	8.5	8.9	9.0	7.0	
1980	9.8	9.8	9.4	7.3	4.3	3.4	4.2	5.2	6.9	9.3	9.2	8.8	7.3	
1981	9.6	9.1	9.3	7.6	5.1	2.3	3.1	4.5	6.1	8.5	9.9	9.5	7.1	
1982	9.7	9.2	9.9	7.8	3.8	3.2	3.1	4.6	6.4	8.5	9.2	9.7	7.1	
1983	10.4	10.1	9.9	8.7	5.9	4.1	3.8	5.8	7.4	8.2	8.9	9.3	7.7	
1984	8.5	9.0	9.5	8.2	6.1	4.0	3.4	5.4	5.5	8.6	9.0	8.8	7.2	
1985	9.3	9.1	9.0	8.5	6.5	4.3	2.4	4.8	7.4	7.5	8.3	8.7	7.2	
1986	8.8	8.7	8.9	8.5	3.9	3.5	1.9	4.2	7.1	7.7	9.2	9.9	6.9	
1987	9.8	9.7	9.0	8.0	5.6	3.5	3.4	5.4	6.8	8.2	10.4	10.6	7.5	
1988	10.3	9.9	10.1	8.9	6.7	3.5	3.1	4.8	7.5	8.4	9.3	9.7	7.7	
1989	9.1	9.4	9.1	8.6	6.4	5.4	4.1	5.3	8.4	9.9	9.9	10.8	8.0	
1990	10.4	9.9	9.6	8.8	5.2	3.5	2.7	4.3	6.3	7.9	9.2	8.4	7.2	
1991	8.5	8.7	10.7	9.8	5.7	3.3	2.2	3.8	6.2	7.6	21.0	9.1	8.1	
1992	9.1	8.7	9.2	8.7	6.0	4.4	3.0	4.2	6.5	8.2	8.7	9.5	7.2	
1993	8.7	8.9	8.4	8.4	5.8	3.1	4.2	5.2	7.7	9.0	10.1	10.5	7.5	
1994	10.1	10.7	9.5	9.3	6.9	4.4	4.9	5.3	8.0	9.2	11.0	10.9	8.4	
1995	11.3	10.1	9.4	7.6	4.7	2.3	2.8	4.2	6.2	7.7	8.4	7.9	6.9	
1996	8.5	8.7	8.5	8.0	5.5	2.3	1.9	3.6	4.7	6.7	7.4	8.7	6.2	
1997	8.8	8.2	7.8	5.9	5.0	2.3	2.8	4.2	6.9	8.9	9.2	9.7	6.6	
1998	9.5	11.0	10.6	8.9	4.8	4.3	3.6	5.6	6.2	8.6	8.2	8.6	7.5	
1999	8.7	8.3	8.2	7.2	5.0	2.1	2.2	4.1	5.5	7.1	7.3	8.5	6.2	
2000	8.1	7.6	7.9	6.8	4.9	2.8	2.1	4.2	5.3	6.3	7.3	7.5	5.9	
2001	7.5	8.1	7.7	7.0	5.3	3.7	2.8	3.2	7.1	8.0	9.0	9.0	6.5	
2002	9.2	8.9	8.7	7.7	5.9	4.0	3.0	4.5	6.8	8.7	8.7	9.5	7.1	
2003	9.6	9.7	9.4	8.0	5.5	2.2	2.2	3.7	5.8	6.8	8.1	8.8	6.7	
2004	8.1	8.4	8.2	6.6	3.1	2.1	1.8	4.3	6.6	8.8	9.5	9.2	6.4	
2005	9.2	9.4	9.3	8.6	4.2	1.8	3.7	3.9	6.8	9.1	8.9	9.4	7.0	
2006	8.4	8.8	8.6	7.9	3.3	3.2	1.7	4.9	5.9	8.1	8.4	8.8	6.5	
2007	9.0	9.3	8.5	8.8	5.9	3.9	2.7	4.2	7.4	7.6	7.3	7.5	6.8	
2008	7.6	10.0	8.1	8.1	2.1	2.0	2.4	4.8	6.5	7.9	6.9	7.2	6.1	
2009	7.7	8.3	8.0	6.7	4.4	1.4	2.4	4.5	7.5	8.8	10.0	9.2	6.6	
2010	9.2	9.7	9.0	8.2	5.3	2.5	3.1	5.0	6.7	8.4	8.1	8.6	7.0	
2011	8.9	9.1	8.2	8.2	6.1	3.3	3.0	4.6	6.3	8.0	8.0	8.5	6.9	
2012	8.4	8.9	8.5	7.2	4.6	2.7	2.4	4.8	6.6	8.4	8.3	8.4	6.6	
2013	8.8	8.7	8.7	8.4	4.7	2.8	2.9	4.7	7.5	8.5	8.6	9.8	7.0	
2014	9.3	9.2	8.6	7.6	5.1	2.9	2.8	4.9	6.6	7.6	8.5	9.4	6.9	
2015	9.4	9.4	9.6	8.3	6.1	4.0	2.5	4.5	6.7	8.5	8.8	9.5	7.3	
2016	9.2	9.4	8.8	8.2	5.4	3.1	2.8	4.5	6.5	8.1	8.5	8.8	6.9	
2017	9.1	9.2	8.8	7.7	5.6	3.5	2.8	4.7	6.5	8.1	8.1	8.9	6.9	
2018	8.9	9.1	9.1	8.3	5.7	3.1	2.6	4.5	6.0	8.2	8.0	9.1	6.9	
PROM	9.0	9.1	8.9	7.9	5.1	3.1	2.8	4.4	6.6	8.1	8.9	9.0	6.9	

Rojo: Completado
Azul: Extendido

Tabla 36: Temperatura mensual original estación Combapata



DATOS HISTORICOS													
ESTACION: COMBAPATA							LATITUD:	-14.1		DEPARTAME:	CUSCO		
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD:	-71.433333		PROVINCIA:	CANCHIS		
							ALTITUD:	3465 msnm		DISTRITO:	COMBAPATA		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1963													
1964				6.76	8.54	10.44	10.3	9.87	10.93	10.53	10	9.69	9.67
1965	9.9	8.03	6.82	7.58	8.28	10.1	10.37	11.1	10.9	11.94	11.94	10.41	9.78
1966	0	8.59	7.36	9.56	10.09	11.29	12.8	13.51	13.69	12.94	13.54	12.89	10.52
1967	12.06	10.47	8.81	9.49	10.73	11.83	10.97	12.1	12.76	12.83	13.74	11.87	11.47
1968	10.39	9.12	8.17	8.82	10.22	11.09	12.04	12.36	13.12	13.18	12.73	13.15	11.2
1969	11.45	10.37	9.49	9.63	10.6	11.6	12.44	13.24	13.72	14.25	14.22	12.79	11.98
1970	12.03	10.25	9.44	8.78	10.33	12.11	11.73	13.3	13.22	13.85	13.86	12.04	11.74
1971	10.89	8.57	9.39	8.59	9.98	11.04	11.65	12.25	13.78	13.43	13.57	12.35	11.29
1972	11.32	9.93	8.23	9.57	10.63	11.67	12.7	13.19	13.51	14.61	14.73	14.12	12.02
1973	12.37	10.49	9.1	9.6	10.68	12	11.91	13.2	13.06	14.44	13.28	12.12	11.85
1974	10.94	8.78	9.13	8.7	10.62	10.83	12.81	11.11	13.6	13.36	14.12	13.43	11.45
1975	11.46	10.05	9.04	8.93	9.61	11.34	11.73	13.18	13.39	13.64	14	12.13	11.54
1976	10.24	10.09	8.98	9.54	9.75	11.43	11.72	12.27	12.96	15.08	14.37	13.67	11.67
1977	11.96	10.03	8.46	10	9.75	11.68	12	13.75	13.66	14.39	13.23	13.33	11.85
1978	12.05	10.83	9.49	8.81	9.66	10.82	12.24	12.8	13.76	14.05	13.53	13.16	11.77
1979	11.3	10.16	8.42	9.27	10.5	12	4.6	11.95	13.77	5.53	12.99	12.49	10.25
1980	11.77	10.48	8.89	9.67	11.45	12.25	12.98	13.53	13.55	13.66	14.46	13.53	12.18
1981	11.29	10.09	8.97	9.25	11.03	11.18	12.18	12.24	12.42	12.62	12.59	11.95	11.32
1982	10.66	9.57	8.9	9.43	11.42	11.55	12.4	12.33	12.35	12.09	11.05	12.06	11.15
1983	11.25	11.12	10.08	9.62	10.73	9.99	12.65	12.08	12.55	13.17	13.93	11.84	11.58
1984	9.91	10.54	8.07	9.33	10.28	11.05	11.29	11.8	11.78	11.88	11.98	11.6	10.79
1985	12.15	11.09	7.47	7.9	11.52	13.13	13.18	13.04	12.29				11.31
1986							12.63	12.65					12.64
1987	11.55	10.61	9.2	10.24	12.33	12.65	13.09	12.55	12.06	12.87	11.48	10.34	11.58
1990	8.4	9.75	9.3	8.72	8.64	8.36	10.37	11.07	11.58	11.32	10.27	10.13	9.83
1991	9.21	7.92	6.62	5.88	7.12	8.5	9.69	9.92	9.87	10.5	10.33	9.76	8.78
1992	8.61	7.8	8.22	7.87	8.99	4.47	8	7.93	9.65	9.45	9.32	9.16	8.29
1993	8.45	10.57	8.48	9.53	10.56	12.34	12.45	12.85	13.44	13.88	13.53	13.02	11.59
1994	12.45	10.41	9.24	8.6	10	11.93	12.87	13.66	14.03	14.66	13.86	13.98	12.14
1995	12.33	10.77	9.27	10.55	11.29	12.01	13.71	14.77	14.14	14.69	14.52	13.59	12.64
1996	12.11	11.17	9.34	9.33	11.47	11.75	13.61	12.65	12.85				11.59
1997		9.83	8.91	9.81	19.87	20.68	20.79						14.98
PROM	10.64	9.92	8.71	9.01	10.54	11.39	12	12.33	12.74	12.81	12.9	12.16	11.26



Tabla 38: Temperatura mensual original estación La Angostura

DATOS HISTORICOS													
ESTACION: LA ANGOSTURA							LATITUD: -15.179722		DEPARTAME: AREQUIPA				
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD: -71.649444		PROVINCIA: CAYLLOMA				
							ALTITUD: 4256msnm		DISTRITO: CAYLLOMA				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1963	7.3	7.06	7.2	6.34	4.07	1.5	1.08	2.4	3.95	6.38	6.81	7.74	5.15
1964	7.26	8.41	7.33	6.59	2.99	0.7	-0.5	2.27	2.79	4.2	5.16	6.09	4.44
1965	6.75	-7.42	6.54	5.94	3.25	0.29	0.17	1.02	4.02	4.87	5.68	7.56	3.22
1966	7.71	7.64	6.91	4.46	2.64		-0.32	1.6	3.16	6.31	6.24	6.99	4.85
1967	7	7.26	6.39	5.55	4.08	1.36	0.51	1.73	4.61	5.18	4.49	5.76	4.49
1968	6.13	7.01	5.99	4.13	2.51	0.73	-0.09	1.03	2.64	5.45	6.03	6.56	4.01
1969	6.83	7.3	7.29	5.91	2.43	-1.76	0.96	0.71	4.19	5.67	6.35	7.67	4.46
1970	7.8	8.24	7.48	6.74	4.05	2.21	1.22	2.04	4.83	5.64	6.28	7.35	5.32
1971	7.65	7.31	7.24	5.93	2.45	1.42	-0.18	1.94	3.17	3.23	4.86	7.25	4.35
1972	7.55	8.22	7.76	6.59	3.67	1.18	1.66	2.37	5.73	6.46	8.04	8.05	5.61
1973	8.55	9.12	8.99	8.04	4.82	1.86	1.24	2.47	4.73	6.61	7.91	7.47	5.98
1974	7.47	8.03	7.45	6.58	3.2	1.52	2.27	1.58	4.79	5.26	6.5	6.61	5.1
1975	6.17	5.99	6.95	5.99	4.18	2.76	0.93	1.21	1.91	5.12	6.08	6.3	4.47
1976	6.3	6.69	6.66	5.14	3.36	1.83	1.81	2.55	4.54	5.03	4.88	6.79	4.63
1977	7.83	6.78	6.95	6.03	3.02	1.18	2.44	2.61	4.11	6	6.68	6.85	5.04
1978	6.52	7.93	6.72	-3.25	4.09	2.5	0.75	2.91	3.62	5.32	6.57	7.39	4.26
1979	6.7	7.4	7.09	5.71	3.44	3	2.09	2.43	4.96	6.27	7.42	6.63	5.26
1980	7.56	7.66	6.98	5.95	3.57	2.44	2.45	2.7	4.8	6.67	7.07	6.66	5.37
1981	7.03	7.01	7.14	5.37	3.81	1.24	1.67	2.43	3.52	6.15	7.88	7.78	5.07
1982	7.24	7.42	7.12	5.4	2.74	1.75	2.01	2.84	4.84	6.67	7.27	7.45	5.23
1983	8.64	7.92	8.34	7.54	4.95	2.42	2.46	4.2	5.32	5.79	5.87	7.02	5.87
1984	6.8	6.88	7.12	6.43	4.69	2.78	1.92	3.03	3.28	7.02	6.95	6.91	5.32
1985	7.06	7.18	7.36	6.7	4.88	3.04	1.21	3.25	5.09	5.63	6.28	7.16	5.4
1986	7.26	7.04	6.86	6.64	3.2	2.7	1.09	2.68	4.63	5.39	6.19	7.82	5.13
1987	7.95	7.82	7.47	6.4	4.43	2.25	2.2	3.63	4.4	6.44	7.75	8.24	5.75
1988	8.02	8.01	7.37	6.9	5.14	2.5	2.36	3.83	5.46	5.97	6.5	7.31	5.78
1989	7.13	7.05	7.05	6.41	4.76	3.43	2	3.05	4.83	6.32	5.58	7.09	5.39
1990	6.94	6.73	6.84	6.18	4.37	3.03	2	3.29	4.23	6.85	7.62	7.23	5.44
1991	7.95	7.91	7.62	6.68	4.53	2.11	1.84	3.32	4.41	5.98	6.25	6.65	5.44
1992	7.25	7.74	6.97	6.06	4.33	2.94	1.57	2.65	4.28	5.75	6.11	7.22	5.24
1993	6.65	6.72	7.03	6.72	4.54	2.64	2.32	2.86	4.52	6.26	7.51	8.5	5.52
1994	7.2	7.15	7.52	6.85	4.82	2.27	2.07	3.27	4.81	6.22	7.22	8.27	5.64
1995	8.55	7.71	7.17	6.28	4.1	2.88	3.05	4.37	5.78	6.64	7.1	-12.4	4.27
1996	-12.31	-12.51	-12.67	0.33	5.09	2.56	2.04	4.11	4.83	6.42	6.5	7.48	0.16
1997	7.07	6.99	6.92	5.61	4.29	2.09	2.78	3.46	5.99	7.17	7.75	8.31	5.7
1998	9.01	9.68	8.87	7.42	4.28	3.44	3.1	4.37	5.1	6.56	7.07	7.74	6.39
1999	7.77	6.98	7.6	6.54	5.07	2.71	2.41	3.62	4.71	6.98	5.95	7.4	5.64
2000	7.15	7.42	7.09	6.8	5.02	2.83	2.27	4.02	5.17	5.82	6.37	7.2	5.6
2001	7	7.26	7.31	6.41	4.92	3.5	2.75	3.35	5.49	6.65	7.63	7.15	5.79
2002	7.96	7.96	7.5	6.65	5.42	4.22	2.89	3.71	5.49	7.04	7.71	7.85	6.2
2003	8.3	8.22	7.53	6.71	5.04	2.76	3.06	3.34	4.45	6.04	7.19	8.03	5.89
2004	7.5	8.14	7.5	6.88	3.82	2.4	2.4	3.78	5.74	6.41	7.51	8.28	5.86
2005	7.9	7.7	8	6.92	4.36	2.06	3.42	3.09	4.97	6.58	7.43	7.92	5.86
2006	7.3	8.45	8.08	7.36	4.25	3.06	2.49	4.43	4.77	6.98	8.02	8.21	6.12
2007	8.13	8.14	7.89	7.46	5.32	4.01	2.97	4.46	6.22	6.72	7.06	7.39	6.31
2008	7.77	7.84	7.21	5.94	3.34	3.04	2.48	3.47	4.64	7.02	7.89	8.04	5.72
2009	7.82	8.13	7.55	7.01	4.71	2.31	3.04	2.96	5.56	7.1	8.17	8.79	6.09
2010	8.58	9.06	8.75	7.6	5.39	4.53	3.31	4.47	5.6	6.53	7.03	7.92	6.56
2011	7.88	7.77	8.15	7.04	5.3								7.23
PROM	7.05	6.9	6.94	6.07	4.14	2.3	1.87	2.94	4.6	6.1	6.75	6.99	5.22



Tabla 39: Temperatura mensual completado y extendido estación La Angostura

DATOS HISTORICOS															
ESTACION: LA ANGOSTURA							LATITUD:	-15.179722			DEPARTAMENTO:				AREQUIPA
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD:	-71.649444			PROVINCIA:				CAYLLOMA
							ALTITUD:	4256msnm			DISTRITO:				CAYLLOMA
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM		
1965	6.7	7.0	6.5	5.9	3.2	0.3	0.2	1.0	4.0	4.9	5.7	7.6	4.4		
1966	7.7	7.6	6.9	4.5	2.6	1.0	1.5	1.6	3.2	6.3	6.2	7.0	4.7		
1967	7.0	7.3	6.4	5.5	4.1	1.4	0.5	1.7	4.6	5.2	4.5	5.8	4.5		
1968	6.1	7.0	6.0	4.1	2.5	0.7	0.0	1.0	2.6	5.5	6.0	6.6	4.0		
1969	6.8	7.3	7.3	5.9	2.4	1.2	1.0	0.7	4.2	5.7	6.3	7.7	4.7		
1970	7.8	8.2	7.5	6.7	4.0	2.2	1.2	2.0	4.8	5.6	6.3	7.4	5.3		
1971	7.7	7.3	7.2	5.9	2.5	1.4	1.4	1.9	3.2	3.2	4.9	7.3	4.5		
1972	7.6	8.2	7.8	6.6	3.7	1.2	1.7	2.4	5.7	6.5	8.0	8.1	5.6		
1973	8.6	9.1	9.0	8.0	4.8	1.9	1.2	2.5	4.7	6.6	7.9	7.5	6.0		
1974	7.5	8.0	7.4	6.6	3.2	1.5	2.3	1.6	4.8	5.3	6.5	6.6	5.1		
1975	6.2	6.0	7.0	6.0	4.2	2.8	0.9	1.2	1.9	5.1	6.1	6.3	4.5		
1976	6.3	6.7	6.7	5.1	3.4	1.8	1.8	2.6	4.5	5.0	4.9	6.8	4.6		
1977	7.8	6.8	7.0	6.0	3.0	1.2	2.4	2.6	4.1	6.0	6.7	6.9	5.0		
1978	6.5	7.9	6.7	6.8	4.1	2.5	0.7	2.9	3.6	5.3	6.6	7.4	5.1		
1979	6.7	7.4	7.1	5.7	3.4	3.0	2.1	2.4	5.0	6.3	7.4	6.6	5.3		
1980	7.6	7.7	7.0	5.9	3.6	2.4	2.4	2.7	4.8	6.7	7.1	6.7	5.4		
1981	7.0	7.0	7.1	5.4	3.8	1.2	1.7	2.4	3.5	6.2	7.7	7.8	5.1		
1982	7.2	7.4	7.1	5.4	2.7	1.7	2.0	2.8	4.8	6.7	7.3	7.5	5.2		
1983	8.6	7.9	8.3	7.5	5.0	2.4	2.5	4.2	5.3	5.8	5.9	7.0	5.9		
1984	6.8	6.9	7.1	6.4	4.7	2.8	1.9	3.0	3.3	7.0	7.0	6.9	5.3		
1985	7.1	7.2	7.4	6.7	4.9	3.0	1.2	3.2	5.1	5.6	6.3	7.2	5.4		
1986	7.3	7.0	6.9	6.6	3.2	2.7	1.1	2.7	4.6	5.4	6.2	7.8	5.1		
1987	8.0	7.8	7.5	6.4	4.4	2.3	2.2	3.6	4.4	6.4	7.7	8.2	5.7		
1988	8.0	8.0	7.4	6.9	5.1	2.5	2.4	3.8	5.5	6.0	6.5	7.3	5.8		
1989	7.1	7.0	7.0	6.4	4.8	3.4	2.0	3.1	4.8	6.3	5.6	7.1	5.4		
1990	6.9	6.7	6.8	6.2	4.4	3.0	2.0	3.3	4.2	6.8	7.6	7.2	5.4		
1991	8.0	7.9	7.6	6.7	4.5	2.1	1.8	3.3	4.4	6.0	6.2	6.7	5.4		
1992	7.2	7.7	7.0	6.1	4.3	2.9	1.6	2.7	4.3	5.7	6.1	7.2	5.2		
1993	6.7	6.7	7.0	6.7	4.5	2.6	2.3	2.9	4.5	6.3	7.5	8.5	5.5		
1994	7.2	7.1	7.5	6.8	4.8	2.3	2.1	3.3	4.8	6.2	7.2	8.3	5.6		
1995	8.6	7.7	7.2	6.3	4.1	2.9	3.0	4.4	5.8	6.6	7.1	7.5	5.9		
1996	7.3	7.4	7.1	0.3	5.1	2.6	2.0	4.1	4.8	6.4	6.5	7.5	5.1		
1997	7.1	7.0	6.9	5.6	4.3	2.1	2.8	3.5	6.0	7.2	7.7	8.3	5.7		
1998	9.0	9.7	8.9	7.4	4.3	3.4	3.1	4.4	5.1	6.6	7.1	7.7	6.4		
1999	7.8	7.0	7.6	6.5	5.1	2.7	2.4	3.6	4.7	7.0	5.9	7.4	5.6		
2000	7.2	7.4	7.1	6.8	5.0	2.8	2.3	4.0	5.2	5.8	6.4	7.2	5.6		
2001	7.0	7.3	7.3	6.4	4.9	3.5	2.8	3.3	5.5	6.6	7.6	7.2	5.8		
2002	8.0	8.0	7.5	6.7	5.4	4.2	2.9	3.7	5.5	7.0	7.7	7.8	6.2		
2003	8.3	8.2	7.5	6.7	5.0	2.8	3.1	3.3	4.5	6.0	7.2	8.0	5.9		
2004	7.5	8.1	7.5	6.9	3.8	2.4	2.4	3.8	5.7	6.4	7.5	8.3	5.9		
2005	7.9	7.7	8.0	6.9	4.4	2.1	3.4	3.1	5.0	6.6	7.4	7.9	5.9		
2006	7.3	8.4	8.1	7.4	4.3	3.1	2.5	4.4	4.8	7.0	8.0	8.2	6.1		
2007	8.1	8.1	7.9	7.5	5.3	4.0	3.0	4.5	6.2	6.7	7.1	7.4	6.3		
2008	7.8	7.8	7.2	5.9	3.3	3.0	2.5	3.5	4.6	7.0	7.9	8.0	5.7		
2009	7.8	8.1	7.5	7.0	4.7	2.3	3.0	3.0	5.6	7.1	8.2	8.8	6.1		
2010	8.6	9.1	8.7	7.6	5.4	4.5	3.3	4.5	5.6	6.5	7.0	7.9	6.6		
2011	7.9	7.8	8.2	7.0	5.3	3.2	2.1	3.0	3.9	6.2	7.3	7.8	5.8		
2012	7.6	7.9	7.4	6.9	3.7	2.6	2.5	4.0	5.2	6.4	7.3	7.7	5.8		
2013	7.6	7.7	7.5	6.9	4.0	2.7	2.6	3.5	4.9	5.9	7.2	7.7	5.7		
2014	7.7	8.1	7.7	6.9	4.4	2.2	1.9	2.6	5.0	6.1	6.8	7.2	5.6		
2015	7.5	7.4	6.8	5.2	3.4	2.8	1.4	2.6	3.9	6.1	6.7	7.4	5.1		
2016	7.1	7.3	7.6	6.9	4.0	2.4	2.6	2.8	5.4	6.3	6.9	7.5	5.6		
2017	7.5	7.5	7.5	6.9	4.4	2.9	2.5	3.4	4.4	6.0	6.2	7.3	5.5		
2018	7.0	7.2	7.4	6.9	5.0	3.0	2.7	3.8	5.5	6.4	7.2	8.0	5.8		
PROM	7.5	7.6	7.4	6.3	4.2	2.4	2.1	3.0	4.7	6.1	6.8	7.5	5.5		

Rojo: Completado
Azul: Extendido



Tabla 40: Temperatura mensual original estación Sicuani

DATOS HISTORICOS														
ESTACION: SICUANI							LATITUD: -14.253611	DEPARTAME: CUSCO						
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD: -71.237222	PROVINCIA: CANCHIS						
							ALTITUD: 3574 msnm	DISTRITO: SICUANI						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	
1963														
1964	12.36	12.66	11.64	11.47	9.28	8.08	7.18	9.58	11.38	11.62	10.76	11.11	10.59	
1965	12.1	11.84	11.12	7.78	4.7	3.27	4.47	7.3	11.32	13.35	13.23	12.25	9.39	
1966	12.92	12.5	12.28	10.92	9.52	8.03	8.48	10.1	11.18	12.09	12.76	12.38	11.1	
1967	12.2	12.13	11.76	11.49	10.42	8.19	7.38	9.44	11.65	12.34	13.02	12.03	11	
1968	11.42	12.11	11.83	10.7	8.09	8.09	7.41	9.75	11.99	12.78	12.41	12.69	10.77	
1969	12.07	12.95	12.56	12.15	10.69	8.99	8.51	8.98	11.58	13.45	13.34	13.06	11.53	
1970	12.37	12.91	11.95	12.29	10.36	9.45	7.94	10.29	11.77	12.82	13.21	12.33	11.48	
1971	11.89	11.4	12.02	11.06	9.46	8.38	7.64	9.82	11.69	11.76	12.6	11.98	10.81	
1972	11.73	12.51	13.79	11.94	9.83	8.33	9.11	10.11	12.07	12.97	13.72	13.03	11.6	
1973	12.91	13.32	12.98	12.31	10.28	8.88	8.5	10.19	11.96	13.21	12.83	12.13	11.62	
1974	11.57	11.17	11.6	11.11	9.83	7.88	8.63	8.49	11.24	12.54	12.36		10.58	
1975	11.31	11.51	11.86	11.65	9.74	8.37	7.53	9.95	11.67	11.92	12.38	11.76	10.8	
1976	11.54	12.31	11.85	10.81	9.35	8.24	8.43	9.54	10.9	12.93	12.38	12.86	10.93	
1977	12.88	12.58	11.91	11.42	10.04	8.13	8.52	9.26	11.7	12.81	12.31	12.18	11.15	
1978	11.7	12.63	12.76	12.54	10.06	8.7	7.91	8.92	10.39	10.46	11.13	11.12	10.69	
1979	11.77	11.33	11.57	10.75	9.53	7.78	9.12	8.67	10.2	11.4	11.41	11.41	10.41	
1980	11.22	12.19	11.54	10.45	8.58	8.47	8.8	9.01	9.58	9.85	10.68	11.03	10.12	
1981	10.85	10.55	10.56	9.1	6.92	7.3	7.2	10.22	9.88	10.05	11.32	10.16	9.51	
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1983	0	0	13.28	13.28	10.02	9.29	8.04	9.52	10.39	10.92	10.91	10.23	8.82	
1984	10.81	11.91	11.28	10.09	9.38								10.69	
1987							8.38	10.83	12.33	12.98	13.32		11.57	
1988		12.79	12.37	11.54	10.08	7.73							10.9	
1989							7.39	9.63		12.89	11.87	12.67	10.89	
1990	12.35	11.93	11.88	11.27									11.86	
1991	12.82	12.73	6.21	11.42	10.06	5.75	6.78	8.78	10.8	11.78	12	9.6	9.89	
1992	12.63	12.95						8.97	11.85	12.22	12.36	12.81	11.97	
1993	12.09	12.31	12.03	12.01	10.25	8	8.55	9.45	11.43	12.65	12.77	12.79	11.19	
1994	12.12	11.63	12.14	10.96	9.98	7.9	7.8	9.1	12.31	12.74	13.31	13.01	11.08	
1995	12.86	12.64	12.25	11.98	10.13	8.61	9.22	10.85	11.85	13.94	13.48	12.59	11.7	
1996	12.18	13.06	12.71	11.9	10.48	7.79	7.88	10.31	11.85	13.33	13.15	12.64	11.44	
1997	12.28	12.28	12.2	11.25	9.43	8.08	8.73	10	12.59	13.54	13.14	13.56	11.42	
1998	14.01	14.35	13.54	12.47	8.9	8.38	7.62	9.86	11.05	12.74	12.65	12.21	11.48	
1999	12.53	11.76	11.91	11.59	9.73	7.34	6.56	8.67	10.29	11.43	12.1	12.29	10.52	
2000	11.9	12.13	11.3	11.13	9.49	7.66	7.57	9.69	11.14	11.58	12.21	11.91	10.64	
2001	11.64	11.76	12.26	10.67	9.31	8.09	7.81	8.36	11.39	12.48	13.07	12.53	10.78	
2002	12.49	12.41	12.57	11.25	9.2	8.39	7.61	9.12	11.04	12.4	12.89	12.97	11.03	
2003	12.58	12.79	12.29	11.28	9.64	7.88	7.32	9.26	10.59	11.84	12.59	12.9	10.91	
2004	12.68	12.67	11.88	11.28	8.44	7.28	7.1	8.36	11.02	12.46	12.89	12.58	10.72	
2005	12.71	12.69	12.94	11.72	9.19	7.15	8.18	10.43	11.66	12.48	12.46	12.83	11.2	
2006	12.21	12.7	12.56	11.46	7.97	8.07	7.01	9.62	10.86	12.32	12.03	12.21	10.75	
2007	12.97	12.61	12.13	11.79	9.79	8.03	7.74	8.95	11.28	11.96	12.32	12.34	10.99	
2008	12.32	12.28	11.4	11.11	8.63	7.78	7.59	9.23	10.66	12.47	12.87	12.28	10.72	
2009	12.55	12.36	12.54	11.56	9.49	7.26	7.44	8.7	11.32	12.54	13.38	13.05	11.02	
2010	12.74	13.13	13.21	11.62	9.82	8.81	8.06	9.13	11.38	12.56	12.6	12.25	11.28	
2011	12.06	11.89	12.01	19.05									13.75	
2012														
PROM	11.64	11.78	11.73	11.25	9.17	7.75	7.64	9.2	11.01	12.01	12.2	11.89	10.6	



Tabla 41: Temperatura mensual completado y extendido estación Sicuani

DATOS HISTORICOS													
ESTACION: SUCUANI					LATITUD: -14.253611			DEPARTAMENTO: CUSCO					
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)					LONGITUD: -71.237222			PROVINCIA: CANCHIS					
					ALTITUD: 3574 msnm			DISTRITO: SUCUANI					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1965	12.1	11.8	11.1	7.8	4.7	3.3	4.5	7.3	11.3	13.3	13.2	12.2	9.4
1966	12.9	12.5	12.3	10.9	9.5	8.0	8.5	10.1	11.2	12.1	12.8	12.4	11.1
1967	12.2	12.1	11.8	11.5	10.4	8.2	7.4	9.4	11.7	12.3	13.0	12.0	11.0
1968	11.4	12.1	11.8	10.7	8.1	8.1	7.4	9.7	12.0	12.8	12.4	12.7	10.8
1969	12.1	12.9	12.6	12.2	10.7	9.0	8.5	9.0	11.6	13.4	13.3	13.1	11.5
1970	12.4	12.9	12.0	12.3	10.4	9.5	7.9	10.3	11.8	12.8	13.2	12.3	11.5
1971	11.9	11.4	12.0	11.1	9.5	8.4	7.6	9.8	11.7	11.8	12.6	12.0	10.8
1972	11.7	12.5	13.8	11.9	9.8	8.3	9.1	10.1	12.1	13.0	13.7	13.0	11.6
1973	12.9	13.3	13.0	12.3	10.3	8.9	8.5	10.2	12.0	13.2	12.8	12.1	11.6
1974	11.6	11.2	11.6	11.1	9.8	7.9	8.6	8.5	11.2	12.5	12.4	12.0	10.7
1975	11.3	11.5	11.9	11.7	9.7	8.4	7.5	9.9	11.9	11.9	12.4	11.8	10.8
1976	11.5	12.3	11.9	10.8	9.4	8.2	8.4	9.5	10.9	12.9	12.4	12.9	10.9
1977	12.9	12.6	11.9	11.4	10.0	8.1	8.5	9.3	11.7	12.8	12.3	12.2	11.1
1978	11.7	12.6	12.8	12.5	10.1	8.7	7.9	8.9	10.4	10.5	11.1	11.1	10.7
1979	11.8	11.3	11.6	10.7	9.5	7.8	9.1	8.7	10.2	11.4	11.4	11.4	10.4
1980	11.2	12.2	11.5	10.4	8.6	8.5	8.8	9.0	9.6	9.8	10.7	11.0	10.1
1981	10.8	10.5	10.6	9.1	6.9	7.3	7.2	10.2	9.9	10.0	11.3	10.2	9.5
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	13.3	13.3	10.0	9.3	8.0	9.5	10.4	10.9	10.9	10.2	8.8
1984	10.8	11.9	11.3	10.1	9.4	8.7	8.5	9.8	12.7	13.8	14.1	13.8	11.2
1985	15.4	15.5	13.5	12.9	10.7	9.0	8.4	10.5	12.5	13.8	14.1	13.8	12.5
1986	15.4	15.5	13.5	12.9	10.7	9.0	8.9	10.4	11.2	12.0	13.7	13.3	12.2
1987	10.4	10.5	13.4	12.9	10.5	9.0	8.4	10.8	12.3	13.0	13.3	12.4	11.4
1988	12.1	12.8	12.4	11.5	10.1	7.7	6.2	9.9	12.7	13.6	13.8	13.3	11.3
1989	13.5	13.7	13.5	12.9	10.6	9.0	7.4	9.6	12.5	12.9	11.9	12.7	11.7
1990	12.4	11.9	11.9	11.3	10.5	8.6	8.7	10.0	12.4	13.1	12.3	12.8	11.3
1991	12.8	12.7	6.2	11.4	10.1	5.8	6.8	8.8	10.8	11.8	12.0	9.6	9.9
1992	12.6	12.9	13.5	12.9	10.6	8.7	8.9	9.0	11.8	12.2	12.4	12.8	11.5
1993	12.1	12.3	12.0	12.0	10.2	8.0	8.5	9.4	11.4	12.7	12.8	12.8	11.2
1994	12.1	11.6	12.1	11.0	10.0	7.9	7.8	9.1	12.3	12.7	13.3	13.0	11.1
1995	12.9	12.6	12.3	12.0	10.1	8.6	9.2	10.9	11.8	13.9	13.5	12.6	11.7
1996	12.2	13.1	12.7	11.9	10.5	7.8	7.9	10.3	11.8	13.3	13.2	12.6	11.4
1997	12.3	12.3	12.2	11.3	9.4	8.1	8.7	10.0	12.6	13.5	13.1	13.6	11.4
1998	14.0	14.3	13.5	12.5	8.9	8.4	7.6	9.9	11.1	12.7	12.7	12.2	11.5
1999	12.5	11.8	11.9	11.6	9.7	7.3	6.6	8.7	10.3	11.4	12.1	12.3	10.5
2000	11.9	12.1	11.3	11.1	9.5	7.7	7.6	9.7	11.1	11.6	12.2	11.9	10.6
2001	11.6	11.8	12.3	10.7	9.3	8.1	7.8	8.4	11.4	12.5	13.1	12.5	10.8
2002	12.5	12.4	12.6	11.3	9.2	8.4	7.6	9.1	11.0	12.4	12.9	13.0	11.0
2003	12.6	12.8	12.3	11.3	9.6	7.9	7.3	9.3	10.6	11.8	12.6	12.9	10.9
2004	12.7	12.7	11.9	11.3	8.4	7.3	7.1	8.4	11.0	12.5	12.9	12.6	10.7
2005	12.7	12.7	12.9	11.7	9.2	7.1	8.2	10.4	11.7	12.5	12.5	12.8	11.2
2006	12.2	12.7	12.6	11.5	8.0	8.1	7.0	9.6	10.9	12.3	12.0	12.2	10.8
2007	13.0	12.6	12.1	11.8	9.8	8.0	7.7	8.9	11.3	12.0	12.3	12.3	11.0
2008	12.3	12.3	11.4	11.1	8.6	7.8	7.6	9.2	10.7	12.5	12.9	12.3	10.7
2009	12.6	12.4	12.5	11.6	9.5	7.3	7.4	8.7	11.3	12.5	13.4	13.0	11.0
2010	12.7	13.1	13.2	11.6	9.8	8.8	8.1	9.1	11.4	12.6	12.6	12.2	11.3
2011	12.1	11.9	12.0	19.0	10.7	9.0	8.9	10.6	12.7	13.8	13.8	13.6	12.3
2012	12.1	12.4	11.2	11.5	10.5	7.9	8.5	10.6	12.7	13.8	14.1	13.8	11.6
2013	15.1	15.3	13.1	12.8	10.4	8.8	8.9	10.6	12.7	13.8	13.8	13.4	12.4
2014	13.2	13.9	13.5	12.9	10.7	8.8	8.4	10.6	12.7	13.8	14.1	13.8	12.2
2015	13.6	13.8	13.5	12.9	10.4	9.0	8.4	10.5	12.7	13.6	12.9	12.3	12.0
2016	12.4	13.0	13.1	12.9	10.7	9.0	8.8	10.4	12.7	13.8	14.1	13.8	12.1
2017	12.8	12.6	13.5	12.8	10.6	9.0	8.9	10.6	12.7	13.8	14.1	13.8	12.1
2018	14.5	14.2	13.5	12.9	10.7	9.0	8.9	10.6	12.7	13.8	14.1	13.8	12.4
PROM	12.0	12.1	12.1	11.6	9.5	8.0	7.9	9.5	11.4	12.4	12.6	12.3	11.0

Rojito: Completado
Azul: Extendido



Tabla 42: Temperatura mensual original estación Yauri

DATOS HISTORICOS													
ESTACION: YAURI							LATITUD: -14.816944		DEPARTAME: CUSCO				
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)							LONGITUD: -71.416944		PROVINCIA: ESPINAR				
							ALTITUD: 3937 msnm		DISTRITO: YAURI				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1963													
1964			3.2	8.25	5.84	3.05	1.89	2.87	5.78	8.68	7.64	7.45	5.46
1965	7.87	5.87	5.32	4.44	1.97	-0.71		-0.49	2.56	3.45	5.01	5.68	3.72
1966	5.98	5.34	5.36	1.92	0.17	-1.64	-2.61	-1.47	0.72	4	3.88	4.59	2.19
1967	4.71	4.46	4.55	2.6	1.25	-1.28	-1.11	-0.69	2.05	3.14	1.76	3.67	2.09
1968	3.53	4.68	3.85	2.21	0.42	-0.92	0.35	1.1	2.45	3.87	4.41	4.47	2.54
1969	4.71	4.76	5.33	4.31	2.39	0.82	0.58	1.96	2.42	-0.33	6.58	7.87	3.45
1970	7.72	7.39	7.15	6.55	3.43	2.34	2.49	1.81	3.64	4.14	4.46	5.92	4.75
1971	6.48	6.46	6.56	5.58	2.12	0.78	0.9	0.86	2.14	3.72	6.31	7.59	4.12
1972	7.36	7.78	7.26	6.61	4.38	0.82	2.78	2.65	4.57	5.94	8.44	8.72	5.61
1973	8.95	8.71	8.42	8.62	6.76	3.01	2.09	2.72	4.45	7.2	7.84	8.87	6.47
1974	8.71	8.47	8.11	7.15	4.8	2.88	1.84	2.55	3.97	7.86	7.39	9.07	6.07
1975	8.75	8.29	8.16	7.91	7.62	5.1	3.44	4.27	5.53	6.2	8.09	8.46	6.82
1976	8.19	8.55	8.49	7.85	6.86	6.79	5.7	5.71	5.59	6.16	6.58	7.72	7.02
1977	7.63	8.38	8.8	6.88	6.18	5.53	5.61	6.1	6.05	6.04	6.54	6.53	6.69
1978	5.84	6.19	6.97	6.48	6.49	5.94	5.95	6.01	6.28	6.14			6.23
1986											9.06	9.03	9.05
1987	10.43	8.1	7.45	7.1	2.71	0.97	1.96						5.53
1988	16.02						2.16	3.99	4.94	7.25	12.88		7.87
1989									9.92				9.92
1990													
1991			2.2	4.37	3.4	2.48	1.1	-0.55	-1.52				1.64
1992						0	2.47	3.46	6.2	8.07	8.46	9.97	5.52
1993	8.94	8.79	9.52	8.86	5.38	2.17	3.38	4.18	7.05	8.63	10.09	10.41	7.28
1994	9.28	9.48	9.66	9.13	6.33	2.47	2.83	4.5	7.47	8.68	9.96	9.75	7.46
1995	10.22	9.63	9.66	8.5	5.52	3.29	3.65	5.47	7.57	9.47	9.44	9.15	7.63
1996	9.29	10.29	10.03	9.41	6.72	2.6	3.08	5.66	7.02	9.5	9.46	9.92	7.75
1997	9.99	9.41	9.08	7.58	5.49	2.94	3.73	5.01	7.86	9.69	10.61	11.32	7.73
1998	10.98	11.84	11.22	9.75	5.23	4.53	4	6.32	7.45	9.59	10.08	9.95	8.41
1999	10.67	9.76	10	8.54	6.82	3.71	3.36	5.54	7.42	9.39	8.87	9.95	7.84
2000	9.82	10	9.78	9.08	6.39	3.95	3.84	6.11	7.68	8.72	9.51	9.82	7.89
2001	9.45	9.92	9.75	8.76	6.9	5.16	4.37	4.95	8.45	9.87	10.95	10.63	8.26
2002	10.69	10.37	10.63	8.97	6.56	4.69	3.85	4.81	7.46	9.36		10.35	7.98
2003	10.55	10.37	10	8.51	5.9	2.69	3.31	4.62	6.27	7.8	9.43	10.02	7.45
2004	10.15	10.07	9.55	8.45	4.35	2.93	2.82	4.66	7.86	9.16	9.99	10.37	7.53
2005	9.98	9.97	10.25	8.74	4.92	2.11	3.64	3.66	6.86	8.8	9.47	10.33	7.39
2006	9.71	10.28	10.05	8.85	4.06	3.43	2.35	5.75	6.36	9.18	10.02	10.37	7.53
2007	10.36	10.37	9.78	9.23	6.38	4.1	3.59	5.04	8.07	8.86	9.06	9.56	7.87
2008	10.1	10.24	8.92	7.37	3.84	3.79	3.28	4.49	6.39	8.95	10.3	9.89	7.3
2009	9.91	10.09	9.51	8.4	5.46	2.43	3.78	3.82	7.67	9.39	11.16	10.81	7.7
2010	10.7	10.74	10.73	8.87	6.01	4.84	3.37	4.77	6.59	9.15	9.24	10.09	7.93
2011	9.93	9.74	9.66	8.4									9.43
2012													
PROM	8.96	8.67	8.19	7.34	4.83	2.72	2.77	3.67	5.65	7.31	8.32	8.77	6.43



Tabla 43: Temperatura mensual completado y extendido estación Yauri

DATOS HISTORICOS													
ESTACION: YAURI										LATITUD: -14.816944		DEPARTAMENTO: CUSCO	
PARAMETRO: TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (°C)										LONGITUD: -71.416944		PROVINCIA: ESPINAR	
										ALTITUD: 3937 msnm		DISTRITO: YAURI	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1965	7.9	5.9	5.3	4.4	2.0	2.1	1.7	1.2	2.6	3.4	5.0	5.7	3.9
1966	6.0	5.3	5.4	1.9	0.2	1.5	2.2	3.0	0.7	4.0	3.9	4.6	3.2
1967	4.7	4.5	4.6	2.6	1.2	3.0	2.3	2.3	2.1	3.1	1.8	3.7	3.0
1968	3.5	4.7	3.8	2.2	0.4	0.9	0.3	1.1	2.4	3.9	4.4	4.5	2.7
1969	4.7	4.8	5.3	4.3	2.4	0.8	0.6	2.0	2.4	3.8	6.6	7.9	3.8
1970	7.7	7.4	7.2	6.6	3.4	2.3	2.5	1.8	3.6	4.1	4.5	5.9	4.8
1971	6.5	6.5	6.6	5.6	2.1	0.8	0.9	0.9	2.1	3.7	6.3	7.6	4.1
1972	7.4	7.8	7.3	6.6	4.4	0.8	2.8	2.7	4.6	5.9	8.4	8.7	5.6
1973	9.0	8.7	8.4	8.6	6.8	3.0	2.1	2.7	4.5	7.2	7.8	8.9	6.5
1974	8.7	8.5	8.1	7.1	4.8	2.9	1.8	2.5	4.0	7.9	7.4	9.1	6.1
1975	8.7	8.3	8.2	7.9	7.6	5.1	3.4	4.3	5.5	6.2	8.1	8.5	6.8
1976	8.2	8.5	8.5	7.9	6.9	6.8	5.7	5.7	5.6	6.2	6.6	7.7	7.0
1977	7.6	8.4	8.8	6.9	6.2	5.5	5.6	6.1	6.0	6.0	6.5	6.5	6.7
1978	5.8	6.2	7.0	6.5	6.5	5.9	6.0	6.0	6.3	6.1	8.4	8.8	6.6
1979	9.1	8.7	7.9	6.1	4.0	3.3	2.9	3.2	3.3	5.3	9.0	8.2	5.9
1980	7.8	7.7	6.8	5.6	2.8	2.9	2.2	3.7	3.4	6.2	8.8	7.9	5.5
1981	7.8	7.1	6.2	5.2	3.1	2.2	1.8	3.1	3.8	6.1	7.7	8.5	5.2
1982	8.1	6.5	3.6	2.9	2.7	3.2	2.3	3.3	3.7	6.5	8.9	9.3	5.1
1983	8.7	7.3	6.6	5.4	2.5	2.9	2.3	5.3	5.4	6.4	9.4	9.0	5.9
1984	9.6	8.4	7.3	7.7	6.2	4.4	3.4	4.4	6.1	10.4	10.4	9.9	7.4
1985	10.1	8.3	7.8	7.9	4.8	3.6	2.7	4.8	6.3	6.5	7.9	8.4	6.6
1986	9.0	7.7	6.7	6.2	3.0	1.8	1.8	3.1	5.5	6.1	9.1	9.0	5.8
1987	10.4	8.1	7.4	7.1	2.7	1.0	2.0	4.5	5.6	7.8	7.6	9.4	6.1
1988	16.0	12.9	11.1	10.4	7.5	4.7	2.2	4.0	4.9	7.2	12.9	11.9	8.8
1989	12.5	11.5	10.9	9.9	7.0	4.2	2.7	4.6	9.9	12.8	11.3	11.2	9.0
1990	9.7	9.0	8.2	7.0	4.8	2.9	2.3	4.0	5.2	7.8	8.4	8.6	6.5
1991	10.2	10.3	2.2	4.4	3.4	2.5	1.1	4.0	5.3	6.3	8.9	8.5	5.6
1992	9.9	9.5	8.9	7.8	4.8	0.0	2.5	3.5	6.2	8.1	8.5	10.0	6.6
1993	8.9	8.8	9.5	8.9	5.4	2.2	3.4	4.2	7.1	8.6	10.1	10.4	7.3
1994	9.3	9.5	9.7	9.1	6.3	2.5	2.8	4.5	7.5	8.7	10.0	9.7	7.5
1995	10.2	9.6	9.7	8.5	5.5	3.3	3.6	5.5	7.6	9.5	9.4	9.2	7.6
1996	9.3	10.3	10.0	9.4	6.7	2.6	3.1	5.7	7.0	9.5	9.5	9.9	7.8
1997	10.0	9.4	9.1	7.6	5.5	2.9	3.7	5.0	7.9	9.7	10.6	11.3	7.7
1998	11.0	11.8	11.2	9.8	5.2	4.5	4.0	6.3	7.4	9.6	10.1	9.9	8.4
1999	10.7	9.8	10.0	8.5	6.8	3.7	3.4	5.5	7.4	9.4	8.9	9.9	7.8
2000	9.8	10.0	9.8	9.1	6.4	4.0	3.8	6.1	7.7	8.7	9.5	9.8	7.9
2001	9.4	9.9	9.7	8.8	6.9	5.2	4.4	5.0	8.4	9.9	10.9	10.6	8.3
2002	10.7	10.4	10.6	9.0	6.6	4.7	3.8	4.8	7.5	9.4	10.4	10.3	8.2
2003	10.6	10.4	10.0	8.5	5.9	2.7	3.3	4.6	6.3	7.8	9.4	10.0	7.5
2004	10.2	10.1	9.5	8.4	4.3	2.9	2.8	4.7	7.9	9.2	10.0	10.4	7.5
2005	10.0	10.0	10.2	8.7	4.9	2.1	3.6	3.7	6.9	8.8	9.5	10.3	7.4
2006	9.7	10.3	10.1	8.8	4.1	3.4	2.3	5.7	6.4	9.2	10.0	10.4	7.5
2007	10.4	10.4	9.8	9.2	6.4	4.1	3.6	5.0	8.1	8.9	9.1	9.6	7.9
2008	10.1	10.2	8.9	7.4	3.8	3.8	3.3	4.5	6.4	8.9	10.3	9.9	7.3
2009	9.9	10.1	9.5	8.4	5.5	2.4	3.8	3.8	7.7	9.4	11.2	10.8	7.7
2010	10.7	10.7	10.7	8.9	6.0	4.8	3.4	4.8	6.6	9.2	9.2	10.1	7.9
2011	9.9	9.7	9.7	8.4	7.0	4.3	2.9	4.7	6.1	6.7	8.5	9.2	7.3
2012	8.3	8.3	8.4	7.1	6.2	4.0	4.2	5.7	7.8	9.0	9.4	9.9	7.4
2013	9.0	8.8	7.7	6.6	3.7	2.1	2.1	4.6	6.9	8.9	10.5	10.6	6.8
2014	10.3	9.8	9.8	8.9	6.4	4.0	2.8	4.2	6.5	7.2	8.5	8.7	7.3
2015	8.5	7.5	6.6	6.7	5.4	4.1	2.8	4.3	6.6	7.5	7.9	8.3	6.4
2016	10.7	9.8	8.6	7.5	4.8	3.2	3.2	3.4	5.0	6.8	8.7	9.4	6.8
2017	9.9	9.4	9.3	8.5	6.6	4.2	3.2	5.0	6.5	8.0	8.5	8.7	7.3
2018	9.6	9.4	9.2	8.5	6.2	4.3	3.6	5.1	5.0	6.7	9.4	9.5	7.2
PROM	9.1	8.8	8.2	7.3	4.9	3.2	2.9	4.2	5.7	7.4	8.6	9.0	6.6

Rojo: Completado
Azul: Extendido

ANEXO F: Precipitaciones medios mensuales originales, completados, corregidos y extendidos

Tabla 44: Precipitación mensual original estación Chivay

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964										15,00	49,90	75,50	140,40
1965	34,80	111,90	31,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	10,60	1,70	1,60	40,60	234,80
1966	14,10	73,70	60,50	0,70	33,10	0,00	0,00	0,00	0,00	39,10	26,00	22,00	269,20
1967													
1968													
1969													
1970				8,10	14,80				11,70	19,70	3,30	51,30	378,93
1971	104,40	77,00	45,80	20,10	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	4,50	4,50	60,40	318,40
1972	145,00	126,80	166,40	21,30	0,00	0,00	1,00	0,00	29,20	37,50	1,70	57,40	586,30
1973	156,40	103,00	120,40	67,80	0,80	0,00	3,20	12,20	31,10	0,00	10,70	16,70	522,30
1974	180,00	117,30	21,90	44,00		10,00	0,00	56,40	6,20	0,00	0,00	38,30	477,50
1975	89,90	135,80	110,80	24,80	14,70	1,60	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	132,40	515,40
1976	195,50		103,20	13,30	4,30	0,00	10,30	11,10	43,90	0,00	0,00	38,20	569,46
1977	33,60	165,60	67,70	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	23,10	48,50	39,80	384,90
1978	94,80	12,00	34,30	42,40	0,00	0,00	4,10	0,00	0,00	17,60	9,00	14,90	229,10
1979	45,90	18,40	92,20	3,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	17,60	38,80	43,90	261,30
1980	27,00	55,50	67,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	65,70	2,40	34,00	276,50
1981	109,40	118,40	17,60	41,60	0,00	0,00	0,00	33,70	0,00	0,00	28,20	42,40	391,30
1982	91,60	52,70	79,70	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	39,10	38,10	61,30	26,40	398,40
1983													
1984		167,20	180,80	6,70	0,00	14,80	0,00	0,00		69,70	79,40	65,60	781,48
1985	29,00	157,60	99,40	39,10	8,70	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	26,40	96,50	461,70
1986	96,00	177,10	135,90	53,60	0,00	0,00	0,00	10,50	3,60	1,50	10,40	105,50	594,10
1987	71,90	28,60	38,30	5,00	0,00	0,00	9,70	0,00	0,00	7,50			192,49
1988	190,90	18,80	33,00	12,20	18,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	22,80	302,19
1989	71,00	56,40	25,60	15,40	0,00			0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	182,36
1990	59,00	26,20	60,70		4,40	52,40	0,00	8,90	0,00	12,10	62,00	93,70	405,77
1991	122,10	55,80	127,40	21,30	0,00	18,60	0,00		0,00	3,40	51,40	34,80	438,72
1992													
1993	79,50	30,80	90,50	12,60	1,00	0,00	0,00	16,20	0,00	21,50	3,50	53,80	309,40
1994	158,60	132,70	50,30	25,60	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	15,00	36,50	420,30
1995	100,50	25,10	136,40	10,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,60	49,40	355,60
1996	66,90	168,40	54,10	34,70	0,50	0,00	0,00	7,00	0,00	1,00	29,70	51,50	413,80
1997	119,00	163,20	104,80	6,00	0,00	0,00	0,00	27,10	64,40	0,00	11,50	76,00	572,00
1998	137,50	66,20	69,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,60	70,60	385,50
1999	98,80	169,80	176,50	44,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,60	39,60	3,10	51,90	603,30
2000	180,70	121,00	103,80	45,80	10,50	0,00	0,00	1,90	0,00	40,20	0,00	56,70	560,60
2001	121,20	198,90	98,40	54,90	1,60	1,30	0,00	4,90	7,00	22,60	1,20	12,80	524,80
2002	72,20	149,90	133,30	36,30	12,20	0,00	34,80	0,30	0,80	2,00	33,00	103,50	578,30
2003	40,30	91,00	65,00	19,70	6,50	0,00	0,00	4,50	1,00	0,00	0,40	46,60	275,00
2004	144,80	90,10	121,90	40,20	0,00	0,00	7,60	3,10	24,30	0,00	0,00	37,10	469,10
2005	68,70	106,90	67,00	7,90	0,00	0,00	0,00	0,00	19,90	0,20		68,20	352,10
2006	116,80	114,80	165,00	7,20	0,00	0,00	0,00	0,00	14,30	26,10	42,30	33,90	520,40
2007	137,80	120,80	101,90	35,10	1,60	0,90	0,00	0,00	0,80	0,70	18,10	53,30	471,00
2008	262,30	111,90	32,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	4,00	1,70	61,00	474,90
2009	81,50	156,80	83,50	60,70	0,00	0,00	11,60	0,00	1,30	0,00	20,10	14,40	429,90
2010	63,90	88,90	44,00	15,10									277,57
2011	114,00	178,70	60,60	69,60	9,30	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	10,10	122,40	567,50
2012	164,10	238,20	110,00	88,10	0,00	0,00	1,30	0,00	18,30	22,00	0,40	113,70	756,10
PROM	106,84	108,82	85,45	25,44	3,28	2,06	2,05	4,56	9,12	12,09	24,09	53,65	437,44



Tabla 45: Precipitación mensual completado y extendido estación Chivay

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	167.27	190.07	147.77	47.00	5.14	0.19	3.61	6.46	15.30	15.00	49.90	75.50	723.21
1965	34.80	111.90	31.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	10.60	1.70	1.60	40.60	234.80
1966	14.10	73.70	60.50	0.70	33.10	0.00	0.00	0.00	0.00	39.10	26.00	22.00	269.20
1967	128.76	85.06	58.33	23.67	1.28	0.78	0.66	1.05	0.81	9.33	54.10	34.05	397.88
1968	120.53	122.98	81.70	9.99	1.64	0.23	0.00	3.95	2.87	0.50	20.01	74.16	438.56
1969	81.41	99.79	65.97	25.44	0.04	0.04	0.95	1.49	17.82	1.65	4.43	69.81	368.84
1970	87.64	99.59	77.42	8.10	14.80	0.10	1.89	3.39	11.70	19.70	3.30	51.30	378.93
1971	104.40	77.00	45.80	20.10	0.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.50	4.50	60.40	318.40
1972	145.00	126.80	166.40	21.30	0.00	0.00	1.00	0.00	29.20	37.50	1.70	57.40	586.30
1973	156.40	103.00	120.40	67.80	0.80	0.00	3.20	12.20	31.10	0.00	10.70	16.70	522.30
1974	180.00	117.30	21.90	44.00	3.40	10.00	0.00	56.40	6.20	0.00	0.00	38.30	477.50
1975	89.90	135.80	110.80	24.80	14.70	1.60	0.00	0.00	0.00	5.40	0.00	132.40	515.40
1976	195.50	149.66	103.20	13.30	4.30	0.00	10.30	11.10	43.90	0.00	0.00	38.20	569.46
1977	33.60	165.60	67.70	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	23.10	48.50	39.80	384.90
1978	94.80	12.00	34.30	42.40	0.00	0.00	4.10	0.00	0.00	17.60	9.00	14.90	229.10
1979	45.90	18.40	92.20	3.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	17.60	38.80	43.90	261.30
1980	27.00	55.50	67.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	65.70	2.40	34.00	276.50
1981	109.40	118.40	17.60	41.60	0.00	0.00	0.00	33.70	0.00	0.00	28.20	42.40	391.30
1982	91.60	52.70	79.70	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	39.10	38.10	61.30	26.40	398.40
1983	103.34	176.11	53.83	1.33	0.57	0.86	0.98	0.39	7.68	17.15	64.90	60.66	487.80
1984	180.75	167.20	180.80	6.70	0.00	14.80	0.00	0.00	16.53	69.70	79.40	65.60	781.48
1985	29.00	157.60	99.40	39.10	8.70	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	26.40	96.50	461.70
1986	96.00	177.10	135.90	53.60	0.00	0.00	0.00	10.50	3.60	1.50	10.40	105.50	594.10
1987	71.90	28.60	38.30	5.00	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	7.50	7.27	24.22	192.49
1988	190.90	18.80	33.00	12.20	18.10	0.00	0.00	0.00	6.39	0.00	0.00	22.80	302.19
1989	71.00	56.40	25.60	15.40	0.00	0.05	0.91	0.00	0.00	0.00	13.00	0.00	182.36
1990	59.00	26.20	60.70	26.37	4.40	52.40	0.00	8.90	0.00	12.10	62.00	93.70	405.77
1991	122.10	55.80	127.40	21.30	0.00	18.60	0.00	3.92	0.00	3.40	51.40	34.80	438.72
1992	74.37	73.23	100.82	50.31	2.95	0.73	0.57	1.97	0.79	1.84	210.60	70.44	588.62
1993	79.50	30.80	90.50	12.60	1.00	0.00	0.00	16.20	0.00	21.50	3.50	53.80	309.40
1994	158.60	132.70	50.30	25.60	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	15.00	36.50	420.30
1995	100.50	25.10	136.40	10.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.60	49.40	355.60
1996	66.90	168.40	54.10	34.70	0.50	0.00	0.00	7.00	0.00	1.00	29.70	51.50	413.80
1997	119.00	163.20	104.80	6.00	0.00	0.00	0.00	27.10	64.40	0.00	11.50	76.00	572.00
1998	137.50	66.20	69.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.60	70.60	385.50
1999	98.80	169.80	176.50	44.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.60	39.60	3.10	51.90	603.30
2000	180.70	121.00	103.80	45.80	10.50	0.00	0.00	1.90	0.00	40.20	0.00	56.70	560.60
2001	121.20	198.90	98.40	54.90	1.60	1.30	0.00	4.90	7.00	22.60	1.20	12.80	524.80
2002	72.20	149.90	133.30	36.30	12.20	0.00	34.80	0.30	0.80	2.00	33.00	103.50	578.30
2003	40.30	91.00	65.00	19.70	6.50	0.00	0.00	4.50	1.00	0.00	0.40	46.60	275.00
2004	144.80	90.10	121.90	40.20	0.00	0.00	7.60	3.10	24.30	0.00	0.00	37.10	469.10
2005	68.70	106.90	67.00	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	19.90	0.20	13.30	68.20	352.10
2006	116.80	114.80	165.00	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	26.10	42.30	33.90	520.40
2007	137.80	120.80	101.90	35.10	1.60	0.90	0.00	0.00	0.80	0.70	18.10	53.30	471.00
2008	262.30	111.90	32.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	4.00	1.70	61.00	474.90
2009	81.50	156.80	83.50	60.70	0.00	0.00	11.60	0.00	1.30	0.00	20.10	14.40	429.90
2010	63.90	88.90	44.00	15.10	1.97	0.07	1.38	2.48	5.87	8.48	10.49	34.92	277.56
2011	114.00	178.70	60.60	69.60	9.30	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	10.10	122.40	567.50
2012	164.10	238.20	110.00	88.10	0.00	0.00	1.30	0.00	18.30	22.00	0.40	113.70	756.10
2013	118.60	145.30	100.70	23.20	0.50	0.00	0.40	0.30	2.20	0.30	6.30	56.80	454.60
2014	105.50	67.80	56.70	21.70	0.20	0.00	0.00	0.10	6.60	0.70	14.70	65.00	339.00
2015	99.70	54.90	70.20	8.10	0.10	0.00	1.10	0.00	1.80	1.50	3.30	74.80	315.50
2016	91.50	91.70	56.60	6.50	0.50	0.50	0.00	1.70	0.20	1.40	42.10	58.80	351.50
2017	79.70	121.10	97.70	8.00	0.00	0.00	0.20	0.30	0.90	26.00	25.70	69.40	429.00
2018	73.70	153.90	72.80	8.80	0.20	0.00	0.00	0.90	0.20	4.30	38.70	44.90	398.40
PROM	105.53	109.29	84.18	24.14	2.92	1.88	1.88	4.20	8.48	11.50	23.79	54.62	432.41

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido



Tabla 46: Precipitación mensual original estación Angostura

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978	207,90	165,20	171,30	92,50	17,80	2,70	0,00	0,00	0,60	39,20	55,40	43,00	795,60
1979	172,50	99,60	228,50	79,70	10,50	8,00	0,70	0,20	0,00	35,50	46,70	72,70	754,60
1980													
1981	189,00	274,50	111,40	118,00	51,80	6,20	1,70	35,60	6,40	34,90	18,40	72,90	920,80
1982	147,20	146,70	237,40	90,80	26,50	1,40	3,47	0,40	70,80	46,00	41,00	31,50	843,17
1983	58,00	134,60	128,10	85,00	21,50	7,10	3,70	0,00	18,10	8,60	13,00	42,70	520,40
1984	207,30	229,20	325,50	91,70	14,90	8,00	8,50	6,60	1,20	82,20	77,60	119,60	1172,30
1985	54,20	171,00	252,30	146,20	9,90	11,80	0,00	3,30	12,40	21,60	59,60	179,90	922,20
1986	135,70	175,80	148,00	67,20	12,20	0,00	1,20	8,30	2,70	16,20	19,50	191,80	778,60
1987	195,70	93,40	73,20	48,00	18,80	2,80	8,10	12,10	2,40	14,40	17,70	48,20	534,80
1988	241,60	145,60	146,90	69,10	26,20	2,20	0,00	0,60	3,10	15,30	54,10	64,40	769,10
1989													
1990													
1991	104,70	143,20	191,30	64,40	23,20	22,30	0,80		2,20	22,50	64,30	27,80	673,11
1992													
1993	191,40	62,20	143,70	79,60	45,80	10,00	4,40	11,50	16,50	33,00	61,30	88,70	748,10
1994	251,40	238,10	169,60	133,90	74,90	2,90	0,00	0,00	18,60	16,80	19,10	67,50	992,80
1995	148,30	192,50	246,90	40,50	21,00	0,80	0,60	15,40	16,80	7,70	50,80	107,50	848,80
1996	181,70	242,90	86,10	142,00	74,00	4,30	0,00	4,00	5,10	1,70	29,10	65,50	836,40
1997	185,80	251,10	161,90	57,10	23,30	4,10	4,40	39,60	51,60	3,50	25,00	70,10	877,50
1998	159,90	181,30	100,20	29,50	18,50	12,80	6,90	0,30	1,20	13,80	70,60	150,20	745,20
1999	149,20	285,20	216,20	77,70	16,80	10,20	8,50	0,30	23,00	28,10	20,40	112,80	948,40
2000	207,80	238,40	184,20	27,50	19,20	1,10	1,40	9,70	28,70	69,10	22,30	90,80	900,20
2001	263,60	317,70	193,00	134,40	49,70	2,70	18,10	8,10	12,20	6,60	27,30	125,10	1158,50
2002	139,50	237,80	234,90	92,50	22,50	3,50	6,30		6,60	26,40	31,30	100,80	910,78
2003	154,20	163,60	215,70	54,20	27,90	6,60	0,00	1,00	13,40	10,40	37,70	95,80	780,50
2004	135,70	159,10	187,90	72,10	28,80	3,70	9,40	15,10	7,30	9,90	9,60	34,40	673,00
2005	122,70	201,70	128,40	112,10	14,60	4,10	0,00	0,00	8,40	13,70	11,80	135,90	753,40
2006	222,50	195,70	199,10	60,70	6,80	3,10	1,40	0,00	10,10	19,10	50,30	67,00	835,80
2007	148,70	140,90	153,40	74,30	20,10	4,60	2,40	0,00	6,70	27,10	30,10	64,10	672,40
2008	189,80	153,40	99,00	64,80	4,50	3,70	3,30	0,50	7,70	11,80	22,10	83,90	644,50
2009	93,70	176,40	157,90	151,20	26,60	11,00	8,70	2,60	3,20	8,60	29,60	23,40	692,90
2010	129,00	161,90	164,40	66,90	36,80	10,10	2,40	10,40	1,80	20,70	34,30	126,90	765,60
2011	179,30	221,60	130,10	142,90					11,10	13,60			905,93
2012													
PROM	154,67	178,92	173,78	84,04	27,03	5,71	2,92	5,99	12,85	23,34	37,08	87,78	794,10

Tabla 47: Precipitación mensual completado y extendido estación Angostura

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	76.40	134.23	204.08	75.62	18.80	6.80	1.73	0.12	9.71	9.60	34.95	58.11	630.15
1965	152.08	150.88	160.14	79.69	18.01	4.68	0.18	0.91	8.81	12.01	45.38	66.36	699.13
1966	68.01	106.06	193.26	100.37	38.91	2.75	3.60	0.38	15.65	25.71	25.88	60.01	640.59
1967	96.57	164.49	136.16	86.97	30.14	2.62	3.82	1.32	25.15	25.52	49.89	96.18	718.83
1968	134.15	148.28	184.87	88.79	35.31	4.75	2.49	0.17	9.61	71.07	55.67	87.78	822.94
1969	130.02	159.08	126.86	66.30	21.90	4.27	0.91	1.02	11.48	20.29	46.47	84.45	673.05
1970	143.51	157.11	237.82	59.40	26.23	2.59	0.50	0.07	5.17	14.68	19.46	65.47	732.01
1971	117.17	171.04	235.31	82.91	24.32	4.30	2.20	0.83	2.09	10.38	33.13	83.62	767.30
1972	208.12	256.06	197.96	81.65	14.98	6.50	1.68	0.50	8.39	36.23	37.15	97.78	947.00
1973	205.85	227.33	208.83	76.36	28.67	2.93	1.38	2.29	19.86	24.60	50.61	80.53	929.24
1974	219.61	204.14	135.06	111.03	33.93	11.16	10.01	30.88	9.29	17.87	32.41	63.80	879.19
1975	169.99	204.13	139.70	97.99	40.12	8.41	1.07	0.56	13.32	33.47	51.59	141.71	902.06
1976	165.95	154.74	170.43	97.01	35.92	7.97	2.58	8.48	30.61	4.14	10.07	73.79	761.69
1977	88.34	178.94	163.21	59.29	16.61	3.32	0.90	2.43	14.18	22.44	45.07	67.77	662.50
1978	207.90	165.20	171.30	92.50	17.80	2.70	0.00	0.00	0.60	39.20	55.40	43.00	795.60
1979	172.50	99.60	228.50	79.70	10.50	8.00	0.70	0.20	0.00	35.50	46.70	72.70	754.60
1980	148.43	94.28	227.66	61.58	26.68	2.56	0.00	1.51	24.11	70.44	23.73	66.72	747.70
1981	189.00	274.50	111.40	118.00	51.80	6.20	1.70	35.60	6.40	34.90	18.40	72.90	920.80
1982	147.20	146.70	237.40	90.80	26.50	1.40	3.47	0.40	70.80	46.00	41.00	31.50	843.17
1983	58.00	134.60	128.10	85.00	21.50	7.10	3.70	0.00	18.10	8.60	13.00	42.70	520.40
1984	207.30	229.20	325.50	91.70	14.90	8.00	8.50	6.60	1.20	82.20	77.60	119.60	1172.30
1985	54.20	171.00	252.30	146.20	9.90	11.80	0.00	3.30	12.40	21.60	59.60	179.90	922.20
1986	135.70	175.80	148.00	67.20	12.20	0.00	1.20	8.30	2.70	16.20	19.50	191.80	778.60
1987	195.70	93.40	73.20	48.00	18.80	2.80	8.10	12.10	2.40	14.40	17.70	48.20	534.80
1988	241.60	145.60	146.90	69.10	26.20	2.20	0.00	0.60	3.10	15.30	54.10	64.40	769.10
1989	117.78	163.41	201.04	58.71	29.18	4.43	0.00	0.00	5.90	22.92	25.22	42.15	670.74
1990	150.99	132.13	87.60	98.64	33.59	19.79	0.00	0.00	0.00	21.45	82.54	213.27	840.00
1991	104.70	143.20	191.30	64.40	23.20	22.30	0.80	6.41	2.20	22.50	64.30	27.80	673.11
1992	61.60	186.86	156.58	91.03	30.26	0.18	0.00	28.67	0.00	7.38	51.75	147.37	761.68
1993	191.40	62.20	143.70	79.60	45.80	10.00	4.40	11.50	16.50	33.00	61.30	88.70	748.10
1994	251.40	238.10	169.60	133.90	74.90	2.90	0.00	0.00	18.60	16.80	19.10	67.50	992.80
1995	148.30	192.50	246.90	40.50	21.00	0.80	0.60	15.40	16.80	7.70	50.80	107.50	848.80
1996	181.70	242.90	86.10	142.00	74.00	4.30	0.00	4.00	5.10	1.70	29.10	65.50	836.40
1997	185.80	251.10	161.90	57.10	23.30	4.10	4.40	39.60	51.60	3.50	25.00	70.10	877.50
1998	159.90	181.30	100.20	29.50	18.50	12.80	6.90	0.30	1.20	13.80	70.60	150.20	745.20
1999	149.20	285.20	216.20	77.70	16.80	10.20	8.50	0.30	23.00	28.10	20.40	112.80	948.40
2000	207.80	238.40	184.20	27.50	19.20	1.10	1.40	9.70	28.70	69.10	22.30	90.80	900.20
2001	263.60	317.70	193.00	134.40	49.70	2.70	18.10	8.10	12.20	6.60	27.30	125.10	1158.50
2002	139.50	237.80	234.90	92.50	22.50	3.50	6.30	8.68	6.60	26.40	31.30	100.80	910.78
2003	154.20	163.60	215.70	54.20	27.90	6.60	0.00	1.00	13.40	10.40	37.70	95.80	780.50
2004	135.70	159.10	187.90	72.10	28.80	3.70	9.40	15.10	7.30	9.90	9.60	34.40	673.00
2005	122.70	201.70	128.40	112.10	14.60	4.10	0.00	0.00	8.40	13.70	11.80	135.90	753.40
2006	222.50	195.70	199.10	60.70	6.80	3.10	1.40	0.00	10.10	19.10	50.30	67.00	835.80
2007	148.70	140.90	153.40	74.30	20.10	4.60	2.40	0.00	6.70	27.10	30.10	64.10	672.40
2008	189.80	153.40	99.00	64.80	4.50	3.70	3.30	0.50	7.70	11.80	22.10	83.90	644.50
2009	93.70	176.40	157.90	151.20	26.60	11.00	8.70	2.60	3.20	8.60	29.60	23.40	692.90
2010	129.00	161.90	164.40	66.90	36.80	10.10	2.40	10.40	1.80	20.70	34.30	126.90	765.60
2011	179.30	221.60	130.10	142.90	32.56	7.62	3.89	9.01	11.10	13.60	43.66	110.58	905.92
2012	156.09	173.76	162.25	77.99	23.46	0.11	0.00	3.73	46.43	15.23	2.09	88.83	749.97
2013	151.80	175.40	219.20	76.20	17.50	8.90	2.40	1.00	8.10	11.40	25.60	70.20	767.70
2014	139.50	156.60	155.10	81.70	21.80	7.90	0.20	0.10	11.50	17.50	44.80	68.10	704.80
2015	140.00	138.40	201.90	108.90	28.50	3.20	2.30	0.40	17.20	30.50	34.40	80.40	786.10
2016	143.70	142.20	165.40	61.20	25.20	4.40	0.40	2.10	2.50	18.50	50.40	71.00	687.00
2017	106.40	152.90	176.80	86.60	26.10	3.20	1.10	1.00	3.50	27.00	47.40	87.60	719.60
2018	114.70	233.10	158.90	80.80	16.50	3.40	1.20	2.70	5.60	45.10	41.70	95.90	799.60
PROM	152.27	177.56	174.41	83.88	26.55	5.65	2.74	5.47	12.33	23.52	37.47	86.81	788.65

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido



Tabla 48: Precipitación mensual original estación Porpera

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964													
1965												43.50	43.50
1966	70.90	133.10	52.70	8.00	24.40	0.00	0.00	6.30	1.00	32.20	107.60		508.23
1967	128.30	78.10	191.80	53.80	0.50	0.30	5.70	2.70	38.80	19.70	13.10	82.40	615.20
1968	250.80	97.30	145.80	59.90	1.20	2.50	12.10	5.10	17.60	56.50			810.68
1969													
1970													
1971	172.90	272.40	203.80	30.30	2.50	0.50	0.00	0.00	0.00	14.40	14.70	120.00	831.50
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													1301.96
1994	306.00	246.20	106.50	93.00	18.80	0.30	0.00	0.00	0.50	4.00	34.70	117.80	927.80
1995	129.00	156.80	211.10	39.20	2.70	0.00	0.00	2.00	17.90	12.00	16.50	94.50	681.70
1996	256.50	172.70	108.40	50.10	20.80	0.00	1.90	8.40	12.40	6.60	34.00	227.50	899.30
1997	204.90	254.90	101.00	27.40	22.50	0.00	0.40	31.90	84.50	47.30	82.70	175.20	1032.70
1998	189.50	131.20	102.70	42.30	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	25.00	87.00	102.70	683.20
1999	224.10	345.30	258.90	91.10	6.80	0.00	0.00	0.00	30.60	93.70	24.20	95.20	1169.90
2000	272.30	259.70	178.70	6.60	30.30	5.70	0.20	9.80	1.90	103.60	6.60	111.50	986.90
2001	221.80	233.20	154.40	113.80	46.70	3.50	17.30	13.90	4.80	7.20	14.50	52.10	883.20
2002	137.80	246.90	168.20	105.80	31.00	10.40	34.40	2.00	11.50	48.90	68.90	113.50	979.30
2003	141.50	191.00	177.10	35.60	9.30	5.70	0.00	3.80	21.60	17.10	11.20	149.80	763.70
2004	231.70	196.80	161.80	57.80	0.00	0.00	17.00	22.10	26.00		10.10	75.90	832.09
2005	173.40	190.40	104.70	71.50	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	24.40	35.70	108.80	712.50
2006	236.50	165.00	201.70	67.10	7.10	0.00	0.00	3.50	14.50	31.00	98.00	121.40	945.80
2007	203.80	219.90	195.00	56.50	12.20	0.50	6.30	0.00	39.60	40.80	46.10	109.80	930.50
2008	298.00	145.60	71.00	0.70	3.40	0.40	1.30	0.00	6.10	32.40	6.30	144.80	710.00
2009	97.10	219.30	108.30	84.30	0.00	0.00	16.00	2.80	22.40	14.60	98.70	69.00	732.50
2010	260.10	251.50	90.10	61.30	10.20	1.50	1.00	0.00	7.30	38.30	12.50	177.20	911.00
2011	243.50	306.00	132.70	123.74	4.10		6.30	1.80	6.50	13.60	41.20	195.00	1080.18
2012	325.60	275.30	154.10	130.50	8.40			1.50	18.30	54.70	11.70	210.90	1203.29
PROM	199.69	174.52	144.06	60.17	15.67	9.02	9.43	17.25	23.87	37.56	54.81	117.00	863.06



Tabla 49: Precipitación mensual completado y extendido estación Porpera

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	94.29	103.62	128.78	67.00	46.45	5.76	6.79	2.53	14.88	41.53	53.63	53.01	618.27
1965	212.41	110.88	91.08	51.28	2.43	2.73	2.52	2.79	6.79	24.79	29.93	43.50	581.13
1966	70.90	133.10	52.70	8.00	24.40	0.00	0.00	6.30	1.00	32.20	107.60	72.03	508.23
1967	128.30	78.10	191.80	53.80	0.50	0.30	5.70	2.70	38.80	19.70	13.10	82.40	615.20
1968	250.80	97.30	145.80	59.90	1.20	2.50	12.10	5.10	17.60	56.50	46.98	114.90	810.68
1969	160.49	162.82	153.19	93.48	7.73	22.23	0.00	41.18	66.06	0.00	75.59	235.23	1018.00
1970	244.55	138.90	139.43	5.82	0.00	0.00	0.00	0.00	50.92	35.47	7.10	229.20	851.39
1971	172.90	272.40	203.80	30.30	2.50	0.50	0.00	0.00	0.00	14.40	14.70	120.00	831.50
1972	378.30	159.81	252.58	30.00	11.87	10.90	10.90	19.86	73.27	43.25	65.08	42.28	1098.10
1973	301.31	181.83	256.28	79.89	41.30	13.04	31.36	42.28	76.00	36.63	72.88	94.90	1227.70
1974	329.37	233.48	98.41	127.06	14.41	30.58	11.87	214.18	40.52	24.15	57.09	69.37	1250.49
1975	265.05	347.50	277.53	54.17	29.27	17.90	17.36	30.15	45.09	63.01	87.30	214.77	1449.10
1976	183.00	134.08	179.88	45.59	36.82	16.75	22.59	25.52	61.77	16.75	11.87	78.53	813.15
1977	114.59	229.19	131.74	19.67	12.85	10.90	17.14	10.90	26.10	38.96	107.96	68.59	788.59
1978	284.15	51.05	75.02	55.14	12.85	16.75	10.90	10.90	19.67	28.24	146.94	124.72	836.33
1979	158.83	89.44	177.93	37.60	14.80	10.90	13.82	10.90	10.90	53.19	66.25	139.34	783.90
1980	64.69	71.32	164.29	34.68	10.90	10.90	19.86	26.49	46.96	81.26	11.48	47.93	590.76
1981	232.70	225.29	76.58	79.11	14.80	10.90	10.90	51.24	13.82	29.41	53.58	98.41	896.74
1982	186.90	67.62	121.99	71.12	10.90	10.90	10.90	12.07	38.57	84.57	132.32	40.13	787.99
1983	48.71	66.06	60.21	59.23	19.08	10.90	11.87	10.90	26.30	34.87	10.90	87.11	446.14
1984	201.32	240.50	226.27	36.24	18.30	16.75	10.90	24.15	10.90	56.31	194.69	151.03	1187.36
1985	39.94	297.99	128.43	97.63	42.28	15.00	14.68	10.90	27.85	16.75	65.67	145.97	903.09
1986	154.54	227.24	188.46	114.59	26.88	10.90	12.85	25.52	22.59	29.22	10.90	135.83	959.52
1987	235.04	46.18	17.14	34.74	15.96	12.07	24.74	14.80	10.90	30.58	20.84	30.97	493.96
1988	259.40	89.25	169.55	130.18	10.90	10.90	13.82	10.90	10.90	28.83	10.90	83.01	828.54
1989	178.32	146.16	163.70	61.77	20.84	25.52	10.90	17.33	10.90	10.90	21.81	22.20	690.35
1990	181.05	60.60	75.61	19.67	21.81	46.57	10.90	15.97	10.90	63.13	109.91	118.49	734.61
1991	228.61	118.88	142.26	39.74	27.47	27.85	10.90	10.90	19.67	52.61	75.61	41.50	796.00
1992	70.93	92.56	43.64	16.36	16.75	16.36	17.14	51.83	11.29	37.21	49.68	102.11	525.86
1993	200.54	70.73	138.56	76.39	17.14	11.87	10.90	30.00	32.14	107.77	213.01	392.91	1301.96
1994	306.00	246.20	106.50	93.00	18.80	0.30	0.00	0.00	0.50	4.00	34.70	117.80	927.80
1995	129.00	156.80	211.10	39.20	2.70	0.00	0.00	2.00	17.90	12.00	16.50	94.50	681.70
1996	256.50	172.70	108.40	50.10	20.80	0.00	1.90	8.40	12.40	6.60	34.00	227.50	899.30
1997	204.90	254.90	101.00	27.40	22.50	0.00	0.40	31.90	84.50	47.30	82.70	175.20	1032.70
1998	189.50	131.20	102.70	42.30	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	25.00	87.00	102.70	683.20
1999	224.10	345.30	258.90	91.10	6.80	0.00	0.00	0.00	30.60	93.70	24.20	95.20	1169.90
2000	272.30	259.70	178.70	6.60	30.30	5.70	0.20	9.80	1.90	103.60	6.60	111.50	986.90
2001	221.80	233.20	154.40	113.80	46.70	3.50	17.30	13.90	4.80	7.20	14.50	52.10	883.20
2002	137.80	246.90	168.20	105.80	31.00	10.40	34.40	2.00	11.50	48.90	68.90	113.50	979.30
2003	141.50	191.00	177.10	35.60	9.30	5.70	0.00	3.80	21.60	17.10	11.20	149.80	763.70
2004	231.70	196.80	161.80	57.80	0.00	0.00	17.00	22.10	26.00	32.89	10.10	75.90	832.09
2005	173.40	190.40	104.70	71.50	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	24.40	35.70	108.80	712.50
2006	236.50	165.00	201.70	67.10	7.10	0.00	0.00	3.50	14.50	31.00	98.00	121.40	945.80
2007	203.80	219.90	195.00	56.50	12.20	0.50	6.30	0.00	39.60	40.80	46.10	109.80	930.50
2008	298.00	145.60	71.00	0.70	3.40	0.40	1.30	0.00	6.10	32.40	6.30	144.80	710.00
2009	97.10	219.30	108.30	84.30	0.00	0.00	16.00	2.80	22.40	14.60	98.70	69.00	732.50
2010	260.10	251.50	90.10	61.30	10.20	1.50	1.00	0.00	7.30	38.30	12.50	177.20	911.00
2011	243.50	306.00	132.70	123.74	4.10	5.74	6.30	1.80	6.50	13.60	41.20	195.00	1080.18
2012	325.60	275.30	154.10	130.50	8.40	6.39	5.90	1.50	18.30	54.70	11.70	210.90	1203.29
2013	175.30	141.10	174.40	73.00	5.40	9.20	12.50	9.30	22.70	16.00	39.80	109.30	788.00
2014	173.30	144.60	122.10	55.90	6.50	5.90	1.90	1.40	22.70	24.00	55.90	87.30	701.50
2015	165.80	113.70	158.20	87.10	21.30	2.80	5.50	1.10	17.80	45.80	16.30	126.30	761.70
2016	195.00	120.20	102.50	36.80	17.30	1.40	1.00	7.60	5.70	34.70	54.80	88.40	665.40
2017	80.30	125.40	141.10	75.50	13.00	3.40	5.00	8.30	16.10	53.30	71.30	108.60	701.30
2018	147.90	295.70	161.50	60.50	5.80	0.70	1.80	6.70	8.50	54.50	48.30	107.20	899.10
PROM	194.96	172.59	143.98	60.68	15.22	8.46	8.91	16.00	22.96	37.61	54.04	115.64	851.04

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido



Tabla 50: Precipitación mensual original estación Pusapusa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970	216.60	182.90	110.60	21.00	23.50	0.00	3.50	0.00	46.40	44.70	17.50	133.60	800.30
1971	120.80	234.20	86.90	35.10	6.50	0.00	0.00	1.50	0.00	7.80	19.80	104.60	617.20
1972	259.90	108.50	156.70	62.70	3.70	0.00	2.10	0.00	41.60	55.10	32.80	80.50	803.60
1973	239.20	173.70	180.10	96.30	4.60	0.00	2.70	5.00	28.00	15.10	59.50	87.90	892.10
1974	243.00	233.20	71.40	49.40	7.50	7.70	0.00	66.00	7.10	3.60	13.10	57.30	759.30
1975	188.20	216.20	166.30	38.60	44.50	0.80	0.00	5.00	23.80	50.80	4.90	191.80	930.90
1976	185.60	166.10	173.40	41.20	14.70	5.50	3.30	7.40	50.70	3.90	3.30	46.30	701.40
1977	76.00	253.30	212.40	15.80	2.10	0.00	2.10	0.00	38.90	48.00	106.10	71.60	826.30
1978	318.50	86.00	73.00	75.70	2.80	0.00	0.00	0.30	6.20	26.70	76.50	89.00	754.70
1979	130.90	38.80	168.30		3.50	0.00	1.50	4.60	0.00	46.20	63.40	107.00	601.17
1980	102.60	40.50	150.00	16.30	0.00	0.00	3.40	0.00	32.00	116.50	15.40		542.78
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008													
2009													
2010													
2011													
2012													
PROM	182.39	156.61	145.28	51.37	10.27	1.63	2.04	5.29	25.56	37.96	42.05	103.02	763.47



Tabla 51: Precipitación mensual completado y extendido estación Puspasa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	108.44	57.14	142.25	44.74	28.88	0.87	0.64	0.51	8.25	24.07	54.98	70.56	541.33
1965	103.93	124.22	82.18	43.28	0.72	0.55	4.00	0.96	34.26	39.12	12.85	168.07	614.14
1966	147.37	154.13	151.74	19.96	25.06	0.46	0.13	2.13	0.52	23.60	77.93	71.88	674.91
1967	108.22	142.89	155.65	43.15	20.65	0.63	5.45	0.03	66.27	47.41	17.89	106.74	714.98
1968	212.35	175.06	170.35	18.99	7.91	2.66	3.03	1.11	28.13	80.81	75.12	56.98	832.50
1969	218.92	173.66	155.47	36.10	6.07	1.36	3.48	0.92	12.19	15.25	75.38	56.16	754.96
1970	216.60	182.90	110.60	21.00	23.50	0.00	3.50	0.00	46.40	44.70	17.50	133.60	800.30
1971	120.80	234.20	86.90	35.10	6.50	0.00	0.00	1.50	0.00	7.80	19.80	104.60	617.20
1972	259.90	108.50	156.70	62.70	3.70	0.00	2.10	0.00	41.60	55.10	32.80	80.50	803.60
1973	239.20	173.70	180.10	96.30	4.60	0.00	2.70	5.00	28.00	15.10	59.50	87.90	892.10
1974	243.00	233.20	71.40	49.40	7.50	7.70	0.00	66.00	7.10	3.60	13.10	57.30	759.30
1975	188.20	216.20	166.30	38.60	44.50	0.80	0.00	5.00	23.80	50.80	4.90	191.80	930.90
1976	185.60	166.10	173.40	41.20	14.70	5.50	3.30	7.40	50.70	3.90	3.30	46.30	701.40
1977	76.00	253.30	212.40	15.80	2.10	0.00	2.10	0.00	38.90	48.00	106.10	71.60	826.30
1978	318.50	86.00	73.00	75.70	2.80	0.00	0.00	0.30	6.20	26.70	76.50	89.00	754.70
1979	130.90	38.80	168.30	36.97	3.50	0.00	1.50	4.60	0.00	46.20	63.40	107.00	601.17
1980	102.60	40.50	150.00	16.30	0.00	0.00	3.40	0.00	32.00	116.50	15.40	66.08	542.78
1981	246.33	201.86	102.73	49.05	3.74	0.09	0.48	4.62	12.24	32.06	32.90	122.23	808.33
1982	186.13	37.28	125.93	44.55	0.36	0.65	0.60	0.57	110.74	175.13	161.45	60.55	903.94
1983	116.16	172.38	193.29	88.69	11.12	0.91	0.05	0.09	111.90	47.03	1.10	108.58	851.30
1984	184.36	288.66	213.10	17.75	14.37	0.92	0.10	8.93	0.46	22.86	134.71	95.30	981.52
1985	42.99	173.37	103.60	67.80	8.19	8.35	0.43	0.41	27.80	3.30	55.78	77.94	569.96
1986	137.55	179.61	172.86	72.15	7.55	0.26	2.17	4.61	24.78	20.99	2.31	92.87	717.71
1987	299.19	13.84	86.55	25.65	21.62	11.19	11.08	1.14	3.64	26.50	35.42	65.35	601.17
1988	315.27	120.50	128.77	34.40	11.11	0.09	3.44	0.86	12.11	2.91	3.15	82.94	715.55
1989	148.48	93.91	175.73	54.42	1.23	0.67	0.87	2.67	0.04	1.49	11.48	51.22	542.21
1990	250.63	52.82	139.80	42.61	8.27	3.95	0.67	2.87	0.91	131.24	44.09	84.67	762.53
1991	105.42	59.20	86.78	25.20	14.10	14.78	0.14	0.82	8.00	25.31	26.01	62.11	427.87
1992	174.11	87.04	103.92	25.73	0.57	0.98	1.77	39.68	0.25	24.68	36.10	46.06	540.89
1993	281.86	55.39	147.90	180.94	1.80	0.13	0.55	21.26	15.16	70.93	136.15	110.67	1022.74
1994	217.98	227.81	214.00	31.41	17.24	0.82	0.89	0.67	0.70	3.68	29.06	71.15	815.41
1995	150.37	96.48	272.27	54.10	6.28	0.49	0.06	1.06	16.53	29.23	18.35	93.23	738.45
1996	170.38	150.94	103.34	153.10	15.83	0.66	0.51	8.97	19.15	17.08	26.25	78.37	744.58
1997	248.88	191.34	111.59	38.36	7.83	0.90	0.38	8.65	81.18	22.75	63.02	80.72	855.60
1998	256.02	117.44	97.95	16.57	1.89	0.75	0.30	1.37	1.15	14.75	26.23	49.59	584.01
1999	157.62	223.07	137.56	234.61	7.99	0.13	0.15	3.51	46.56	105.21	18.65	109.34	1044.40
2000	171.66	173.94	149.40	25.26	8.78	2.54	0.97	1.44	3.50	87.80	12.73	142.40	780.42
2001	262.78	228.80	277.81	179.99	21.30	1.69	5.16	1.06	10.74	20.85	7.24	47.71	1065.13
2002	111.48	466.20	149.03	41.97	22.49	1.83	10.26	0.04	40.17	60.49	72.00	112.98	1088.94
2003	140.13	217.02	250.54	26.41	10.46	0.20	1.77	14.14	29.91	13.44	37.16	95.78	836.96
2004	239.80	128.68	100.52	30.32	1.93	0.60	9.27	1.65	27.55	9.39	21.38	65.59	636.68
2005	109.23	149.96	110.18	32.35	3.96	0.81	0.11	14.42	30.40	32.07	17.59	143.46	644.54
2006	292.64	81.99	188.04	30.62	4.29	1.09	0.26	10.33	39.24	60.85	45.97	85.49	840.81
2007	139.15	96.71	133.61	33.11	10.83	0.99	5.50	0.84	30.60	31.03	22.20	79.38	583.95
2008	212.81	70.58	87.31	9.32	7.27	1.22	0.12	0.32	2.74	14.11	6.15	71.07	483.02
2009	86.07	140.37	115.17	32.45	10.10	0.14	3.61	0.78	32.31	30.00	118.39	82.53	651.92
2010	172.69	139.51	94.01	26.62	13.13	0.32	0.96	0.60	12.39	16.56	13.88	610.54	1101.21
2011	141.21	283.88	113.00	46.20	11.14	0.57	1.61	4.43	30.23	16.69	44.39	179.97	873.32
2012	187.09	392.68	225.89	50.28	13.78	0.53	0.28	0.87	44.84	41.17	52.89	222.11	1232.41
2013	165.00	125.20	122.00	67.60	8.30	0.70	1.60	1.80	21.00	17.90	44.80	79.40	655.30
2014	169.90	169.60	171.30	32.00	8.40	0.80	0.40	1.90	34.60	21.60	33.10	60.90	704.50
2015	126.80	157.20	190.70	34.80	14.90	0.10	0.70	0.30	22.70	25.50	8.30	75.10	657.10
2016	134.00	202.00	168.50	38.60	5.80	0.20	0.40	4.60	5.60	21.10	22.00	91.00	693.80
2017	103.80	134.50	158.00	58.60	7.10	1.10	3.00	1.90	40.90	39.80	73.20	78.50	700.40
2018	158.60	177.00	143.30	40.00	9.30	0.30	0.50	1.60	7.30	17.20	53.60	95.70	704.40
PROM	178.09	157.08	146.78	50.71	10.13	1.51	1.94	4.93	25.17	36.42	41.74	100.52	755.01

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido

Tabla 52: Precipitación mensual original estación Tisco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981	204.20		52.00	73.00	2.00	0.00	0.00	46.80	9.00	24.80	52.30	110.60	744.96
1982	161.00	45.90	122.80	34.90	0.00	0.50	0.00	0.00	80.90	105.50	150.50	70.00	772.00
1983													
1984	178.40	256.00	284.80	11.10	10.50	3.00	0.00	28.40	0.00	46.30	135.50	125.60	1079.60
1985	32.90	263.00	134.40	49.70	10.00	14.80	0.00	0.00	15.40	0.00	70.00	142.40	732.60
1986	105.90	162.70	178.90	98.40	12.50	0.00	2.70	52.20	18.10	11.00	11.00	149.60	803.00
1987	212.50	42.90	26.20	23.60	3.40	2.10	27.00	4.50	2.00	23.30	24.60	28.00	420.10
1988	216.90	72.50	97.00	63.50	8.50	0.00	0.00	4.00	6.80	0.00	4.00	30.20	503.40
1989	123.90	93.00	159.50	50.70	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	12.00	4.00	446.10
1990													
1991	150.60	72.70	162.30	10.70	3.50	30.70	3.00	1.60	3.50	29.20	48.60		592.72
1992	51.60	73.80	32.90	4.80	0.00	2.70	2.80	40.00	1.00	25.20	24.70	85.60	345.10
1993	230.90	82.40	133.90	49.90	6.20	1.30	0.30	25.10	15.50	34.20	63.70	106.10	749.50
1994	241.60	218.10	74.30	45.60	10.10	2.80	1.50	1.70	0.00	1.00	25.20	72.70	694.60
1995	121.50	135.00	215.70	27.80	3.70	0.10	0.00	2.80	8.60	13.10	22.30	122.00	672.60
1996	187.30	156.80	83.00	61.60	12.00	0.00	0.30	14.10	11.70	10.60	41.30	146.60	725.30
1997	175.00	201.80	86.50	24.70	18.10	0.00	0.00	33.10	64.80	14.00	60.00	102.20	780.20
1998	271.10	114.90	96.60	15.90	0.50	3.00	0.00	0.80	0.50	9.50	48.50	75.90	637.20
1999	199.20	273.90	198.20	30.40	6.00	0.00	1.20	0.50	23.40	75.30	10.70	90.30	909.10
2000	194.30	242.50	157.20	21.40	28.70	7.70	0.30	11.30	1.60	70.90	22.10	97.90	855.90
2001	240.30	238.90	144.10	108.80	31.20	5.30	16.40	11.90	8.30	18.60	8.50	35.80	868.10
2002	123.50	241.60	186.80	134.80	17.30	7.90	31.70	0.40	19.00	44.60	82.10	113.20	1002.90
2003	77.10		193.10	29.10	11.70	1.50	3.50	4.00	13.10	13.90		114.50	644.24
2004	208.60	176.30	137.50	39.30	2.40	0.40	20.20	14.80	15.30	3.10	6.90	72.60	697.40
2005	124.30	207.00	127.40	56.80	0.40	0.00	0.00	0.70	23.10	11.50	18.70	103.40	673.30
2006	202.00	200.30	195.40	62.30	6.10	4.00	0.00	7.60	25.50	29.30	61.50	78.80	872.80
2007	185.90	179.60	180.20	38.30	9.10	0.00	9.60	0.70	16.00	13.60	22.80	96.10	751.90
2008	257.80	123.50	69.90	5.40	3.20	2.60	0.00	0.60	1.60	17.00	4.90	95.60	582.10
2009	104.60	203.60	133.20	65.50	2.70	0.00	11.00	2.40	23.80	9.90	47.80	64.60	669.10
2010	179.10	164.50	72.90	69.20	6.30	2.00	2.20	1.00	6.20	21.10	13.30	142.90	680.70
2011	178.90	253.80	94.90	106.70	3.10	0.00	17.20	5.10	15.80	12.10	39.60	219.80	947.00
2012	269.00	308.80	149.80	116.40	6.70	2.30	1.40	1.20	28.00	26.50	39.90	199.00	1149.00
PROM	177.91	164.92	135.79	48.22	9.45	4.98	5.19	11.62	18.57	28.29	41.70	96.43	743.07

Tabla 53: Precipitación mensual completado y extendido estación Tisco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	96.79	82.19	128.09	49.01	25.89	1.56	1.56	8.30	6.42	21.35	67.59	65.26	554.01
1965	84.51	179.74	96.56	48.56	1.89	1.56	11.73	1.56	28.10	25.89	13.06	169.34	662.50
1966	123.55	206.06	73.01	13.28	51.44	1.56	1.56	6.53	1.56	49.45	89.71	62.39	680.10
1967	116.36	179.63	245.10	72.90	16.05	2.22	10.63	11.95	47.79	27.66	15.60	101.65	847.54
1968	295.76	133.84	199.98	36.51	5.98	7.20	7.64	7.97	23.68	60.07	95.13	36.62	910.38
1969	231.23	176.24	86.17	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	14.24	98.66	153.50	809.84
1970	155.85	168.01	154.74	26.22	12.06	1.56	2.66	2.77	40.93	7.20	6.76	163.92	742.68
1971	156.29	204.51	113.49	34.85	4.43	2.55	1.56	1.56	1.56	7.09	3.99	148.22	680.10
1972	259.15	138.81	171.22	30.47	7.84	7.84	9.44	7.84	46.02	30.68	30.12	70.38	809.81
1973	330.82	211.92	177.64	91.26	19.14	1.56	10.63	12.84	35.84	9.96	68.47	61.06	1031.14
1974	322.41	192.68	51.00	90.70	3.22	17.48	1.56	124.44	11.84	6.31	9.74	57.08	888.46
1975	163.70	274.41	136.93	34.96	24.56	5.10	1.56	2.66	10.41	54.98	3.11	146.89	859.27
1976	170.78	120.68	185.93	47.57	11.84	9.85	6.53	4.10	66.70	2.11	2.22	81.08	709.39
1977	75.66	266.12	132.95	9.41	4.99	1.56	4.10	1.56	14.50	19.47	123.44	56.64	710.40
1978	352.83	28.21	88.60	77.76	1.56	5.98	1.56	2.66	4.10	31.31	88.49	67.92	750.98
1979	142.46	98.89	137.93	19.81	1.56	1.56	4.32	4.32	1.56	67.03	80.31	105.19	664.94
1980	81.74	49.23	204.62	3.99	1.56	1.56	16.49	30.20	32.64	105.63	3.88	34.96	566.50
1981	204.20	170.26	52.00	73.00	2.00	0.00	0.00	46.80	9.00	24.80	52.30	110.60	744.96
1982	161.00	45.90	122.80	34.90	0.00	0.50	0.00	0.00	80.90	105.50	150.50	70.00	772.00
1983	95.79	203.20	174.18	98.53	16.49	0.00	0.00	0.00	69.51	30.20	0.00	63.11	751.01
1984	178.40	256.00	284.80	11.10	10.50	3.00	0.00	28.40	0.00	46.30	135.50	125.60	1079.60
1985	32.90	263.00	134.40	49.70	10.00	14.80	0.00	0.00	15.40	0.00	70.00	142.40	732.60
1986	105.90	162.70	178.90	98.40	12.50	0.00	2.70	52.20	18.10	11.00	11.00	149.60	803.00
1987	212.50	42.90	26.20	23.60	3.40	2.10	27.00	4.50	2.00	23.30	24.60	28.00	420.10
1988	216.90	72.50	97.00	63.50	8.50	0.00	0.00	4.00	6.80	0.00	4.00	30.20	503.40
1989	123.90	93.00	159.50	50.70	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	12.00	4.00	446.10
1990	251.99	43.18	114.24	38.58	8.45	70.55	0.00	9.60	0.00	100.44	34.45	107.64	779.12
1991	150.60	72.70	162.30	10.70	3.50	30.70	3.00	1.60	3.50	29.20	48.60	76.32	592.72
1992	51.60	73.80	32.90	4.80	0.00	2.70	2.80	40.00	1.00	25.20	24.70	85.60	345.10
1993	230.90	82.40	133.90	49.90	6.20	1.30	0.30	25.10	15.50	34.20	63.70	106.10	749.50
1994	241.60	218.10	74.30	45.60	10.10	2.80	1.50	1.70	0.00	1.00	25.20	72.70	694.60
1995	121.50	135.00	215.70	27.80	3.70	0.10	0.00	2.80	8.60	13.10	22.30	122.00	672.60
1996	187.30	156.80	83.00	61.60	12.00	0.00	0.30	14.10	11.70	10.60	41.30	146.60	725.30
1997	175.00	201.80	86.50	24.70	18.10	0.00	0.00	33.10	64.80	14.00	60.00	102.20	780.20
1998	271.10	114.90	96.60	15.90	0.50	3.00	0.00	0.80	0.50	9.50	48.50	75.90	637.20
1999	199.20	273.90	198.20	30.40	6.00	0.00	1.20	0.50	23.40	75.30	10.70	90.30	909.10
2000	194.30	242.50	157.20	21.40	28.70	7.70	0.30	11.30	1.60	70.90	22.10	97.90	855.90
2001	240.30	238.90	144.10	108.80	31.20	5.30	16.40	11.90	8.30	18.60	8.50	35.80	868.10
2002	123.50	241.60	186.80	134.80	17.30	7.90	31.70	0.40	19.00	44.60	82.10	113.20	1002.90
2003	77.10	147.24	193.10	29.10	11.70	1.50	3.50	4.00	13.10	13.90	35.50	114.50	644.24
2004	208.60	176.30	137.50	39.30	2.40	0.40	20.20	14.80	15.30	3.10	6.90	72.60	697.40
2005	124.30	207.00	127.40	56.80	0.40	0.00	0.00	0.70	23.10	11.50	18.70	103.40	673.30
2006	202.00	200.30	195.40	62.30	6.10	4.00	0.00	7.60	25.50	29.30	61.50	78.80	872.80
2007	185.90	179.60	180.20	38.30	9.10	0.00	9.60	0.70	16.00	13.60	22.80	96.10	751.90
2008	257.80	123.50	69.90	5.40	3.20	2.60	0.00	0.60	1.60	17.00	4.90	95.60	582.10
2009	104.60	203.60	133.20	65.50	2.70	0.00	11.00	2.40	23.80	9.90	47.80	64.60	669.10
2010	179.10	164.50	72.90	69.20	6.30	2.00	2.20	1.00	6.20	21.10	13.30	142.90	680.70
2011	178.90	253.80	94.90	106.70	3.10	0.00	17.20	5.10	15.80	12.10	39.60	219.80	947.00
2012	269.00	308.80	149.80	116.40	6.70	2.30	1.40	1.20	28.00	26.50	39.90	199.00	1149.00
2013	158.30	137.40	160.00	49.60	3.20	7.50	4.50	3.40	13.30	9.20	39.50	95.20	681.10
2014	145.30	176.70	153.50	34.90	4.60	3.70	0.30	1.10	20.70	14.00	38.50	59.90	653.20
2015	119.40	154.00	201.50	70.70	11.70	0.70	1.40	0.60	18.40	26.20	9.30	101.00	714.90
2016	133.70	162.20	162.10	23.80	8.90	0.30	0.20	7.40	3.20	20.70	22.50	81.70	626.70
2017	78.80	151.20	142.90	56.40	7.30	0.80	3.00	4.20	22.60	31.70	66.50	99.00	664.40
2018	127.40	256.20	130.70	40.80	3.10	0.40	0.90	5.60	5.50	28.40	42.10	121.30	762.40
PROM	172.37	165.79	138.26	47.98	9.13	4.68	4.81	10.76	18.07	27.57	41.12	96.06	736.61

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido

Tabla 54: Precipitación mensual original estación Yauri

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986	137.30	194.65	166.74	85.84	5.56	0.09	1.93	33.53	12.23	41.75	14.50	106.50	800.61
1987													
1988	294.90	190.77	152.02	64.68	7.85	1.31	1.17	0.00	6.30	24.30	13.70	134.30	891.30
1989													
1990													
1991			4.30	34.10	15.80	47.00	0.00	0.00	55.90	26.95	42.87	83.49	554.10
1992													
1993													
1994	205.60	221.60	191.10	54.60	16.70	0.00	0.00	0.00	22.20	13.10	66.40	100.60	891.90
1995	165.80	141.20	209.40	81.70	2.70	0.00	0.00	2.80	13.00	51.60	37.60	128.20	834.00
1996	159.40	187.80	108.20	96.90	16.90	0.00	0.00	20.30	13.60	31.00	51.10	105.00	790.20
1997	246.50	209.70	116.40	66.70	3.20	0.00	0.00	26.20	38.40	14.60	91.70	122.60	936.00
1998	217.10	150.40	89.80	13.80	0.00	2.50	0.00	3.60	0.80	48.30	47.00	48.00	621.30
1999	141.60	229.30	159.10	125.50	3.60	0.00	0.00	0.80	47.80	52.90	45.30	155.30	961.20
2000	160.70	194.60	161.80	41.10	4.20	5.60	0.00	12.70	6.20	78.50	26.80	167.80	860.00
2001	265.90	230.55	254.90	99.50	32.00	0.90	4.30	4.80	4.20	32.20	25.80	67.50	1022.55
2002	111.40	294.30	148.00	67.60	24.70	0.50	16.70	0.00	40.50	56.00		142.80	978.18
2003	171.10	230.00	193.30	36.90	5.70	0.80	0.00	5.50	34.80	11.10	73.40	129.20	891.80
2004	215.70	166.50	83.50	48.40	0.00	0.80	9.70	17.70	25.60	25.70	56.70	105.40	755.70
2005	114.30	176.50	123.20	43.10	1.10	0.00	0.00	4.80	5.60	55.90	41.90	162.20	728.60
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	132.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70	650.80
2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	42.40	23.80	103.30	559.50
2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	1.00	43.80	170.60	133.90	769.50
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	247.20	138.80	72.40	9.30	0.00	0.00	10.60	36.10	16.90	75.10	137.60	871.00
2012	171.50	266.80	191.40	78.10	11.40	0.00	0.10	0.00	11.30	31.00	76.50		986.79
PROM	181.99	175.11	134.53	60.97	11.71	3.96	2.24	7.80	17.43	42.10	63.64	118.47	819.94

Tabla 55: Precipitación mensual completado y extendido estación Yauri

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	151.05	119.22	104.49	73.85	41.51	0.97	0.98	3.19	31.26	34.21	78.63	99.37	738.73
1965	143.83	170.82	112.66	58.99	0.78	0.04	1.26	0.02	14.03	29.48	34.70	143.16	709.77
1966	147.23	221.71	170.72	43.99	52.29	0.13	0.33	1.94	4.19	54.74	58.79	89.40	845.46
1967	162.51	175.53	146.41	69.99	22.74	1.01	2.52	2.72	23.21	49.39	32.25	140.86	829.14
1968	235.32	199.88	181.33	15.99	4.40	1.62	1.02	5.38	6.19	40.48	92.14	65.24	848.99
1969	214.04	187.57	152.69	57.26	3.69	3.97	1.39	1.06	13.53	46.09	103.40	69.49	854.18
1970	168.64	201.35	89.05	27.42	36.14	0.75	2.13	0.78	15.37	34.66	34.41	159.30	770.00
1971	140.65	206.92	135.44	71.62	4.26	0.14	0.99	0.43	2.30	38.48	43.66	142.80	787.69
1972	266.28	135.26	121.60	86.27	1.75	0.11	1.69	4.34	19.87	34.63	66.68	117.57	856.05
1973	205.39	180.02	155.32	88.49	1.28	1.09	1.84	2.30	11.36	32.73	71.58	129.70	881.10
1974	225.44	223.31	58.80	74.83	5.43	5.44	0.41	43.26	8.90	27.78	41.30	82.51	797.41
1975	169.70	200.63	172.45	65.74	129.38	2.13	0.36	1.02	8.08	56.90	21.78	170.50	998.67
1976	186.78	218.78	174.34	58.35	14.30	9.68	1.14	2.92	39.99	18.37	18.07	50.86	793.58
1977	104.48	244.54	182.14	24.57	1.18	0.52	0.19	0.17	9.41	24.03	143.65	113.97	848.85
1978	275.77	145.58	44.96	85.73	1.54	0.35	0.21	0.13	7.43	59.23	92.57	134.98	848.48
1979	150.25	61.07	123.84	62.35	2.69	0.11	1.78	4.14	2.56	65.23	84.02	142.62	700.66
1980	120.91	91.92	147.40	8.62	0.72	1.80	1.01	6.89	34.29	64.36	38.42	105.16	621.50
1981	221.99	212.74	144.81	82.27	1.42	0.29	0.52	27.32	7.64	33.17	62.87	152.76	947.80
1982	175.02	83.37	70.52	78.61	0.68	2.56	0.16	0.81	80.03	76.12	166.07	88.18	822.13
1983	127.09	193.20	178.71	88.00	8.96	0.67	0.39	0.47	50.09	26.88	12.18	148.56	835.20
1984	189.81	251.86	168.57	15.92	13.30	0.76	0.14	31.02	0.73	75.00	120.49	144.27	1011.87
1985	85.53	162.49	94.70	86.59	3.16	35.37	0.64	0.06	11.11	12.81	79.29	95.19	666.94
1986	137.30	194.65	166.74	85.84	5.56	0.09	1.93	33.53	12.23	41.75	14.50	106.50	800.62
1987	302.04	38.77	54.06	50.79	25.30	38.65	48.84	30.26	36.15	52.01	67.78	108.04	852.69
1988	294.90	190.77	152.02	64.68	7.85	1.31	1.17	0.00	6.30	24.30	13.70	134.30	891.30
1989	160.84	152.42	167.90	81.60	0.98	0.76	0.43	5.15	0.32	26.91	34.25	94.72	726.28
1990	225.28	102.50	121.19	75.54	4.99	12.75	0.55	4.81	2.41	95.14	76.40	129.39	850.95
1991	125.09	118.60	4.30	34.10	15.80	47.00	0.00	0.00	55.90	26.95	42.87	83.49	554.10
1992	163.67	154.83	122.06	48.18	0.10	1.67	0.00	39.95	0.00	54.83	71.04	32.25	688.58
1993	269.79	103.46	130.55	113.00	0.00	0.00	0.00	8.86	1.37	89.61	171.70	154.66	1043.00
1994	205.60	221.60	191.10	54.60	16.70	0.00	0.00	0.00	22.20	13.10	66.40	100.60	891.90
1995	165.80	141.20	209.40	81.70	2.70	0.00	0.00	2.80	13.00	51.60	37.60	128.20	834.00
1996	159.40	187.80	108.20	96.90	16.90	0.00	0.00	20.30	13.60	31.00	51.10	105.00	790.20
1997	246.50	209.70	116.40	66.70	3.20	0.00	0.00	26.20	38.40	14.60	91.70	122.60	936.00
1998	217.10	150.40	89.80	13.80	0.00	2.50	0.00	3.60	0.80	48.30	47.00	48.00	621.30
1999	141.60	229.30	159.10	125.50	3.60	0.00	0.00	0.80	47.80	52.90	45.30	155.30	961.20
2000	160.70	194.60	161.80	41.10	4.20	5.60	0.00	12.70	6.20	78.50	26.80	167.80	860.00
2001	265.90	230.55	254.90	99.50	32.00	0.90	4.30	4.80	4.20	32.20	25.80	67.50	1022.55
2002	111.40	294.30	148.00	67.60	24.70	0.50	16.70	0.00	40.50	56.00	75.68	142.80	978.18
2003	171.10	230.00	193.30	36.90	5.70	0.80	0.00	5.50	34.80	11.10	73.40	129.20	891.80
2004	215.70	166.50	83.50	48.40	0.00	0.80	9.70	17.70	25.60	25.70	56.70	105.40	755.70
2005	114.30	176.50	123.20	43.10	1.10	0.00	0.00	4.80	5.60	55.90	41.90	162.20	728.60
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	132.60	108.10	58.60	4.60	0.00	3.40	0.00	16.30	36.30	43.50	117.70	650.80
2008	197.90	107.50	72.50	1.20	4.90	5.80	0.00	0.00	0.20	42.40	23.80	103.30	559.50
2009	102.00	164.60	102.20	44.50	5.50	0.00	1.40	0.00	1.00	43.80	170.60	133.90	769.50
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	247.20	138.80	72.40	9.30	0.00	0.00	10.60	36.10	16.90	75.10	137.60	871.00
2012	171.50	266.80	191.40	78.10	11.40	0.00	0.10	0.00	11.30	31.00	76.50	148.69	986.79
2013	175.40	188.90	141.50	46.30	13.20	0.20	0.20	3.60	28.50	52.20	53.30	109.10	812.40
2014	177.90	193.00	114.60	65.70	3.00	4.10	1.00	3.50	14.70	42.40	48.20	107.50	775.60
2015	186.70	181.10	147.40	45.80	1.30	0.20	0.90	1.20	6.70	38.10	53.00	117.80	780.20
2016	165.00	196.80	137.70	74.10	1.10	0.50	0.50	0.60	8.80	34.70	64.10	119.00	802.90
2017	177.80	175.70	136.80	71.00	5.30	1.60	0.10	1.40	4.40	40.80	41.30	98.00	754.20
2018	204.80	199.20	154.90	45.50	2.50	0.50	0.50	3.40	17.50	23.80	58.20	95.10	805.90
PROM	181.91	176.64	135.00	60.65	10.91	3.66	2.05	7.20	17.00	41.72	62.48	117.30	816.52

(rojo)=completado, (verde)=extendido, (azul)=corregido

Tabla 56: Precipitación mensual estación Janacancha

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	187.2	124.2	178.2	82.1	8.9	0.6	2.8	6.3	12.7	12.7	65.0	110.1	790.8
1966	172.7	197.5	202.8	36.5	7.2	0.9	0.3	4.8	19.6	12.7	45.6	74.5	775.1
1967	113.0	159.7	218.5	41.6	13.4	0.1	0.2	0.8	7.6	19.0	9.2	96.1	679.2
1968	148.9	218.0	219.7	50.6	3.0	0.2	0.1	10.0	5.8	25.5	34.2	124.5	840.5
1969	88.6	142.9	215.4	67.6	3.4	3.3	2.6	7.2	26.8	28.9	93.1	115.5	795.3
1970	120.3	168.1	0.0	13.2	5.3	0.0	9.0	1.1	23.7	33.9	10.9	101.1	486.6
1971	134.7	208.3	116.0	30.8	16.5	0.9	0.0	0.8	0.0	7.3	21.8	149.7	686.8
1972	218.2	175.1	277.2	66.2	9.3	0.3	0.5	0.7	44.6	55.8	34.9	151.1	1033.9
1973	221.8	186.6	233.7	92.0	9.9	0.0	5.1	11.2	29.2	19.9	73.2	116.4	999.0
1974	349.9	245.4	84.6	73.8	0.0	20.2	3.0	42.5	6.7	4.3	27.2	122.3	979.9
1975	205.3	285.5	218.8	23.7	24.8	0.7	0.0	2.5	9.6	42.9	10.3	219.9	1044.0
1976	192.9	156.7	221.4	61.4	15.5	2.2	2.6	10.4	68.7	2.1	1.1	66.9	801.9
1977	46.7	264.2	156.8	6.7	4.7	0.0	2.7	0.0	31.8	26.3	108.3	91.7	739.9
1978	286.3	64.8	55.1	42.7	0.0	6.6	1.0	1.1	7.3	30.5	96.9	80.5	672.8
1979	128.7	54.4	162.6	21.8	2.0	0.0	0.0	8.4	0.0	43.3	70.9	109.6	601.7
1980	111.0	66.8	223.2	24.8	0.0	0.0	8.6	2.2	2.5	55.6	12.2	77.6	584.5
1981	157.3	208.0	61.9	23.7	2.0	0.0	0.0	55.9	10.9	28.2	66.3	88.3	702.5
1982	158.2	101.2	206.9	127.7	9.0	0.0	0.0	4.8	55.8	80.4	235.6	73.7	1053.3
1983	148.3	153.3	156.4	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.4	40.0	10.0	86.2	736.6
1984	312.6	388.4	362.8	35.0	13.1	2.0	2.5	11.5	0.5	112.5	241.7	195.5	1678.1
1985	44.8	339.5	158.5	114.1	10.8	30.6	0.0	20.3	30.3	0.0	61.7	176.2	986.8
1986	276.7	228.1	189.6	105.6	11.5	0.0	0.0	14.2	4.8	12.5	32.5	193.7	1069.2
1987	295.4	46.7	33.5	33.5	0.0	0.0	16.8	16.8	0.5	40.5	12.8	42.6	539.1
1988	258.4	126.4	253.5	75.2	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	54.3	0.0	81.9	872.9
1989	150.2	217.8	231.0	1.4	16.5	25.1	0.0	2.3	5.1	6.4	25.7	21.2	702.7
1990	187.2	43.9	83.7	43.2	14.2	54.8	3.1	13.2	19.7	68.6	143.0	226.9	901.5
1991	153.1	171.8	153.0	66.3	18.9	30.2	4.1	1.2	6.9	29.7	104.2	85.4	824.8
1992	96.1	67.5	28.7	9.0	0.0	5.5	2.3	47.7	2.6	32.3	28.1	104.4	424.2
1993	230.1	90.1	172.2	94.2	21.7	4.7	1.2	14.3	7.8	68.8	132.5	109.0	946.6
1994	285.4	233.0	93.1	56.3	2.5	1.5	0.6	0.2	10.6	1.3	33.3	109.1	826.9
1995	121.9	129.6	214.6	17.7	12.6	1.3	0.6	4.0	18.7	14.7	55.5	115.7	706.9
1996	218.4	262.5	98.8	49.1	4.6	7.1	0.0	13.9	9.8	11.5	27.4	102.6	805.7
1997	206.3	199.9	93.0	19.0	9.8	0.0	0.0	34.5	67.5	4.0	53.1	97.4	784.5
1998	225.3	120.0	92.1	14.8	0.0	1.1	0.0	6.8	0.0	2.2	35.8	109.9	608.0
1999	168.2	290.5	177.3	55.4	10.6	17.6	0.0	2.1	36.4	55.3	10.4	97.2	921.0
2000	246.2	216.3	169.3	22.2	15.7	2.6	0.8	13.4	7.7	69.2	33.4	120.4	917.2
2001	307.3	305.9	193.0	71.7	13.2	1.9	11.6	9.5	14.7	17.9	8.3	39.4	994.4
2002	103.7	216.2	138.3	85.7	16.0	4.6	40.9	0.2	12.3	27.8	107.9	153.2	906.8
2003	152.3	142.1	99.8	71.7	32.3	3.8	0.3	10.9	2.5	13.8	5.0	74.6	609.1
2004	246.4	180.2	105.6	39.4	5.0	0.2	1.9	4.0	24.9	10.2	12.5	102.5	732.8
2005	132.9	154.1	140.1	30.3	7.7	4.3	2.1	3.0	31.8	15.8	12.6	152.6	687.3
2006	208.5	168.7	203.7	37.8	11.1	0.5	0.1	7.2	40.5	45.8	43.7	138.2	905.8
2007	194.5	160.9	172.5	64.7	13.3	0.4	0.7	1.4	4.1	20.9	68.3	95.9	797.6
2008	276.5	213.6	191.5	34.2	15.0	0.6	3.3	18.2	7.2	24.1	9.9	88.3	882.4
2009	139.7	187.1	138.8	55.3	0.3	2.6	4.7	1.2	11.8	18.4	26.2	97.0	683.1
2010	205.2	184.3	164.7	23.2	40.1	1.2	0.1	10.7	20.5	8.6	33.0	102.2	793.8
2011	132.0	200.9	216.6	28.0	1.9	0.3	0.7	3.5	9.7	39.3	59.0	65.0	756.9
2012	197.1	290.8	227.5	38.0	1.2	0.0	0.1	4.4	1.8	21.6	105.5	102.3	990.3
2013	258.2	124.7	31.0	22.6	5.3	0.9	0.1	8.7	5.3	36.6	60.2	156.5	710.1
2014	196.2	225.1	226.6	42.7	7.5	0.1	0.7	3.7	23.5	36.9	37.6	141.4	942.0
2015	199.7	143.1	177.1	72.3	11.4	3.0	0.1	12.8	15.2	20.2	9.9	137.9	802.7
2016	220.4	83.8	100.3	38.2	12.0	0.2	0.4	6.4	14.1	32.2	16.5	60.5	585.0
2017	158.1	185.1	163.9	61.8	7.5	0.7	0.2	5.9	6.5	10.8	31.9	121.9	754.3
2018	174.8	179.0	160.7	61.1	4.9	0.1	0.4	0.8	7.9	30.9	79.1	127.3	827.0
PROM	188.3	179.6	160.5	49.0	9.7	4.5	2.6	9.3	17.0	29.4	51.6	111.1	812.6

Tabla 57: Precipitación mensual estación Huambo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	66.3	75.8	68.1	2.7	0	0	0	0.1	0.2	0	1	16.8	231.0
1966	64.4	39.3	47.6	4.7	0	0	0	0	0.6	0	1.2	14.2	172.0
1967	36.8	25.1	59.2	0.7	0	0	0.2	0	0.1	0.2	0	43.9	166.2
1968	35.8	70.1	52.8	0.6	0.1	0.1	0	0.4	0	0.2	2.2	15.5	177.8
1969	25.9	62.2	69.4	0.2	0	0	0	0.1	0.1	2.8	2.9	26	189.6
1970	30.1	57.9	41.6	15.7	2.9	0	0.6	0	0.1	3.9	0	10	162.8
1971	38	37.7	37.4	6.1	0.6	0.1	0	0.4	0	2.5	1.8	26.3	150.9
1972	112.1	99.1	97.7	0	0	0	0	0	4.6	21.4	0	31.6	366.5
1973	34.9	66.3	82.3	4.4	0	0	1.5	9.8	12.6	0	4.9	2.6	219.3
1974	103.7	73.3	26.5	8.6	0.2	4.5	0.2	27.8	1	0.2	1.3	10.6	257.9
1975	78.1	131.8	81.7	7.3	11.5	0.8	0	0	0.1	0	0	29.9	341.2
1976	138.3	97.3	71	11.6	0	0	0	2.9	33.9	0	0	30	385.0
1977	27.6	90.7	44.2	0	0	0	0	0	0	5.6	12.5	9.3	189.9
1978	86.7	60.2	14.7	1.3	0	0	2.3	0	0	0	20.3	2.7	188.2
1979	23.4	26.8	85.4	0	0	0	0	0	0	21.6	0	18.6	175.8
1980	26.8	23.6	39.4	0	1.6	0	0	0	0.6	16.8	4.3	7.9	121.0
1981	48.7	109.4	23.6	19.5	0	0	0	15.6	0	0	2.6	34.7	254.1
1982	24.8	39.4	25.6	0	0	0	0	0	3.7	10.8	19.7	21.6	145.6
1983	3.1	16.5	33.8	31.4	0	0	0	0.3	6.7	0	0	31.1	122.9
1984	59.9	124.3	106.9	0	0	2.8	0	0	0	11.2	35.4	18.6	359.1
1985	0	87.5	37.4	5.8	0	10.9	0	0	0	0	3.5	60.1	205.2
1986	132.2	39.7	23.6	11	0	0	0	0	0	0	0	92	298.5
1987	84.1	20.7	20.6	0	2.5	0	0	0	0	42.8	0	0	170.7
1988	171.3	49.7	42.3	4	0	0	0	0	0	0	0	57.2	324.5
1989	55.6	131.7	43.3	35.8	0	6.6	0.4	0	0	0	8.9	0	282.3
1990	11.6	6.4	37.5	5.4	2	34.1	0.2	1.9	0.7	4.5	13.2	34.4	151.9
1991	46.4	15.4	63.2	11.3	0	13.4	0	0	0	0	8.2	1.5	159.4
1992	11	0	0	0	0	0.8	0	4	0	0.9	0	17.2	33.9
1993	81.6	27.2	73.4	2.2	0	0	0	9.9	0.4	10.2	3.8	1.5	210.2
1994	92.5	57	37.7	21.6	0	0	0	0	0	0	0	15.5	224.3
1995	63.9	3	104.6	0	0	0	0	0	0	0	0	19.7	191.2
1996	26.4	111.5	44.9	11.7	0	0	0	0.5	0	0	10.2	13.6	218.8
1997	64	72.1	82.6	0	0	0	0	29.5	21.4	0	0.4	64.3	334.3
1998	84.7	56.4	28	0	0	0	0	0	0	0	19.6	67.2	255.9
1999	55.8	167.2	105.3	25.8	0	0	0	0	11.3	22	0	23.9	411.3
2000	142	68.4	60.4	35	2.3	0.2	0	0.1	0	13.3	0	13.4	335.1
2001	72.1	152.7	70.2	18	1.2	0	0	0.3	0.9	0.4	0	6.1	321.9
2002	37.7	124.8	83.1	30	0	0	25.8	0	0	0	13.5	28.8	343.7
2003	42.4	72.9	42.5	0	11.8	0	0	2.1	0	0	0	7	178.7
2004	82.5	101.3	63.8	0	0	0	8.3	0	0.9	0	0	24.2	281.0
2005	47.9	71	32.6	6.7	0	0	0	0	18	0	0	50.1	226.3
2006	90.4	55	68.6	1.1	0	0	0	0.4	2.5	6.9	0.1	16	241.0
2007	63.6	38.6	55.2	4.9	0.5	0	0	0	0	0	2.2	7	172.0
2008	113	30.7	39.2	0.6	0	0	0	0.6	0	1.2	0.1	32.9	218.3
2009	55.6	87.5	48.5	3.3	0	0	0.1	0	0.1	0	0.7	9.4	205.2
2010	56.3	75.9	62.1	15.9	0.6	0.1	0	0.1	0.2	0.1	0.5	13.1	224.9
2011	21.3	87.9	72.4	0.3	0	0	0	0	0	5	1.2	8.1	196.2
2012	49.3	117.7	73.1	0.5	0	0	0	0.1	0	0.1	3.4	10.6	254.8
2013	83.7	19.1	30.6	2.5	0	0.2	0	0.3	0.1	0.9	2.1	24.3	163.8
2014	60.9	101.6	67.7	3.2	0	0	0	0.2	0.3	0.7	0.5	36.7	271.8
2015	64.8	50	26.8	4	0.1	0.1	0	1.7	0.4	0	0	55.3	203.2
2016	69.9	39.8	63.3	0.2	0	0	0	0	0.5	0.3	0.1	6.5	180.6
2017	38.3	67.6	28.1	2.1	0	0.1	0	0	0	0	0.4	42.1	178.7
2018	51.6	81.4	56.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.4	2.4	23.5	215.6
PROM	60.9	67.0	53.7	7.0	0.7	1.4	0.7	2.0	2.3	3.8	3.8	23.8	227.1

Tabla 58: Precipitación mensual estación Cabanaconde

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	77.9	66.3	114.7	9	0	0	0	0.1	0.3	0	2.3	26	296.6
1966	67.6	79.7	58.5	5.5	0	0	0	0	1	0.1	5	10.3	227.7
1967	41.2	40.7	90.3	20.4	0.1	0	0.2	0	1.6	0.5	0.2	43.7	238.9
1968	66.4	69.3	70.7	1	0.1	0	0	1	0	0.4	4	20.4	233.3
1969	22.5	48.6	79.5	5.2	0.1	0	0	0.2	0.2	3.5	6	30.7	196.5
1970	121.7	81	79	1.2	1.6	0	0	0	0	11.7	12.2	18	326.4
1971	65.5	88.7	45.2	18	0	0	0	0	0	5.6	0.3	97	320.3
1972	178.1	163	225.8	19.8	0	0	0	0	8.4	29.7	0	40.9	665.7
1973	147.1	140.1	134.9	119.2	0	0	0	32	21.3	0	4.9	12.9	612.4
1974	178.2	161.5	47.7	26	0	5.7	0	66.1	0	0	0	31.3	516.5
1975	97	188.4	139.1	6.5	4.5	0	0	0	0	0	0	78.4	513.9
1976	210.4	137.3	114.7	0	0	0	2.4	0	43.5	0	0	27.5	535.8
1977	37.2	194.9	71.9	0	0	0	0	0	1.1	6.4	12.2	16.8	340.5
1978	93.9	14.9	39.7	10.2	0	0	7.7	0	0	0	30.5	4.6	201.5
1979	35.3	15.4	122.8	0	0	0	0	0	0	34.4	3.4	35.6	246.9
1980	26	39	102.5	0	0	0	0	0	2.4	6.5	2.1	21.7	200.2
1981	72.4	137.9	82.6	2.1	0	0	0	31.5	0	0	8.4	51.2	386.1
1982	62	87	13.5	0	0	0	0	0	9.2	11.7	29.8	6.9	220.1
1983	10.4	15.5	19.5	28.7	7.7	0	0	0	13.2	0	0	10.2	105.2
1984	56.2	231.3	183.6	3.6	0	4.2	0	0	0	24.2	49.8	46.2	599.1
1985	2.1	92.7	98	37.4	0	0	0	0	0	0	12.8	75.1	318.1
1986	135.2	161.1	224.4	64	0	0	0	75.1	55.2	0	15	110.7	840.7
1987	102.1	203.9	25.6	0	0	0	6.3	0	0	13.3	0	2.5	353.7
1988	139.7	12.5	62.3	16.5	0	0	0	0	4.1	0	0	50.7	285.8
1989	75.4	110.7	47.4	14.1	0.5	0	0.6	3	0	0	4.9	0	256.6
1990	25.2	9.5	29.3	0.4	0.3	10.5	0	2.9	0	7.2	61.6	87.1	234.0
1991	35.2	18	22.2	7.3	2.6	7.5	0	0	0	0.6	16.1	0	109.5
1992	19	4.7	2	1.4	0	2.2	0	4.4	0	3.8	0.4	44.1	82.0
1993	109.8	30	43.5	18.1	0.5	0	0	6.6	0	11.6	3.1	34.9	258.1
1994	167.6	112.3	41.5	17.1	0.9	0	0	0	0.7	0	0.7	23.3	364.1
1995	82.5	6.4	128.2	0	0	0	0	0	5.3	0	20.7	16.3	259.4
1996	49.1	165.6	36.5	37.2	1	0	0	1.8	0	0	10.9	10.9	313.0
1997	90.6	99.5	123.2	4.7	0.5	0	0	44.3	39.5	0	0	110.5	512.8
1998	222.3	117.3	50.1	0	0	0.3	0	0	0	0	36.5	101.8	528.3
1999	85.7	254.3	176.4	39.5	0	0	0	0	13.8	29.2	0.3	30	629.2
2000	204.9	152.4	84.6	11.7	1.5	0.4	0	0	0	20.3	0.2	44.2	520.2
2001	104	307.8	181.4	42.9	2.9	0	0	4.1	1.5	4.7	0.3	8.5	658.1
2002	54.2	193.7	191.6	52.2	2.4	0	14.5	0	0	0.9	28.9	32.9	571.3
2003	70.7	88.8	89	11.7	5.9	0	0	5.2	0	0	0	16.3	287.6
2004	150.7	103	76	13.2	0	0	8	1	2.1	0	0	32.3	386.3
2005	51.8	111.6	46.5	3.5	0	0	0	0	9.8	0	1	74.6	298.8
2006	107.3	184.6	99.9	9.6	0	0	0	0.1	7.9	9.3	3.8	14.5	437.0
2007	102.2	122.4	116.4	31.5	0.3	0	0	0	0	0	7.8	14.6	395.2
2008	205.9	74.7	38.5	0	0	0	0	4.4	0	1.2	0	40	364.7
2009	36.8	142	58.6	30.1	0	0	4.8	0	1.4	0	1.8	9.9	285.4
2010	71.2	122.9	38.1	15.3	11.5	0	0	1.6	0.5	0.2	0.9	14.8	277.0
2011	34.8	87.9	121.5	1.3	0	0	0.1	0	0	2.6	1	25	274.2
2012	39.7	156.7	94.8	2.6	0	0	0	0.2	0.3	0.1	8.1	18.1	320.6
2013	129.2	55.2	71.3	2.6	0.1	0	0	0.4	0.9	1.4	2.6	50.8	314.5
2014	89.6	161.3	80.2	3.7	0	0	0	0.2	2.6	0.8	5.9	48	392.3
2015	131.6	104.6	77.3	13.6	0.3	0.1	0	0.6	2	0	0.4	60.6	391.1
2016	107.3	88.1	88.9	2.9	0.1	0	0	0.1	1	0.5	0.1	12.5	301.5
2017	25	105.4	82.3	6	0	0	0	0.1	0.2	0	0.8	59	278.8
2018	69.8	96.1	65.6	0.3	0	0	0	0	0	1.5	7	29.8	270.1
PROM	88.8	108.5	86.1	14.6	0.8	0.6	0.8	5.3	4.6	4.5	7.9	35.8	358.4



Tabla 59: Precipitación mensual la Pulpera

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	94.9	48.4	111.2	26.1	6.7	0.1	0	0.1	0.5	15.2	30.5	47.8	381.5
1966	116.7	59.1	38	41.8	0.5	0.2	0	0.3	0.1	15.5	17.7	70.5	360.4
1967	110.2	49.1	65.1	11.6	0.1	0	0.1	0.9	0.5	12	33	74.8	357.4
1968	64.2	50.6	28.8	42	5.8	0	0	2.3	1.5	4.7	25.3	32.6	257.8
1969	96.9	109.8	86.9	2.8	0.6	3	0	1	0.7	16.6	23.2	28.5	370.0
1970	85	126	134	8	24	0	0	0	26	14	6	70	493.0
1971	163	85	72	53	0	0	0	6	0	25	16	113	533.0
1972	125	78	178	27	5	1	0	0	24	38	21	75	572.0
1973	167	144	94	80	7	7	14	12	35	18	28	25	631.0
1974	173	101	29	56	0	25	0	143	4	0	6	70	607.0
1975	140	169	83	16	28	0	0	0	0	14	5	143	598.0
1976	84	28	58	8	0	3	0	5	44	0	0	14	244.0
1977	22	65	43	0	0	0	2	0	1	12	38	39	222.0
1978	92	6	19	67	0	0	1	0	0	20	58	28	291.0
1979	49	20	107	4	0	0	3	0	0	32	61	39	315.0
1980	38	33	113	7	0	0	0	8	28	0	0	9	236.0
1981	110	106	6	36	0	0	0	51	6	8	4	8	335.0
1982	116	35	84	19	0	0	0	0	23	18	45	15	355.0
1983	8	29	40	27	14	0	0	0	19	18	0	24	179.0
1984	101	152	105	15	8	14	3	6	0	51	89	75	619.0
1985	19	183	90	49	5	28	0	10	12	0	55	85	536.0
1986	97	154	106	53	5	0	0	13	6	4	14	85	537.0
1987	140	15	17	0	0	5	23	6	2	16	8	10	242.0
1988	228	27	97	70	15	0	0	0	0.7	2	0.4	45.8	485.9
1989	100.3	83.4	91.1	37.9	0	0	0	0	0	0	5.2	0	317.9
1990	46.7	16.2	15.6	2.4	8.8	44.3	0	4.1	0	17.1	62	131.8	349.0
1991	152.2	46.7	113	10.4	7.1	13.4	0	0	0	11.6	41.1	24.5	420.0
1992	6.3	40.2	9.3	1.5	0	1.8	0	16.5	0	6.3	13.1	85.6	180.6
1993	119.4	38	91.7	25.2	2.2	0	0	25	4.2	42.3	29.2	111.3	488.5
1994	205	168.7	33.4	47.6	4	0	0	0	0	0	16	64.1	538.8
1995	87.1	85.5	230	11.4	1.7	0	0	0.9	13.1	3.2	34.4	66.3	533.6
1996	128.7	137.2	48.7	31.9	9.2	0	0	0	1.1	3.2	30.9	88.6	479.5
1997	102	139.7	40.7	5.5	15.8	0	0	4.5	20	8.9	22.8	72.5	432.4
1998	156.6	23.5	35.4	8.3	0	0.1	0	0.7	0	5.2	33.8	54.4	318.0
1999	34.9	199.2	151.2	36.2	1.4	0	0.1	0.2	8.1	32.7	7.9	48.7	520.6
2000	138.9	65	114.9	17.6	3	0.6	0	3.7	0	34	12.7	55.1	445.5
2001	192.7	121.8	73.7	131.7	20.2	1.2	1.7	21	0.1	7.9	12.9	14.4	599.3
2002	98	134.5	70.3	81.5	5.2	16.4	0.5	0.3	3.3	9.2	32.6	110	561.8
2003	72.3	87.5	56.8	11.5	2.2	0	0	3.8	1.5	4.7	6.4	56.4	303.1
2004	87.2	75.1	138.2	7.4	0.1	0.4	3.3	12.6	14.1	4.8	0.1	44.7	388.0
2005	66.5	141.4	27.7	5.5	0	0	0	0	9.6	2.1	7.5	59.4	319.7
2006	68.8	100.3	95.1	17.1	0.1	7.2	0	0.4	0.4	9.7	21.4	45.5	366.0
2007	111.3	32.9	58.4	40.3	2.3	0.2	0	12.6	5.9	10.7	50.2	56.1	380.9
2008	158.2	85.5	83.1	13.2	0.3	0	0	0.6	0.8	6	2.4	96.5	446.6
2009	144.4	51.1	60.4	36.3	0.5	0.9	0.1	1.2	3	0.6	26	50.1	374.6
2010	78.8	68.1	107.3	47.8	0.8	0	0	1.7	1.5	1.2	3.2	64	374.4
2011	84.5	87.8	40.8	10.3	0.4	0.1	0	0.8	1.2	1.5	1.9	68.5	297.8
2012	33.7	80.6	29.9	53.9	0.5	8	0	1.6	1	4.9	7.8	9.9	231.8
2013	105.2	126.8	84.8	26.2	0.1	0.1	0	0.9	0.5	7.2	20.2	28.7	400.7
2014	104.1	61.7	33.1	13.2	0.7	0.2	0	1.6	5.3	3.7	19.1	68.7	311.4
2015	103.2	103.6	147.8	33.2	0.5	0.9	0	0.5	1	3	9.1	21.2	424.0
2016	107.8	96.3	70.7	14.1	0.3	0.5	0	1.6	7.8	3.8	13.4	37.9	354.2
2017	121.4	25.6	75.1	23.9	4	0.8	0.4	0.2	4.4	1.4	8.9	41.6	307.7
2018	120	46.2	109.1	11	0.6	0	0.1	6.2	1.7	8.2	7.8	21.7	332.6
PROM	103.3	82.3	76.7	28.4	4.0	3.4	1.0	7.2	6.4	11.3	21.2	54.2	399.2

Tabla 60: Precipitación mensual estación Sibayo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	166	79	117.7	38.2	16.8	0.2	0.2	0.2	5	27.5	35.1	73	558.9
1966	179.9	91.2	64.6	36.9	1.1	0.1	0.2	0.7	0.5	9.5	14.1	91.7	490.5
1967	162.5	101.5	113.3	19.1	0.4	0	0.8	0.4	1.6	22.6	16.3	79.3	517.8
1968	145.5	94.3	56.7	37.5	3.8	0.8	0.1	0.3	2.8	51.6	12.3	40.8	446.5
1969	182.1	153.8	147	6.7	0.8	0.5	0.1	2.1	0.5	6.7	23.4	43.1	566.8
1970	145	132	137	11	25	0	0	0	25	28	3	84	590.0
1971	143	111	89	30	1	0	0	2	0	17	15	101	509.0
1972	239	108	220	40	1	1	0	0	41	31	16	57	754.0
1973	307	135	145	68	1	1	5	8	38	6	30	70	814.0
1974	223	132	38	57	0	16	0	71	1	0	10	49	597.0
1975	133	182	119	26	19	2	0	0	0	26	2	153	662.0
1976	170	102	92	24	9	0	5	10	69	0	0	60	541.0
1977	166	180	130	1	0	0	2	0	12	153	79	54	777.0
1978	143	16	54	63	0	0	0	0	0	15	67	51	409.0
1979	76.8	36	127	5	0	0	1	0	0	39	60	78	422.8
1980	50	50	130	9	0	0	11	8	31	70	7	40	406.0
1981	178	181	60	52	3	0	0	21	2	0	12	85	594.0
1982	119	51	110	31	0	0	0	0	56	79	92	18	556.0
1983	15	36	39	32	12	2	0	1	35	20	0	33	225.0
1984	180	192	185	16	2	6	1	0	0	94	146	128	950.0
1985	26	111	104	47	9	18	0	0	9	1	50	123	498.0
1986	144	175	71	5	5	0	0	19	13	3	15	131	581.0
1987	178	32	28	12	1	2	10.9	11	0.1	33	8	5	321.0
1988	270	80	140	75	21	0	2	0	2	7	1	79	677.0
1989	166	152	131	67	13	13	9	5	1	0	20	2	579.0
1990	144	32	50	12	13	34	0	6.6	4.4	32.6	100	132.8	561.4
1991	162.1	88.4	128.4	19.4	2.8	26.6	0	0	6.6	16.5	54.2	39.9	544.9
1992	32.2	47.8	14.1	0	0	5.3	0.5	22.1	0	25	18.9	90.4	256.3
1993	167.9	78.7	90.7	29.3	2.7	0	0	16.7	2.8	28	17.5	92.1	526.4
1994	237.9	233.4	89.2	35.5	7.1	0	0.1	0	0	6.2	0	60.5	669.9
1995	96	59.7	220.1	16	0.8	0	0	0	6.8	0	31.4	97.7	528.5
1996	150.7	149.3	46.8	62.9	2.7	0	0	9.6	4.3	5.9	46.4	90.5	569.1
1997	165.9	193.3	55.8	14	9.6	0	0	21.9	45.3	6.8	18.8	98.6	630.0
1998	257.7	65.2	77.5	13.3	0	0	0	0	0	1.1	52.5	102.2	569.5
1999	144.7	281.8	217.2	47	1.2	0	0.5	0	27.1	51.9	13	71	855.4
2000	230.1	154.4	131.2	12.5	16.4	3.9	0	8.4	0	66.5	11.9	89.5	724.8
2001	231.1	239.9	124.7	78.8	5.2	3.9	4.9	23	0	16.3	6.7	32.3	766.8
2002	201.1	233.5	128.1	65	2.1	3.8	28.6	0.2	11.8	15.2	60.5	123.2	873.1
2003	83.9	144	118.3	24.3	4.7	0	1.8	8.9	1.7	8.2	3	82.4	481.2
2004	181.1	150.9	176.6	12.1	0	0	19.9	11.1	27.3	3.5	0	52.1	634.6
2005	96.6	172.5	67.8	22.9	0	0	0	0	20.5	2.7	9.5	93.2	485.7
2006	134.6	182.6	136	28.2	0	2.1	0.1	0	0.5	9.6	39.9	91.6	625.2
2007	121.1	64.7	100.7	43	3.4	0.1	0	0.9	6	23.8	47.9	103.6	515.2
2008	193.5	133.7	112.7	30.6	2	0.2	0.7	0.8	1.4	4.8	4.9	99.9	585.2
2009	174.2	90.8	82	48	2.2	1.3	0.3	0.9	11.4	9.7	38	87.9	546.7
2010	114.5	121.4	129.9	55.2	2.4	0.1	0.2	0.7	2.4	1.6	3	90	521.4
2011	174.7	156.9	68.3	16	1.4	0.1	0.2	2.2	0.3	8.3	0.8	103.7	532.9
2012	112	98.9	66	48.4	0.1	3.4	1	0.3	1.4	4.1	8.5	30.1	374.2
2013	136.6	141.4	115.5	20.8	2.6	0.1	0.8	0.8	0.9	34.5	26.6	37.5	518.1
2014	98.9	142.8	72.7	22.3	2.1	0.8	0	1.5	8.6	4.4	27.4	103.7	485.2
2015	175.6	146.1	161.8	37.2	0.9	1	1.7	0.2	3.2	9.1	5.2	42.6	584.6
2016	186.7	124.4	119.5	28.7	2.3	0.8	0.1	6.3	12.5	10.9	25.5	65.1	582.8
2017	191.6	86.1	103.4	34	6.3	0.7	0.1	0.1	17	6.2	15.3	49	509.8
2018	126.2	96.1	157.8	26.2	0.9	0	0.1	6.9	0.9	27.5	15.9	50.9	509.4
PROM	156.1	122.7	107.6	31.7	4.4	2.8	2.0	5.7	10.6	21.9	26.6	74.7	566.9

ANEXO G: Resultados del modelo hidrológico GR2M aplicado en la cuenca alta del río Apurímac y subcuenca del río Cañipia

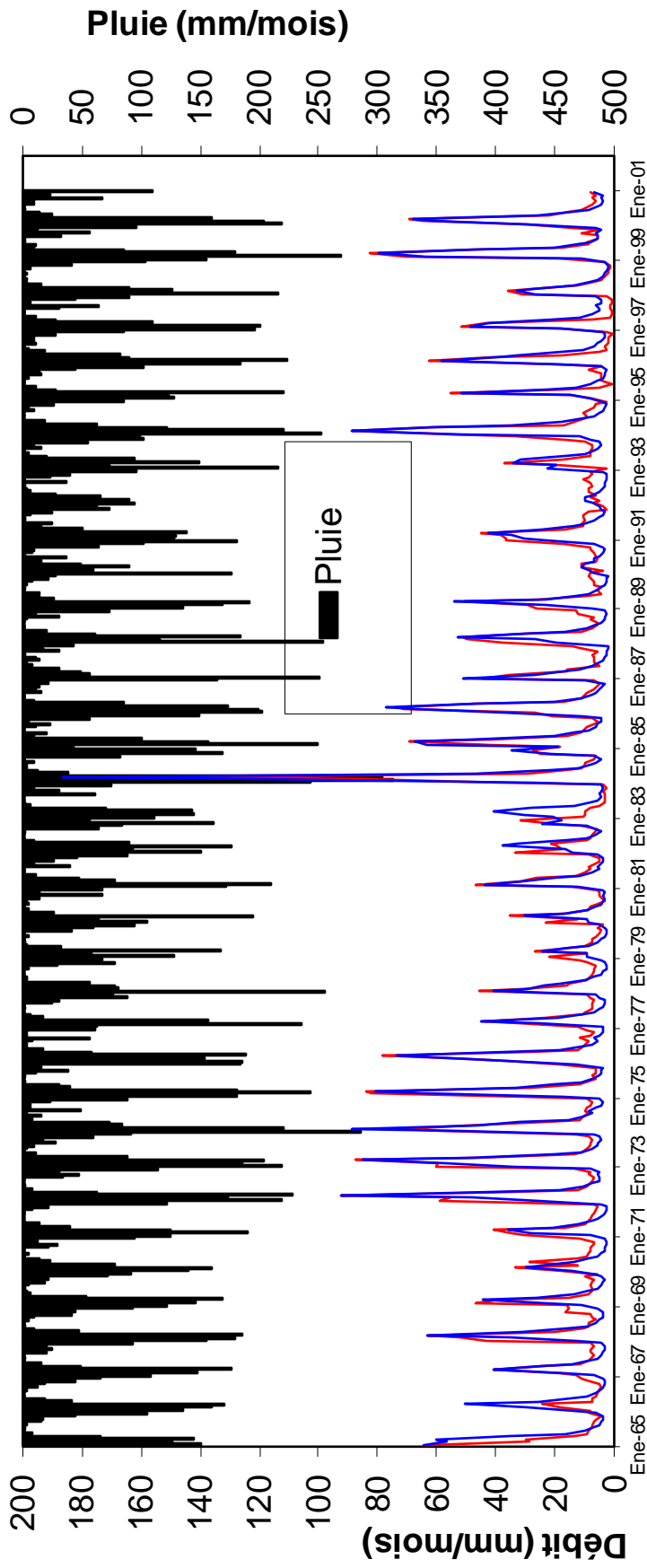


Figura 41: Análisis gráfico del modelo hidrológico GR2M calibración para la cuenca alta del río Apurímac

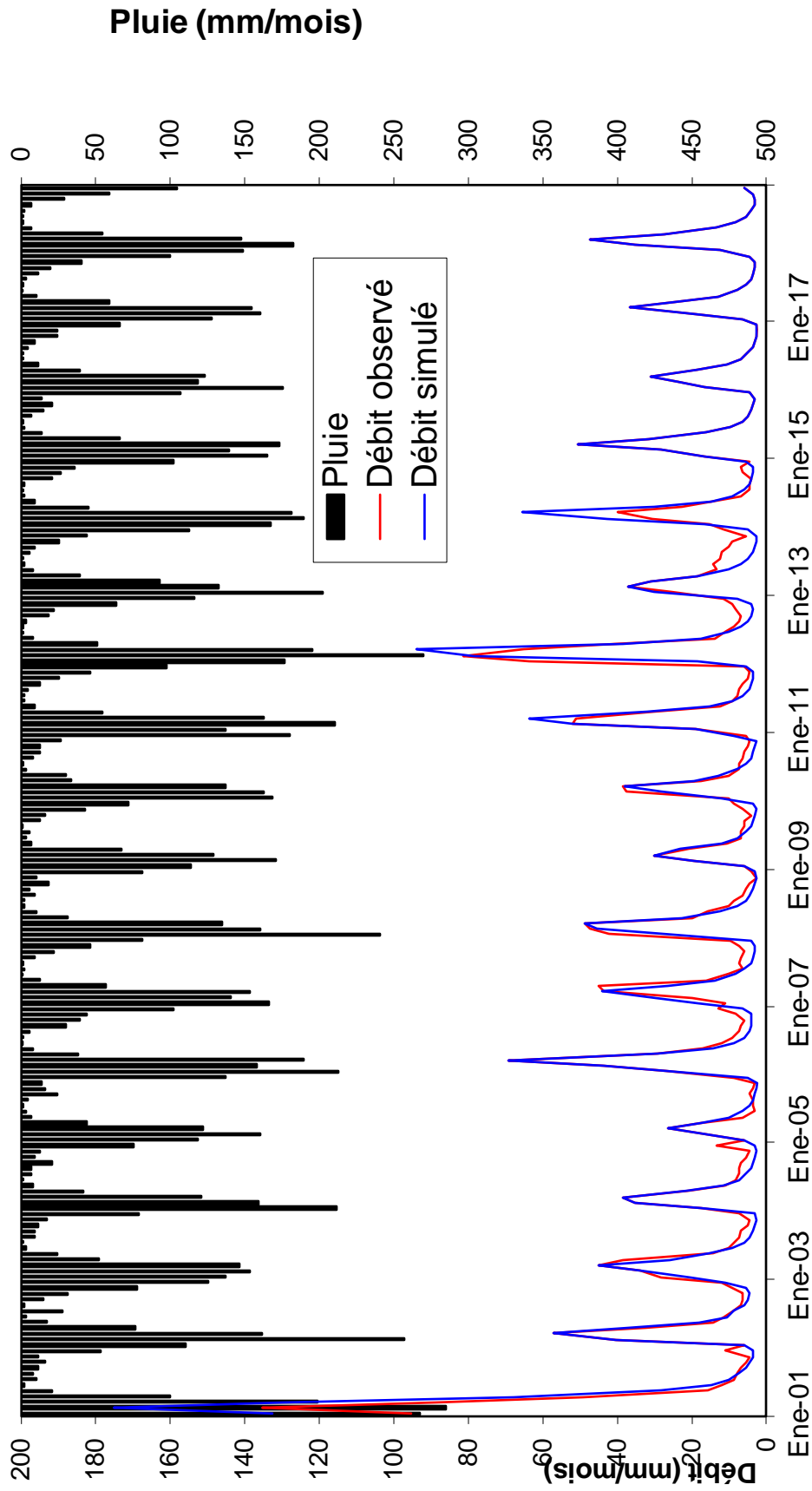


Figura 42: Análisis gráfico del modelo hidrológico GR2M validación para la cuenca alta del río Apurimac

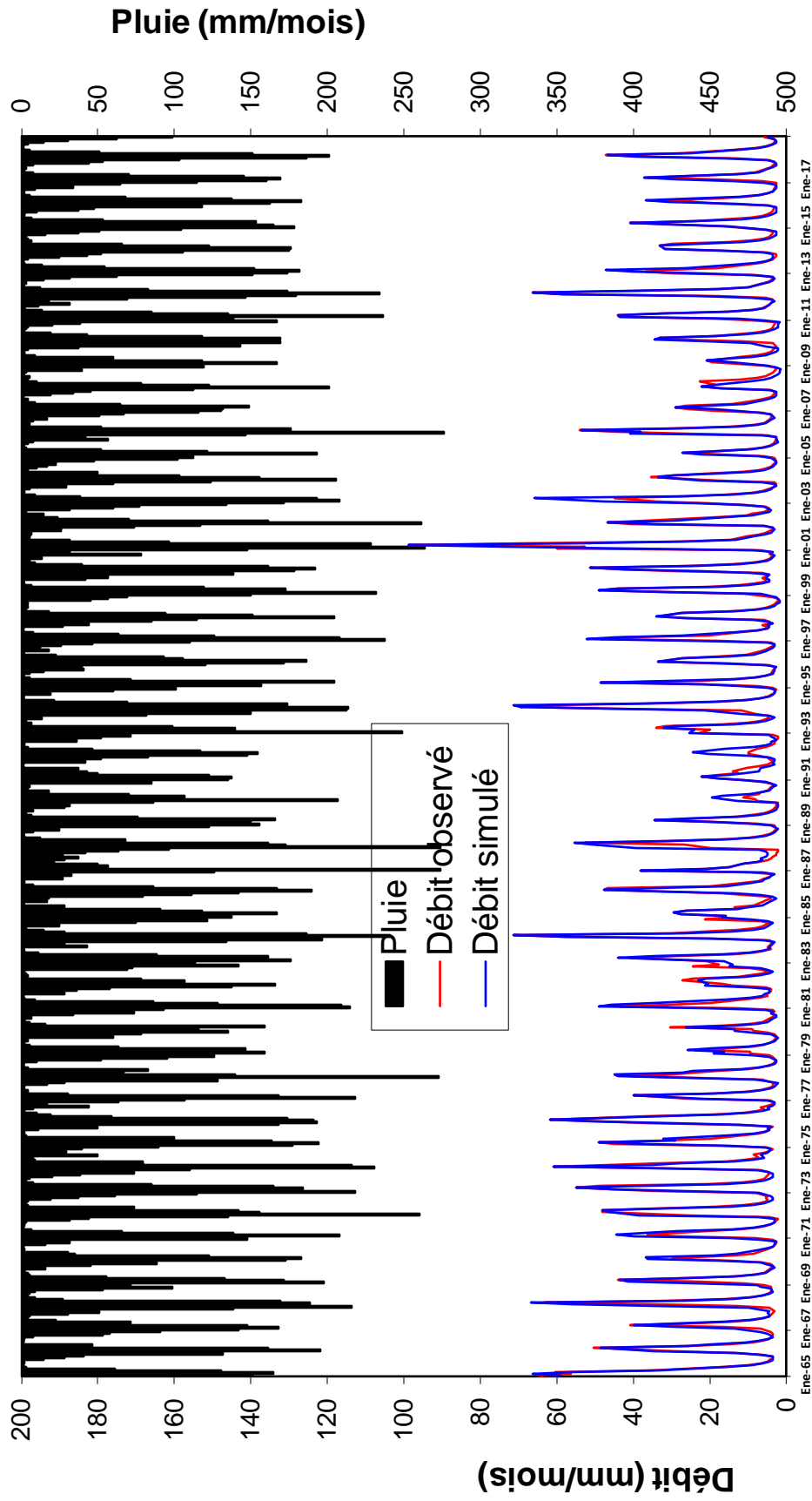


Figura 43: Análisis gráfico del modelo hidrológico GR2M para la subcuenca del río Cañipia

ANEXO H: Generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañiña

Tabla 61: Generación de caudales medios mensuales para la subcuenca del río Cañiña

CAUDALES MEDIOS MENSUALES SIMULADOS													
Departamento:		Cusco											
Provincia:		Espinar											
Distrito:		Yauri											
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROM
1965	4.07	5.09	3.93	2.37	1.05	0.65	0.43	0.30	0.26	0.23	0.24	0.50	1.59
1966	0.91	2.62	3.34	1.84	1.35	0.77	0.48	0.33	0.26	0.29	0.33	0.46	1.08
1967	0.93	2.18	2.77	2.05	1.13	0.67	0.43	0.31	0.31	0.34	0.31	0.68	1.01
1968	2.34	4.30	4.60	1.91	0.98	0.64	0.42	0.30	0.24	0.27	0.48	0.53	1.42
1969	1.66	3.15	3.02	1.87	0.90	0.58	0.38	0.27	0.23	0.24	0.38	0.47	1.10
1970	1.21	2.76	2.53	1.36	0.89	0.54	0.36	0.25	0.22	0.20	0.18	0.47	0.91
1971	1.00	3.05	3.06	2.04	0.95	0.59	0.39	0.28	0.21	0.20	0.21	0.48	1.04
1972	2.66	3.55	3.34	2.28	0.99	0.61	0.40	0.29	0.26	0.24	0.29	0.49	1.28
1973	1.85	3.48	3.79	2.61	1.09	0.64	0.41	0.30	0.26	0.25	0.33	0.54	1.30
1974	2.15	4.64	2.41	1.97	0.93	0.61	0.39	0.47	0.35	0.30	0.28	0.36	1.24
1975	1.03	2.76	3.38	2.08	2.22	1.06	0.60	0.39	0.31	0.32	0.29	0.80	1.27
1976	2.06	3.86	4.27	2.28	1.14	0.72	0.44	0.31	0.34	0.25	0.20	0.21	1.34
1977	0.33	1.70	2.76	1.37	0.68	0.43	0.28	0.20	0.18	0.15	0.36	0.54	0.75
1978	3.04	3.44	1.89	1.76	0.81	0.49	0.31	0.22	0.18	0.19	0.32	0.62	1.11
1979	1.33	1.23	1.80	1.38	0.70	0.44	0.29	0.22	0.17	0.20	0.29	0.63	0.72
1980	0.93	1.05	1.81	0.92	0.52	0.35	0.24	0.18	0.19	0.26	0.26	0.35	0.59
1981	1.47	3.75	3.16	2.47	1.11	0.67	0.43	0.41	0.31	0.29	0.33	0.68	1.26
1982	1.48	1.57	1.58	1.50	0.74	0.48	0.32	0.23	0.34	0.45	1.07	0.95	0.89
1983	1.13	2.38	3.05	2.42	1.11	0.67	0.42	0.29	0.32	0.27	0.21	0.41	1.06
1984	1.39	4.43	4.94	1.90	0.99	0.61	0.39	0.35	0.25	0.33	0.66	1.14	1.45
1985	1.08	2.11	2.04	1.88	0.88	0.70	0.43	0.29	0.24	0.19	0.27	0.46	0.88
1986	0.92	2.45	3.28	2.47	1.09	0.65	0.42	0.40	0.32	0.28	0.23	0.43	1.08
1987	2.64	1.58	1.03	0.82	0.54	0.46	0.45	0.38	0.34	0.32	0.37	0.50	0.79
1988	2.74	3.89	3.82	2.24	1.02	0.60	0.38	0.26	0.20	0.17	0.15	0.26	1.31
1989	0.70	1.50	2.39	1.79	0.82	0.51	0.32	0.24	0.19	0.16	0.15	0.19	0.75
1990	0.88	1.24	1.33	1.19	0.65	0.48	0.31	0.23	0.18	0.26	0.39	0.78	0.66
1991	1.26	1.69	1.01	0.78	0.50	0.48	0.31	0.22	0.24	0.21	0.23	0.30	0.60
1992	0.69	1.55	1.69	1.13	0.59	0.39	0.26	0.26	0.20	0.21	0.28	0.31	0.63
1993	1.75	1.84	2.22	2.09	0.92	0.56	0.36	0.28	0.22	0.31	0.85	1.46	1.07
1994	3.14	5.33	4.92	2.67	1.30	0.73	0.45	0.31	0.26	0.20	0.23	0.34	1.66
1995	0.84	1.66	3.34	2.14	0.94	0.56	0.36	0.26	0.21	0.20	0.20	0.36	0.92
1996	1.02	2.57	2.09	1.93	1.02	0.59	0.37	0.30	0.24	0.20	0.20	0.33	0.91
1997	1.73	4.00	3.09	1.95	0.89	0.54	0.35	0.32	0.34	0.25	0.35	0.58	1.20
1998	1.78	2.60	1.87	0.92	0.49	0.33	0.22	0.17	0.13	0.13	0.15	0.17	0.75
1999	0.47	2.42	3.39	3.15	1.20	0.70	0.43	0.30	0.32	0.35	0.32	0.64	1.14
2000	1.54	3.26	3.54	1.69	0.83	0.53	0.34	0.27	0.21	0.28	0.25	0.58	1.11
2001	7.91	8.86	8.43	4.35	2.00	1.03	0.64	0.44	0.32	0.26	0.22	0.24	2.89
2002	0.41	2.64	3.24	2.08	1.09	0.63	0.45	0.31	0.30	0.33	0.43	0.78	1.06
2003	1.62	3.66	4.57	1.95	0.93	0.57	0.36	0.26	0.26	0.19	0.22	0.42	1.25
2004	1.53	2.56	2.03	1.31	0.66	0.42	0.30	0.25	0.23	0.19	0.19	0.29	0.83
2005	0.48	1.69	1.87	1.27	0.63	0.40	0.27	0.20	0.16	0.17	0.18	0.45	0.65
2006	2.82	2.92	3.72	1.95	0.87	0.56	0.36	0.27	0.23	0.24	0.30	0.50	1.23
2007	0.86	1.42	2.00	1.47	0.74	0.45	0.30	0.21	0.19	0.17	0.17	0.30	0.69
2008	1.19	1.71	1.29	0.68	0.40	0.28	0.20	0.15	0.12	0.11	0.10	0.19	0.53
2009	0.34	1.12	1.42	1.14	0.61	0.39	0.26	0.19	0.15	0.14	0.38	0.66	0.57
2010	1.45	2.64	2.30	1.32	0.75	0.46	0.30	0.22	0.17	0.14	0.13	0.41	0.86
2011	0.87	3.35	3.03	2.29	1.06	0.62	0.39	0.30	0.29	0.22	0.28	0.65	1.11
2012	1.61	4.49	4.57	2.89	1.25	0.71	0.44	0.31	0.25	0.22	0.26	0.63	1.47
2013	1.51	3.04	3.26	1.88	0.95	0.58	0.38	0.27	0.25	0.25	0.26	0.40	1.09
2014	1.09	2.43	2.29	1.62	0.77	0.49	0.32	0.23	0.20	0.18	0.20	0.33	0.85
2015	1.02	2.21	2.81	1.71	0.82	0.51	0.33	0.23	0.19	0.18	0.19	0.35	0.88
2016	0.95	2.37	2.54	1.79	0.83	0.51	0.33	0.24	0.19	0.17	0.22	0.39	0.88
2017	0.98	2.17	2.56	1.82	0.85	0.52	0.33	0.24	0.19	0.18	0.21	0.33	0.87
2018	1.10	3.00	3.22	1.78	0.83	0.51	0.33	0.24	0.20	0.18	0.21	0.32	0.99
Q.promedi	1.55	2.83	2.92	1.86	0.93	0.57	0.37	0.28	0.24	0.23	0.29	0.49	1.05
PERCISTEN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
Q25%	1.74	3.47	3.37	2.13	1.06	0.64	0.42	0.31	0.28	0.27	0.33	0.61	1.24
Q50%	1.23	2.61	2.92	1.88	0.90	0.56	0.36	0.27	0.24	0.22	0.26	0.46	1.05
Qmedio	1.55	2.83	2.92	1.86	0.93	0.57	0.37	0.28	0.24	0.23	0.29	0.49	1.05
Q75%	0.93	1.74	2.03	1.40	0.75	0.48	0.32	0.23	0.19	0.18	0.20	0.34	0.83
Q90%	0.69	1.52	1.61	1.13	0.59	0.41	0.27	0.21	0.17	0.16	0.17	0.27	0.65

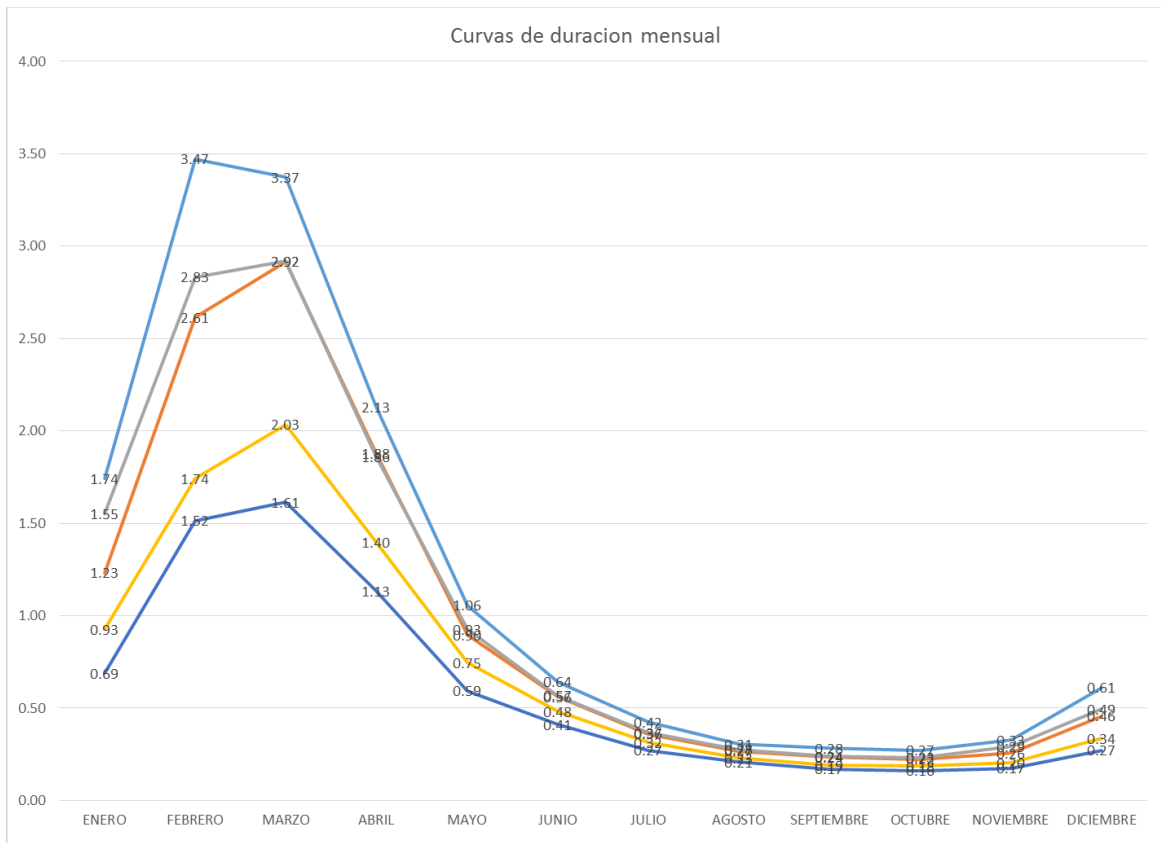


Figura 44: Curva de duración mensual



ANEXO I: Resultados del modelo hidrológico Lutz Scholz aplicado en la cuenca alta
del río Apurímac

Tabla 62: Generación de caudales medios mensuales para la cuenca alta del río
Apurímac

GENERACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO												
MES	N° días del mes	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES		CAUDALES
		P Total mm/mes	Efectiva			Gasto		Abastecimiento		GENERADOS		AFORADOS
			PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi	ai	Ai	mm/mes	m3/s	l/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Enero	31	144.36	36.9	117.4	65.8			0.400	16.0	49.8	24.00	22.26
Febrero	28	138.55	34.2	109.6	61.3			0.200	8.0	53.3	28.43	32.89
Marzo	31	118.78	25.2	81.8	45.5			0.000	0.0	45.5	21.96	35.39
Abril	30	41.66	4.1	9.7	6.1	0.699	13.1167		0.0	19.2	9.57	13.19
Mayo	31	8.45	1.0	2.2	1.4	0.488	9.1653		0.0	10.6	5.09	5.74
Junio	30	3.52	0.4	0.8	0.5	0.341	6.4043		0.0	6.9	3.45	4.40
Julio	31	2.69	0.3	0.5	0.4	0.238	4.4750		0.0	4.8	2.33	3.85
Agosto	31	7.14	0.8	1.8	1.2	0.167	3.1269		0.0	4.3	2.08	3.55
Setiem.	30	13.20	1.4	3.3	2.1	0.116	2.1850		0.0	4.3	2.13	3.38
Octubre	31	22.71	2.3	5.1	3.3	0.081	1.5267		0.0	4.8	2.32	3.15
Noviem.	30	33.66	3.2	7.4	4.7			0.050	2.0	2.7	1.37	3.87
Diciem.	31	79.39	11.0	33.5	19.1			0.350	14.0	5.1	2.47	5.90
AÑO		614.1	120.8	373.3	211.4	2.131	40.0	1.000	40.0	211.4	8.77	11.46
Coefficientes		0.34	0.641	0.359	1.000							
TOTAL	144.36	138.546	118.777	41.6593	8.44522	3.5188	2.68983	7.14323	13.1997	22.7082	33.6567	79.3931481

En dicho estudio se adopta una retención de 40 mm/año y en el documento fuente de 20 mm/año. Dichos valores corresponden a cuencas con agotamiento muy rápido;

Tabla 63: Generación de caudales medios mensuales mediante los modelos hidrológicos Lutz Scholz & GR2M

Año	MODELO GR2M	MODELO LUTZ SCHOLZ
ENE	10.78	24.00
FEB	22.17	28.43
MAR	25.00	21.96
ABR	13.91	9.57
MAY	6.87	5.09
JUN	4.34	3.45
JUL	2.90	2.33
AGO	2.23	2.08
SEP	1.97	2.13
OCT	1.77	2.32
NOV	2.08	1.37
DIC	3.11	2.47

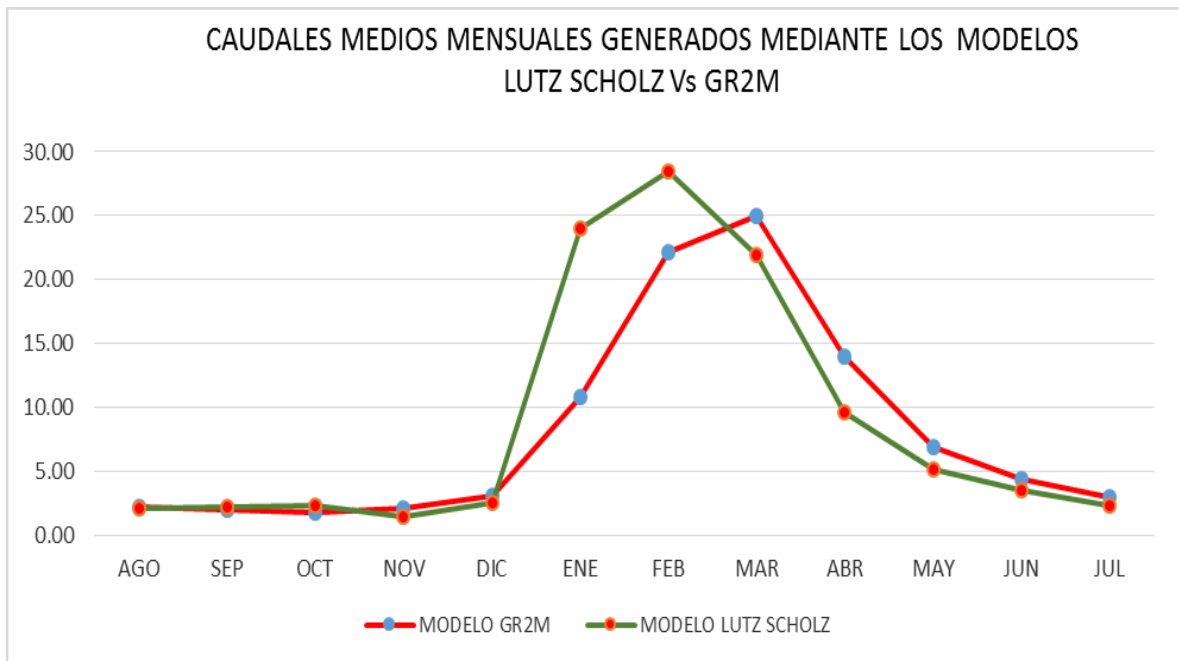


Figura 45: Caudales medios mensuales generados mediante los modelos hidrológicos Lutz Scholz & GR2M

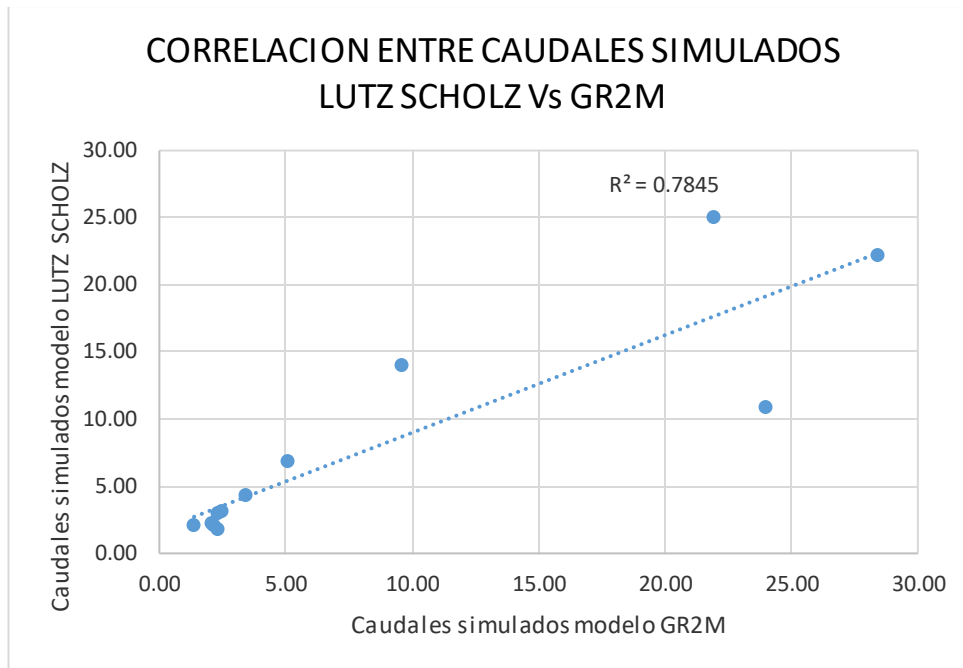


Figura 46: Correlación de caudales simulados mediante los modelos hidrológicos Lutz Scholz & GR2M