

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura, Ingenierías Civil y del Ambiente.
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA
CON EL APOORTE DE LA DESCARGA DE LOS RÍOS APURÍMAC Y
HORNILLOS EN EL DISTRITO DE TISCO, PROVINCIA DE
CAYLLOMA – AREQUIPA ”**

Tesis presentada por la Bachiller:
Fuentes Pari Madeleine Fiorella
Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Rendón Dávila Victor Oscar

Arequipa- Perú
2021

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El Borrador de Tesis Titulado:

“Delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca con el
aporte de los ríos Apurímac y Hornillos en el Distrito de Tisco,
Provincia de Caylloma - Arequipa”

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

Madeleine Fiorella Fuentes Pari

Nuestro DICTAMEN es:

Aprobado

OBSERVACIONES:

Arequipa, 05 de noviembre del 2019

Miguel Ángel Pineda U
cod: 1783

[Firma]
cod: 1950

[Firma]
2592

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Carlos Fuentes y Maria Pari por su apoyo incondicional de siempre.

A mis asesores Ing. Victor Rendón, Ing. Víctor Hidalgo e Ing. Arturo Arroyo por el tiempo brindado en la elaboración de mi tesis.

Madeleine Fiorella Fuentes Pari



ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I.....	6
1. GENERALIDADES.....	7
1.1. ANTECEDENTES.....	7
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3. OBJETIVOS	8
1.3.1. Objetivos Generales.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
1.4. METODOLOGÍA	9
1.4.1. Recopilación de Información.....	9
1.4.2. Revisión de la Información Bibliográfica y Normativa	10
1.4.3. Trabajos de Campo.....	10
1.4.4. Procesamiento de Datos.....	11
1.5. NORMATIVIDAD APLICADA.....	11
CAPÍTULO II	12
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO	13
2.1. GENERALIDADES.....	13
2.1.3. Ubicación Política	14
2.2. ACCESIBILIDAD	14
2.3. DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LAS CUENCAS CAMANÁ – COLCA - MAJES	15
2.3.1. Descripción General de la Cuenca Camaná – Colca – Majes....	15
2.4. DESCRIPCIÓN MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	16
2.4.1.1. Geología y Geomorfología	16

2.4.1.2. Estratigrafía:.....	16
2.5. CLIMATOLOGÍA	17
2.5.1. Parámetros Climatológicos	17
CAPÍTULO III	18
3. MARCO TEÓRICO	19
3.1. DEFINICIONES	19
3.1.1. CAUCES O ÁLVEOS.....	19
3.1.2. CAUCES INACTIVOS.....	19
3.1.3. CUENCA.....	19
3.1.4. FAJAS MARGINALES	19
3.1.5. HIDROLOGÍA.....	20
3.1.6. PRECIPITACIÓN	20
3.1.7. RIBERAS.....	20
3.2. PROGRAMAS DE ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.....	20
3.2.1. ARC GIS 10.3	20
3.2.2. HEC – HMS 4.1	21
3.2.3. HEC – RAS 5.0.3	22
CAPÍTULO IV	23
4. HIDROLOGÍA.....	24
4.1. METODOLOGÍA	24
4.1.1. Trabajos Preliminares	24
4.1.2. Procesamiento de Datos.....	25
4.2. ESTUDIO HIDRÓLOGICO.....	26
4.2.1.1. Delimitación.....	26
4.2.1.1.1. Metodología	26
4.2.1.2. Descripción Hidrográfica.....	45
4.2.1.3. Áreas.....	45
4.2.1.4. Perímetros	46
4.2.1.5. Factores de Forma de Horton.....	46

4.2.1.5.1. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius	46
4.2.1.6. Parámetros relativos al relieve	46
4.2.1.6.1. Pendiente de la Cuenca.....	47
4.2.1.6.1.1. Criterio de Alvord.....	47
4.2.1.6.1.2. Criterio de Horton.....	50
4.2.1.6.1.3. Método de Nash.....	54
4.2.1.6.1.4. Criterio del Rectángulo Equivalente.....	58
4.2.1.6.1.5. Mediante software	59
4.2.1.6.1.1. Resultados	63
4.2.1.6.2. Curva Hipsométrica.....	64
4.2.1.6.3. Pendientes Media del Curso Principal.....	66
4.2.1.6.3.1. Criterios.....	66
4.2.1.6.3.1.1. Pendiente de un Tramo	66
4.2.1.6.3.1.2. Taylor y Schwarz.....	68
4.2.1.6.3.2. Resultados	69
4.2.1.6.4. Red de Drenaje de las Cuencas	70
4.2.1.6.4.1. Estructura de la red de drenaje	70
4.2.1.6.4.1.1. Modelo de Ordenación de Horton - Strahler.....	70
4.2.1.6.4.2. Longitud de los Tributarios.....	72
4.2.1.6.4.3. Densidad de Drenaje.....	72
4.2.1.6.4.4. Constante de Estabilidad del Río.....	73
4.2.1.7. Resumen de los Parámetros Fisiográficos de la Cuenca del Río Chalhuanca.....	74
4.2.2. Información Pluviométrica	75
4.2.2.1. Estaciones Pluviométricas	75
4.2.2.1.1. Estación Metereológica : Porpera.....	75
4.2.2.1.2. Estación Metereológica : Tisco	75
4.2.2.1.3. Estación Metereológica : La Angostura	76
4.2.2.2. Registro de Precipitación.....	77
4.2.2.3. Estimación de Datos Faltantes	80
4.2.2.4. Extensión del Registro.....	89
4.2.2.5. Análisis de Consistencia.....	104

4.2.2.5.1.	Análisis Gráfico.....	104
4.2.2.5.2.	Análisis de Consistencia (Curva Doble Masa).....	107
4.2.2.5.2.1.	Procedimiento.....	107
4.2.2.5.3.	Análisis de Datos Dudosos	112
4.2.2.5.4.	Análisis Estadístico	117
4.2.2.5.4.1.	Consistencia de la Media	117
4.2.2.5.4.2.	Consistencia de la Desviación Estándar	119
4.2.2.5.5.	Resultados	121
A.	Análisis Gráfico Corregido	121
B.	Análisis de Doble Masa Corregido.....	123
C.	Análisis de Datos Dudosos Corregido	126
D.	Análisis Estadístico.....	128
4.2.2.6.	Precipitaciones Promedio sobre la Cuenca.....	129
4.2.2.6.1.	Método Media Aritmética.....	129
4.2.2.6.2.	Método Thiessen	131
4.2.2.6.3.	Método Isoyetas	133
4.2.2.6.4.	Resultados	136
4.2.3.	Análisis de Frecuencia.....	137
4.2.3.1.	Periodo de Retorno.....	137
4.2.3.2.	Distribución Probabilística de Frecuencias.....	139
4.2.3.2.1.	Distribución Normal Estándar.....	139
4.2.3.2.2.	Distribución Log Normal II Parámetros	141
4.2.3.2.3.	Distribución Log Normal III Parámetros.....	143
4.2.3.2.4.	Distribución del Valor Extremo Tipo I (Gumbel).....	146
4.2.3.2.5.	Distribución Log Gumbel	148
4.2.3.2.6.	Distribución Gamma II Parámetros.....	150
4.2.3.2.7.	Distribución Pearson Tipo III ó Gamma III Parámetros	153
4.2.3.2.8.	Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros	156
4.2.3.2.9.	Resultados	159
4.2.3.3.	Pruebas Bondad de Ajuste	161
4.2.3.3.1.	Prueba de Chi – Cuadrado	161

4.2.3.3.2.	Prueba de Smirnov Kolmogorov	170
4.2.3.3.3.	Selección del Método Estadístico Apropriado	175
4.2.4.	Intensidad Máxima y Hietograma de Diseño.....	176
4.2.4.1.	Intensidad Máxima – Método de Dick Peschke.....	176
4.2.4.2.	Método del Bloque Alterno	180
CAPÍTULO V		184
5.	ESTIMACIÓN DE CAUDAL MÁXIMO.....	185
5.1.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	185
5.1.1.	Fórmula de Kirpich	187
5.1.2.	Fórmula de California (del U.S.B.R.).....	187
5.1.3.	Fórmula de Giandotti.....	187
5.1.4.	Fórmula de Témez.....	188
5.1.5.	Fórmula de California Culvert Practice.....	188
5.1.6.	Hathaway	189
5.2.	NÚMERO DE CURVA E IMPERMEABILIDAD	190
5.3.	SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO HEC-HMS	
4.1	195	
5.4.	APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO DE	
TEMEZ.....		200
5.4.1.	Tiempo de Concentración (T_c)	200
5.4.2.	Coeficiente de Uniformidad (K).....	201
5.4.3.	Coeficiente de Simultaneidad (K_A).....	201
5.4.4.	Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (P)	201
5.4.5.	Intensidad de Precipitación (I).....	202
5.4.6.	Umbral de Escorrentía (P_o)	202
5.4.7.	Coeficiente de Escorrentía (C).....	202
5.4.8.	Caudal Máximo (Q).....	203
5.5.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	203
CAPÍTULO VI.....		204

6. MODELAMIENTO DEL CAUDAL MÁXIMO - INUNDACIÓN Y DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL.....	205
6.1. DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES HIDRÁULICAS DEL RÍO CHALHUANCA CON ARC GIS 10.3.....	206
6.2. MODELAMIENTO DE LAS SECCIONES HIDRÁULICAS DEL RÍO CHALHUANCA CON HEC-RAS 5.0.3.....	210
6.2.1. Determinación de coeficiente de Rugosidad del Río Chalhuanca	213
6.2.1.1. Método Cowan.....	213
6.3. MODELAMIENTO DE LA INUNDACIÓN CON ARC GIS 10.3	220
6.4. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....	224
6.5. GEOREFERENCIACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....	225
CAPÍTULO VII.....	229
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	230
7.1. CONCLUSIONES.....	230
7.2. RECOMENDACIONES.....	235
CAPÍTULO VIII	237
8. ANEXOS	238
8.1. SECCIONES DEL RÍO CHALHUANCA CON CAUDAL DE 394.78 M ³ /S VS. 424.78 M ³ /S DONDE ESTE ÚLTIMO INCLUYE LA DESCARGA DE LOS RÍOS APURÍMAC Y HORNILLOS	238
8.2. ANEXO A: TABLAS ESTADÍSTICAS.....	244
8.2.1. Distribución Normal Estándar Acumulada.....	244
8.2.2. Distribución Chi – Cuadrado X ²	246
8.2.3. Prueba Chi Cuadrado.....	250
8.2.4. Tabla de valores críticos de Smirnov Kolmogorov.....	251
8.3. ANEXO B: BIBLIOGRAFÍA.....	252
8.4. ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO.....	253

8.5. ANEXO D: PLANO.....254



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1 COORDENADAS UTM - PUNTO DE AFORO	26
CUADRO 2 PERÍMETRO DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA ..	46
CUADRO 3 ÍNDICE DE GRAVELIUS - CUENCA RÍO CHALHUANCA.	46
CUADRO 4 CRITERIO DE ALVORD - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	48
CUADRO 5 DATOS CRITERIO DE ALVORD	49
CUADRO 6 PENDIENTE MEDIA CUENCA RÍO CHALHUANCA - CRITERIO DE ALVORD	49
CUADRO 7 CRITERIO RECTÁGULO EQUIVALENTE	58
CUADRO 8 CRITERIO USADOS - PENDIENTE CUENCA RÍO CHALHUANCA	63
CUADRO 9 PENDIENTE PROMEDIO CUENCA RÍO CHALHUANCA ..	64
CUADRO 10 DATOS PARA CURVA HIPSOMÉTRICA - POLÍGONO DE FRECUENCIAS DE ALTITUDES DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	64
CUADRO 11 ALTITUD MEDIA , DE FRECUENCIA Y MÁS FRECUENTE DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	66
CUADRO 12 HOJA DE CÁLCULO - CRITERIO DE TAYLOR Y SCHWARZ- CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	68
CUADRO 13 CRITERIO PENDIENTE DE CAUCE PRINCIPAL	69
CUADRO 14 RESUMEN DE PARÁMETRO DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	74
CUADRO 15 ESTACIONES METEOROLÓGICAS	76
CUADRO 16 REGISTRO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HORAS ESTACIÓN METEOROLÓGICA PORPERA	77
CUADRO 17 REGISTRO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS ESTACIÓN METEOROLÓGICA TISCO	78
CUADRO 18 REGISTRO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA ANGOSTURA	79
CUADRO 19 REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 H : ESTACIÓN METEOROLÓGICA	86

CUADRO 20 REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H: ESTACIÓN METEOROLÓGICA TISCO	87
CUADRO 21 REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H: ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA ANGOSTURA	88
CUADRO 22 ESTACIÓN BASE PORPERA.....	91
CUADRO 23 ESTACIÓN BASE TISCO	92
CUADRO 24 ESTACIÓN DE ESTUDIO LA ANGOSTURA.....	93
CUADRO 25 FACTORES DE CORRECCIÓN ALTITUDINAL Y DE INFLUENCIA GEOGRÁFICA	96
CUADRO 26 ESTACIÓN DE ESTUDIO	96
CUADRO 27 FACTORES DE INFLUENCIA GEOGRÁFICA	97
CUADRO 28 REGISTRO EXTENDIDO ESTACIÓN LA ANGOSTURA ..	98
CUADRO 29 ESTACIÓN DE ESTUDIO	99
CUADRO 30 ESTACIONES BASE.....	99
CUADRO 31 REGISTRO COMPLETO PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H ESTACIÓN PORPERA	101
CUADRO 32 REGISTRO COMPLETO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H - ESTACIÓN TISCO.....	102
CUADRO 33 REGISTRO COMPLETO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS 24 H - ESTACIÓN LA ANGOSTURA	103
CUADRO 34 EVENTOS CLIMATOLÓGICOS EXTRAORDINARIOS...	106
CUADRO 35 DATOS ANÁLISIS DE DOBLE MASA.....	108
CUADRO 36 PERÍODOS DUDOSOS Y CONFIABLES ESTACIONES ..	112
CUADRO 37 DATOS - ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS	115
CUADRO 38 ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS	116
CUADRO 39 ESTACIONES DATOS DUDOSOS.....	116
CUADRO 40 ESTACIONES - PERÍODO DUDOSO Y CONFIABLE	120
CUADRO 41 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	120
CUADRO 42 CONSISTENCIA DE MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR	120
CUADRO 43 DATOS CORREGIDO -DOBLE MASA.....	123

CUADRO 44 PERIODOS CORREGIDOS.....	125
CUADRO 45 DATOS CORREGIDOS - ANÁLISIS DATOS DUDOSOS CORREGIDOS.....	126
CUADRO 46 ANÁLISIS DATOS DUDOSOS CORREGIDOS	127
CUADRO 47 REGISTRO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H CORREGIDOS.....	128
CUADRO 48 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS CORREGIDOS.....	128
CUADRO 49 PRUEBA T STUDENT Y FISHER - CORREGIDAS	129
CUADRO 50 MÉTODO ARITMÉTICO - CUENCA RÍO CHALHUANCA	130
CUADRO 51 MÉTODO DE THIESSEN - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	132
CUADRO 52 MÉTODO ISOYETAS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA - 1997.....	134
CUADRO 53 MÉTODO ISOYETAS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	135
CUADRO 54 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 H - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	136
CUADRO 55 DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	140
CUADRO 56 DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	140
CUADRO 57 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II PARÁMETRO - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	142
CUADRO 58 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II PARÁMETRO - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	142
CUADRO 59 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III PARÁMETROS - CÁLCULO X0	144
CUADRO 60 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III PARÁMETROS DATOS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	144
CUADRO 61 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III PARÁMETRO - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	145
CUADRO 62 DATOS DISTRIBUCIÓN GUMBEL - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	146

CUADRO 63 DISTRIBUCIÓN GUMBEL - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	147
CUADRO 64 DATOS DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	148
CUADRO 65 DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	149
CUADRO 66 DATOS DISTRIBUCIÓN GAMA II PARÁMETROS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	151
CUADRO 67 DISTRIBUCIÓN GAMA II PARÁMETROS.....	152
CUADRO 68 DATOS DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	154
CUADRO 69 DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	155
CUADRO 70 DATOS DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	157
CUADRO 71 DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA.....	158
CUADRO 72 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PRECIPITACIÓN MÁXIMAS 24H.....	159
CUADRO 73 DATOS - PRUEBA CHI CUADRADO	163
CUADRO 74 FRECUENCIA ACUMULADA - PRUEBA CHI CUADRADO	164
CUADRO 75 DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR - PRUEBA CHI CUADRADO	165
CUADRO 76 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II P - PRUEBA CHI CUADRADO	165
CUADRO 77 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III P - PRUEBA CHI CUADRADO	166
CUADRO 78 DISTRIBUCIÓN GUMBEL - PRUEBA CHI CUADRADO	166
CUADRO 79 DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL - PRUEBA CHI CUADRADO	167
CUADRO 80 DISTRIBUCIÓN GAMA II P - PRUEBA CHI CUADRADO	167

CUADRO 81 DISTRIBUCIÓN GAMA III P - PRUEBA CHI CUADRADO	168
CUADRO 82 DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III - PRUEBA CHI CUADRADO	168
CUADRO 83 RESUMEN - PRUEBA CHI CUADRADO	169
CUADRO 84 PRUEBA SMIRNOV KOLMOGOROV – DATOS ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE	170
CUADRO 85 PRUEBA SMIRNOV KOLMOGOROV - DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS.....	172
CUADRO 86 PRUEBA SMIRNOV KOLMOGOROV - DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS.....	173
CUADRO 87 PRUEBA SMIRNOV KOLMOGOROV - DISTRIBUCIONES DE PROBABILÍSTICAS.....	174
CUADRO 88 PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	175
CUADRO 89 PRECIPITACIÓN TOTAL (MM) PARA DIFERENTES DURACIONES – INTERVALOS DE 10 MINUTOS	178
CUADRO 90 INTENSIDADES MÁXIMAS (MM/H) PARA DIFERENTES DURACIONES (INTERVALOS 10).....	179
CUADRO 91 MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO.....	181
CUADRO 92 DATOS CAUCE Y CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA..	186
CUADRO 93 FACTOR N RUGOSIDAD - FÓRMULA HATHAWAY.....	189
CUADRO 94 NÚMERO DE CURVA.....	191
CUADRO 95 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	193
CUADRO 96 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	194
CUADRO 97 PARÁMETROS DE CUENCA RÍO CHALHUANCA - HEC HMS	195
CUADRO 98 DATOS Y RESULTADO TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	201
CUADRO 99 DATOS Y RESULTADO COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	201
CUADRO 100 DATOS Y RESULTADO COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD	201

CUADRO 101 DATOS Y RESULTADO PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA.....	202
CUADRO 102 DATOS Y RESULTADO INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	202
CUADRO 103 UMBRAL DE ESCORRENTÍA	202
CUADRO 104 DATOS Y RESULTADO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	203
CUADRO 105 CAUDAL MÁXIMO - MÉTODO RACIONAL MODIFICADO DE TÉMEZ.....	203
CUADRO 106 RESULTADOS DE CAUDALES MÁXIMOS	203
CUADRO 107 VALORES DE COWAN.....	214
CUADRO 108 VALORES DE MANNING - RÍO CHALHUANCA.....	215
CUADRO 109 HITOS DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA	225
CUADRO 110 PARÁMETROS DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	230
CUADRO 111 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 H - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	231
CUADRO 112 HITOS DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA	232

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 VISTA PANORÁMICA DESCARGA CHALHUANCA..	7
ILUSTRACIÓN 2 CUENCA CAMANÁ- MAJES – COLCA	14
ILUSTRACIÓN 3 CURVAS DE NIVEL DE LAS CARTAS NACIONALES 31-S Y 31-T	28
ILUSTRACIÓN 4 SUPERFICIE TIN DE CARTAS NACIONALES 31-S Y 31-T	30
ILUSTRACIÓN 5 MODELO RASTER - CARTAS NACIONALES 31S - 31T	32
ILUSTRACIÓN 6 MODELO FILL - CARTAS NACIONALES 31-S Y 31-T	34
ILUSTRACIÓN 7 DIRECCIÓN DE FLUJO	36
ILUSTRACIÓN 8 RED HÍDRICA MODELO DE SUPERFICIE	38
ILUSTRACIÓN 9 PUNTO DE AFORO - CUENCA.....	41
ILUSTRACIÓN 10 DELIMITACIÓN PRELIMINAR DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	43
ILUSTRACIÓN 11 DELIMITACIÓN FINAL DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	45
ILUSTRACIÓN 12 ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA ..	45
ILUSTRACIÓN 13 CRITERIO DE ALVORD - PENDIENTE CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA - LONGITUD DE LAS CURVAS	49
ILUSTRACIÓN 14 CRITERIO DE HORTON - PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	53
ILUSTRACIÓN 15 CRITERIO DE NASH - PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	57
ILUSTRACIÓN 16 MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	60
ILUSTRACIÓN 17 MAPA DE PENDIENTE INTERPOLADO EN FORMATO SHAPE - CUENCA RÍO CHALHUANCA	62
ILUSTRACIÓN 18 CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	65
ILUSTRACIÓN 19 FRECUENCIAS ALTIMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	65

ILUSTRACIÓN 20 CRITERIO PENDIENTE DE UN TRAMO - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	67
ILUSTRACIÓN 21 ORDEN DE LA RED HÍDRICA - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	72
ILUSTRACIÓN 22 UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BASE Y ESTUDIO	90
ILUSTRACIÓN 23 ANÁLISIS GRÁFICO - TISCO	105
ILUSTRACIÓN 24 ANÁLISIS GRÁFICO - PORPERA.....	105
ILUSTRACIÓN 25 ANÁLISIS GRÁFICO - LA ANGOSTURA	106
ILUSTRACIÓN 26 CURVA DE DOBLE MASA	109
ILUSTRACIÓN 27 CURVA DOBLE MASA - ESTACIÓN BASE LA ANGOSTURA.....	111
ILUSTRACIÓN 28 ANÁLISIS GRÁFICO CORREGIDO – PORPERA....	121
ILUSTRACIÓN 29 ANÁLISIS GRÁFICO CORREGIDO – TISCO	122
ILUSTRACIÓN 30 ANÁLISIS GRÁFICO - LA ANGOSTURA	122
ILUSTRACIÓN 31 CURVA DOBLE MASA CORREGIDO.....	124
ILUSTRACIÓN 32 CURVA DOBLE MASA - ESTACIÓN BASE ANGOSTURA.....	124
ILUSTRACIÓN 33 POLÍGONOS DE THIESSEN - CUENCA DEL RÍO DEL CHALHUANCA.....	131
ILUSTRACIÓN 34 MÉTODO ISOYETAS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA – 1997.....	133
ILUSTRACIÓN 35 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24H.....	160
ILUSTRACIÓN 36 MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO.....	182
ILUSTRACIÓN 37 NÚMERO DE CURVA - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	192
ILUSTRACIÓN 38 SISTEMA HIDROLÓGICO	196
ILUSTRACIÓN 39 SISTEMA HIDROLÓGICO CONECTADO - CUENCA RÍO CHALHUANCA.....	197
ILUSTRACIÓN 40 PARÁMETROS - CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA	198
ILUSTRACIÓN 41 DATOS - MÉTODO BOLQUE ALTERNO.....	198

ILUSTRACIÓN 42 HIETOGRAMA DE DISEÑO.....	198
ILUSTRACIÓN 43 PARÁMETROS DEL MODELO METEOROLÓGICO	199
ILUSTRACIÓN 44 ASIGNACIÓN MARGEN DERECHO RÍO CHALHUANCA	208
ILUSTRACIÓN 45 ASIGNACIÓN MARGEN IZQUIERDO RÍO CHALHUANCA	209
ILUSTRACIÓN 46 ELEMENTO DE GEOMETRÍA - RÍO CHALHUANCA	210
ILUSTRACIÓN 47 ARCHIVO EN HEC RAS 5.0.3 - RÍO CHALHUANCA	210
ILUSTRACIÓN 48 ÍCONO VIEW/ EDIT GEOMETRIC DATA.....	211
ILUSTRACIÓN 49 VENTANA EMERGENTE AL HACER CLICK EN ÍCONO VIEW/ EDIT GEOMETRIC DATA	211
ILUSTRACIÓN 50 DIRECCIÓN GIS FORMAT	212
ILUSTRACIÓN 51 VENTANA EMERGENTE AL HACER CLICK EN GIS FORMAT	212
ILUSTRACIÓN 52 ARCHIVO GIS DE SECCIONES TRANSVERSALES EN HEC RAS 5.0.3 - RÍO CHALHUANCA.....	213
ILUSTRACIÓN 53 HEC RAS 5.0.3 - VALORES DE MANNING - RÍO CHALHUANCA	216
ILUSTRACIÓN 54 VENTANA EMERGENTE AL HACER CLICK EN MANNING’S N O K VALUES	216
ILUSTRACIÓN 55 VENTANA PRINCIPAL – HEC RAS 5.0.3 – STEADY FLOW DATA.....	217
ILUSTRACIÓN 56 VENTANA EMERGENTE DE STEADY FLOW DATA - RÍO CHALHUANCA.....	217
ILUSTRACIÓN 57 COMANDO PARA ESTABLECER UNA SIMULACIÓN DEL FLUJO - HEC RAS 5.0.3 - RÍO CHALHUANCA	218
ILUSTRACIÓN 58 VENTANA EMERGENTE PARA EJECUTAR LA SIMULACIÓN DEL FLUJO	218
ILUSTRACIÓN 59 VENTANA QUE ESTABLECE EL ESTADO DE COMPUTACIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL FLUJO – RÍO CHALHUANCA	218

ILUSTRACIÓN 60 DIRECCIÓN PARA EXPORTAR SIMULACIÓN DE FLUJO A FORMATO GIS	219
ILUSTRACIÓN 61 VENTANA EMERGENTE PARA EXPORTAR LA SIMULACIÓN DEL FLUJO DE MÁXIMO DE DISEÑO – RÍO CHALHUANCA	219
ILUSTRACIÓN 62 COMANDO PARA EXPORTAR ARCHIVO DE SIMULACIÓN DE FLUJO.....	220
ILUSTRACIÓN 63 VENTANA EMERGENTE PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE INUNDACIÓN - RÍO CHALHUANCA	220
ILUSTRACIÓN 64 IMPORTACIÓN DE GEOMETRÍA - RÍO CHALHUANCA	221
ILUSTRACIÓN 65 COMANDO PARA GENERAR LA SUPERFICIE DE INUNDACIÓN - RÍO CHALHUANCA	222
ILUSTRACIÓN 66 SUPERFICIE DE INUNDACIÓN DE RÍO CHALHUANCA	222
ILUSTRACIÓN 67 COMANDO PARA GENERAR EL PLANO DE INUNDACIÓN - RÍO CHALHUANCA	223
ILUSTRACIÓN 68 PLANO DE INUNDACIÓN - RÍO CHALHUANCA	223
ILUSTRACIÓN 69 PROGRESIVA 4+250 DEL RÍO CHALHUANCA.....	238
ILUSTRACIÓN 70 PROGRESIVA 2+900 DEL RÍO CHALHUANCA.....	238
ILUSTRACIÓN 71 PROGRESIVA 2+850 DEL RÍO CHALHUANCA.....	239
ILUSTRACIÓN 72 PROGRESIVA 2+500 DEL RÍO CHALHUANCA.....	239
ILUSTRACIÓN 73 PROGRESIVA 1+150 DEL RÍO CHALHUANCA.....	240
ILUSTRACIÓN 74 PROGRESIVA 1+000 DEL RÍO CHALHUANCA.....	240
ILUSTRACIÓN 75 PROGRESIVA 0+950 DEL RÍO CHALHUANCA.....	241
ILUSTRACIÓN 76 PROGRESIVA 0+850 DEL RÍO CHALHUANCA.....	241
ILUSTRACIÓN 77 PROGRESIVA 0+500 DEL RÍO CHALHUANCA.....	242
ILUSTRACIÓN 78 PROGRESIVA 0+200 DEL RÍO CHALHUANCA.....	242
ILUSTRACIÓN 79 PROGRESIVA 0+100 DEL RÍO CHALHUANCA.....	243
ILUSTRACIÓN 80 PROGRESIVA 0+50 DEL RÍO CHALHUANCA.....	243
ILUSTRACIÓN 81 TOMA AÉREA DEL RÍO CHALHUANCA REALIZADA EN DRONE	253

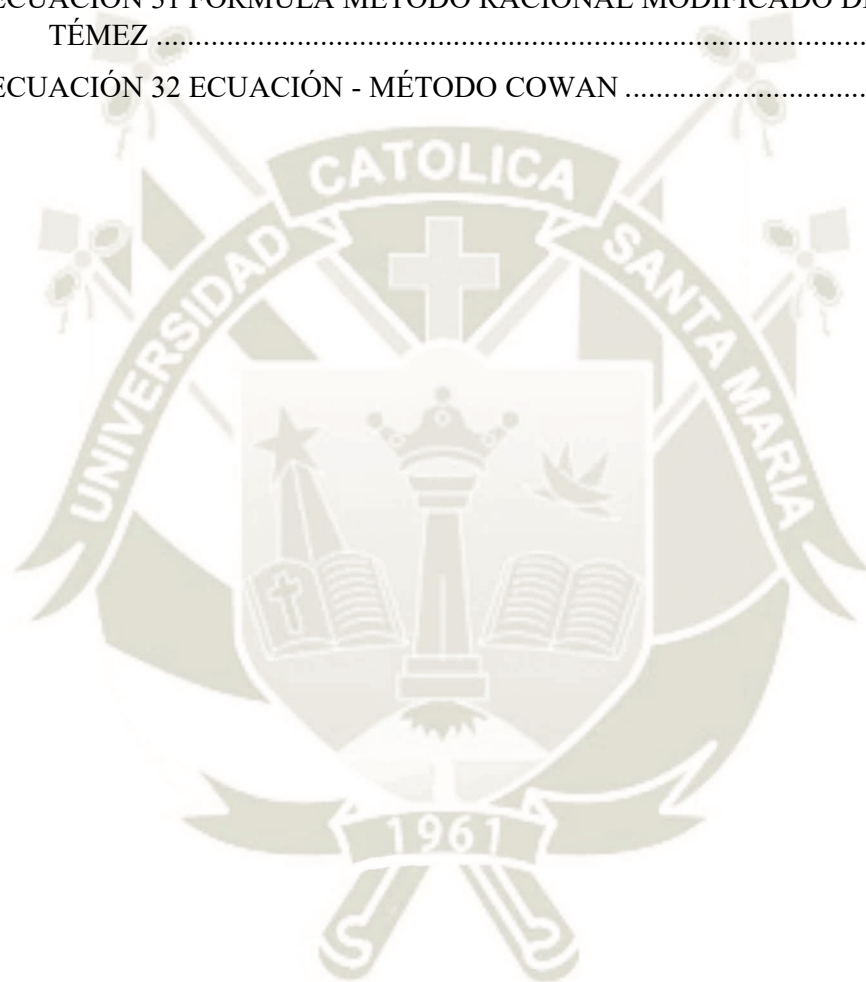
ILUSTRACIÓN 82 VISTA PANORÁMICA DEL FINAL DEL TÚNEL
TRASANDINO , EN ESTE PUNTO SE TRASVASARÁN LOS 30 M³/S
.....253



ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 ÍNDICE DE GRAVELIUS	46
ECUACIÓN 2 FÓRMULA CRITERIO DE ALVORD.....	48
ECUACIÓN 3 PENDIENTE - CRITERIO DE HORTON	51
ECUACIÓN 4 LADO MAYOR DE LA CUENCA	58
ECUACIÓN 5 LADO MENOR DE LA CUENCA.....	58
ECUACIÓN 6 PENDIENTE DE LA CUENCA	58
ECUACIÓN 7 PENDIENTE DE UN TRAMO.....	66
ECUACIÓN 8 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL - CRITERIO TAYLOR Y SCHWARZ	68
ECUACIÓN 9 DENSIDAD DE DRENAJE	73
ECUACIÓN 10 CONSTANTE DE ESTABILIDAD DEL RÍO	73
ECUACIÓN 11 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	81
ECUACIÓN 12 ECUACIÓN DE FRECUENCIA PARA DETECTAR DATOS DUDOSOS ALTOS	113
ECUACIÓN 13 UMBRAL DE DATO DUDOSO ALTO	113
ECUACIÓN 14 ECUACIÓN DE FRECUENCIA PARA DETECTAR DATOS DUDOSOS BAJOS.....	113
ECUACIÓN 15 UMBRAL DE DATO DUDOSO BAJO.....	114
ECUACIÓN 16 COEFICIENTE DE ASIMETRÍA.....	114
ECUACIÓN 17 MEDIA - PERIODO DUDOSO Y CONFIABLE.....	117
ECUACIÓN 18 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL PERIODO W.....	117
ECUACIÓN 19 T CALCULADO	118
ECUACIÓN 20 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS PROMEDIOS.....	118
ECUACIÓN 21 DESVIACIÓN ESTÁNDAR PODERADA	118
ECUACIÓN 22 ALTURA DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO	130
ECUACIÓN 23 PROBABILIDAD ACUMULADA.....	139
ECUACIÓN 24 PROBABILIDAD ACUMULADA.....	141
ECUACIÓN 25 GRADOS DE LIBERTAD	153
ECUACIÓN 26 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	153

ECUACIÓN 27 MAGNITUD DE LA PRECIPITACIÓN	153
ECUACIÓN 28 VARIABLE REDUCIDA	154
ECUACIÓN 29 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	156
ECUACIÓN 30 PRUEBA CHI-CUADRADO	161
ECUACIÓN 31 FÓRMULA MÉTODO RACIONAL MODIFICADO DE TÉMEZ	200
ECUACIÓN 32 ECUACIÓN - MÉTODO COWAN	213



RESUMEN

El Perú ha demostrado ser un país rico y diverso en todos los sectores tanto cultural, minero, forestal, agroindustrial, agrícola; y es en estos últimos sectores que destaca inclusive a nivel internacional en exportación de productos tales como espárragos, quinua, maca, palta, alcachofa, uvas, mango, entre otros.

Es entonces donde se ve la importancia de dos factores importantes en el sector agrícola los cuales son la disposición de terrenos fértiles y de la cantidad suficiente de agua para el riego de los cultivos, el problema es que las zonas fértiles no cuentan con suficiente recurso hídrico, por lo cual la solución ingenieril es la de trasvasar agua de donde sobra hacia zonas las cuales son fértiles, pero no cuentan con el recurso hídrico para poder cultivar en las mismas.

El trasvase de agua de una cuenca a otra, se ha aplicado en muchos lugares del país tal es el caso del proyecto Olmos en el norte del Perú, específicamente en la Región Lambayeque, proyecto que consiste en el trasvase de agua del Río Huancabamba de la vertiente del Atlántico a la vertiente del Pacífico a través de un túnel de 20 km para su aprovechamiento en la irrigación eriazas en el Valle de Olmos.

En la región de Arequipa específicamente en la provincia de Caylloma se desarrollará el Proyecto Especial Majes Siguan II Fase II en el cual consiste en la construcción de la Presa Angostura la cual tendrá un volumen útil de 1 140 hm³, procedente de los Ríos Apurímac y Hornillos para luego ser trasvasado a

través de los Túneles Pucará y Trasandino con una longitud aproximada de 16 km y con capacidad de $30 \text{ m}^3/\text{s}$, en cual desembocará en el Río Chalhuanca y que servirá para irrigar 38500 Ha en las Pampas de Siguan en el Distrito de Majes.

Los niveles que alcanza el Río Chalhuanca en épocas de máxima avenida , así como el que alcanzará con el trasvase de agua provenientes de los ríos Apurímac y Hornillos son objeto de estudio de la presente tesis, la cual ha sido realizada en base a un Estudio Hidrológico, cabe destacar que para el primer caso se obtuvieron datos brindados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAHMI) , para después realizar el análisis, estudio, evaluación y procesamiento de la información hidrometeorológica.

PALABRAS CLAVES: Río Apurímac, Río Hornillos, Río Chalhuanca, Máxima Avenida , Trasmase.

ABSTRACT

Peru has proven to be a rich and diverse country in all cultural, mining, forestry, agroindustrial, agricultural sectors; and it is in these last sectors that include an international level in exports of products such as asparagus, quinoa, maca, avocado, artichoke, grapes, mango, among others.

It is then that the importance of the important factors in the agricultural sector is the reach of soils and the sufficient quantity of water for the irrigation of the crops, the problem is that the fertile zones do not have enough water resources, why The engineering solution is to transfer water from where it leaves to areas which are fertile, but do not have the water resource to be able to cultivate in them.

The transfer of water from one basin to another, has been applied in many parts of the country is in the case of the Olmos project in northern Peru, specifically in the Lambayeque Region, a project that involves the transfer of water from the Huancabamba River to the slope of the Atlantic to the slope of the Pacific through a tunnel of 20 km for its use in the irrigation eriazas in the Valley of Olmos.

In the region of Arequipa, specifically in the province of Caylloma, the Special Project Majes Siguas II Phase II will be developed, in which it consists of the construction of the Angostura Dam, which has a volume of 1 140 hm³, coming from the Apurímac and Hornillos Rivers. be transferred through the Pucará and Trasandino Tunnels with an approximate length of 16 km and with a capacity

of 30 m³ / s, at which mouth in the Chalhuanca River and to be sawed to irrigate 38500 Ha in the Pampas de Siguas in the District of Majes.

The levels that reach the Chalhuanca River in times of maximum avenue, as well as that reached with the transfer of water from the Apurímac and Hornillos rivers, are objects of study of the present thesis, which has been made based on a Study Hydrological, it is worth noting that for the first case, the data provided by the National Meteorology and Hydrology Service of Peru (SENAHMI) were obtained, to then perform the analysis, study, evaluation and processing of hydrometeorological information.

KEYWORDS: Apurímac River, Hornillos River, Chalhuanca River, Maximum Avenue, Transfer.

INTRODUCCIÓN

Es evidente observar el gran impacto que tienen los proyectos hidráulicos en el desarrollo de nuestro país, como en el sector agrícola gracias a la derivación del recurso agua hacia zonas completamente fértiles, pero no con el suficiente recurso de agua, pero causarán una modificación de manera permanente del cauce del río.

En la Región de Arequipa y en todo el Perú se da el caso anteriormente descrito por lo cual es necesario conocer de estas modificaciones a la que estará sujeto el río Chalhuanca de forma permanente ya que afecta a poblaciones aledañas las cuales están acostumbradas a cruzar el río Chalhuanca debido a sus actividades ganaderas y con la derivación que podrán hacerlo.

En el presente trabajo se desarrollará la Delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca con el aporte de los Ríos Apurímac y Hornillos.



CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Las obras de descarga del túnel Pucará – Trasandino en el Río Chalhuanca se enmarcan en la Fase I del proyecto de “Construcción, operación y mantenimiento de las obras mayores de afianzamiento hídrico y de infraestructura para la Irrigación de las Pampas de Sigwas Majes-Sigwas Etapa, Expediente Técnico 1B”

La descarga de los ríos Apurímac y Hornillos en el Río Chalhuanca generará un incremento en los niveles que este usualmente tiene en épocas de estiaje y más aún el que tendrá en épocas de máxima avenida.

Ilustración 1 Vista Panorámica Descarga Chalhuanca



1.2. JUSTIFICACIÓN

El hecho de no conocer que niveles alcanzará un río en máximas avenidas y si además se sabe que el río recibirá una descarga adicional debido al trasvase de una cuenca, modificando de manera permanente el cauce de un río, constituye un alto riesgo para las poblaciones aledañas no conocer cuáles serán las nuevas dimensiones que tendrá el río y las que alcanzará periódicamente debido a las precipitaciones.

Por todo lo anterior es necesario realizar la Delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca con la descarga de los Ríos Hornillos y Apurímac.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivos Generales

Realizar la Delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca con el aporte de la descarga de los Ríos Apurímac y Hornillos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Delimitar la faja marginal del Río Chalhuanca con la descarga proveniente de los Ríos Apurímac y Hornillos.
- Realizar el estudio y evaluación hidrológica para determinar los Caudales Máximos Ordinarios del Río Chalhuanca más el aporte de la descarga de los Ríos Apurímac y Hornillos.
- Modelar la inundación en la trayectoria aguas debajo de la descarga del Río Chalhuanca mediante los programas ARC GIS 10.1 y HEC-RAS 4.1.

- Proponer la Faja marginal aguas abajo de la descarga de los Ríos Apurímac y Hornillos en el Río Chalhuanca.
- Designar puntos georreferenciados de señalización para la Delimitación de la Faja Marginal aguas abajo de la descarga del Río Chalhuanca.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Recopilación de Información

- Información Bibliográfica, correspondiente al estudio y desarrollo de la tesis.
- Información obtenida de Instituciones Normativas del Agua: Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ley de Recursos Hídricos (Ley N°29338), y el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas (Villanueva, 2016).
- Información Técnica, Precipitaciones Máximas de 24 horas de Estaciones Meteorológicas – SEMAMHI proporcionadas por su sede en Arequipa.
- Información Cartográfica, correspondiente a las Cartas Nacionales 31S Cailloma, 31T Condorama, en Escala 1: 100,000, la cual ha sido obtenida en formato Shape de las páginas del Ministerio de Educación y del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, las cuales han sido creadas mediante métodos aerofotogramétricos con equidistancia de curvas de nivel de 50 metros además fueron interpoladas en elevaciones de 5 metros, para una mejor aproximación del río Chalhuanca utilizando el software Global Mapper v17.0

- Información correspondiente a : Hidrológico, Hidrográfico, Geológico , Geomorfológico, Fisiográfico, de Suelos, Pendientes, Variables Climáticas, Vegetación zonas de vida , Hidrológico y de Peligro.
- Levantamiento Fotogramétrico con sistema UAV haciendo uso de DRONE DJI PHANTOM4 PRO del cauce del río Chalhuanca desde la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos.

1.4.2. Revisión de la Información Bibliográfica y Normativa

- Lectura, criterio e Interpretación adecuada de los textos procedentes de la Información Bibliográfica y de las Instituciones Normativas de Agua citadas.

1.4.3. Trabajos de Campo

- Levantamiento topográfico en la zona de Estudio para la delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca aguas debajo de la descarga de los Ríos Apurímac y Hornillos.
- Estimación del Coeficiente de rugosidad (n de Manning) del cauce natural del Río Chalhuanca, obtenidas según progresivas de avance en tramos rectos desde el punto de descarga de los Ríos Apurímac y Hornillos.

1.4.4. Procesamiento de Datos

- Ordenamiento y digitalización del Registro de Datos recopilados de las Precipitaciones Máximas de 24 horas, para su estudio y procesamiento informático.
- Análisis estadístico y de Frecuencia de los datos de las Precipitaciones Máximas de 24 horas por diferentes métodos probabilísticos para obtener la mejor Distribución Probabilística que se adecue a la información real obtenida luego de la Completación y Extensión del Registro Pluviométrico y con ello determinar el Hietograma de Diseño.
- Determinación del Caudal Máximo, y agregar la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos utilizando el software HEC-HMS 4.1 para realizar el modelamiento de inundación con los programas ARC GIS 10.3 y HEC-RAS 5.0.3.
- Delimitación de la Faja Marginal del Río Chalhuanca de la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos, gracias al modelamiento (Villanueva, 2016).

1.5. NORMATIVIDAD APLICADA

- Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales, la cual emitida mediante R.J. N°332-2016-ANA, por la Autoridad Nacional del Agua el 28 de diciembre del 2016, en el que se establece las metodologías y criterios aplicables para la delimitación de fajas marginales de los cauces naturales o artificiales (Villanueva, 2016).



CAPÍTULO II

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Ubicación Geográfica

El río Chalhuanca pertenece a la Cuenca Camaná - Majes – Colca y se encuentra ubicada en el Distrito de Tisco, Provincia de Caylloma, Región de Arequipa.

El río Chalhuanca tiene una longitud de 37 440 m.

2.1.2. Ubicación Hidrográfica

Según lo establecido por el Ministerio de Agricultura y la Autoridad Nacional del Agua en el Informe Técnico denominado “Delimitación u Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú” y la “Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Camaná-Majes-Colca” se puede establecer lo siguiente:

La Cuenca del Río Chalhuanca se encuentra ubicada:

1. Región Hidrográfica - Vertiente del Pacífico

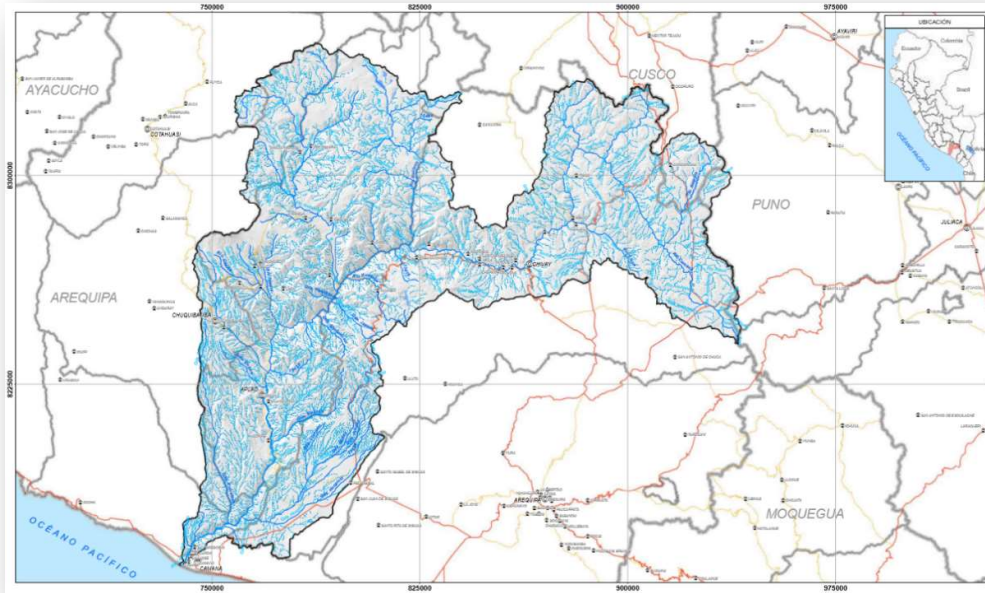
- 1.1. Subdivisión Nivel 2 – Unidad Hidrográfica 13 (U.H. del Perú)

- 1.1.1. Subdivisión Nivel 3 – U.H. 134 – Cuenca Camaná

- 1.1.1.1. Subdivisión Nivel 4 – U.H.1349

(Ministerio de Agricultura - ANA, 2012)

Ilustración 2 Cuenca Camaná- Majes – Colca



2.1.3. Ubicación Política

Región	:	Arequipa
Provincia	:	Caylloma
Distrito	:	Tisco

2.2. ACCESIBILIDAD

El área de estudio está ubicada en la ciudad de Arequipa, para llegar es un promedio de 6 horas de viaje por vía terrestre debiendo pasar por Chivay y luego continuar por la carretera AR-686, donde se llegará a la garita de control del proyecto y por último se tomará la ruta del eje 8 denominado “Acceso a Chalhuanca”, es allí donde se encuentra el final del Túnel Trasandino por lo que allí se realizará la entrega de los 30m³/s al río Chalhuanca.

2.3. DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LAS CUENCAS CAMANÁ

– COLCA - MAJES

2.3.1. Descripción General de la Cuenca Camaná – Colca – Majes

La zona de estudio se encuentra ubicada en la región sur occidental del Perú, abarca todo el ámbito de la cuenca Camaná-Majes-Colca y de la subcuenca Quilca-Siguas con un área de 21163.88 km² en su totalidad, y con 364 km de longitud del curso principal. Esta área incluye la Reserva del Proyecto Majes Siguas la cual comprende las provincias de Arequipa, Caylloma, Castilla y Camaná de la Región Arequipa y abarca una superficie de 2116388.53 Has.

El ámbito de estudio está conformado por cuarentaisiete distritos: Achoma, Andagua, Aplao, Ayo, Cabanaconde, Callalli, Camaná, Cayarani, Caylloma, Condorama, Coporaque, Chachas, Chilcaymarca, Chivay, Choco, Chuquibamba, Huanca, Huambo, Huancarqui, Ichupampa, Iray, José María Quimper, Lari, Lluta, Maca, Machahuay, Madrigal, Majes, Mariscal Cáceres, Nicolás de Piérola, Quilca, Orcopampa, Pampacolca, Santa Rita de Siguas, San Juan de Siguas, Samuel Pastor, San Antonio de Chuca, Santa Isabel de siguas, Sibayo, Tapay, Tipan, Tisco, Tuti, Uñon, Uraca, Viraco, Yanque (Autodema, 2017).

Se ubica entre las siguientes coordenadas con proyección UTM Datum WGS 84 Zona 18 S.

- UTM 8147252.13 m N y 940681.73 m E.
- UTM 8347583.08 m N y 737425.52 m E

Limites:

- ✓ Por el Norte: Cuenca del Rio Apurímac
- ✓ Por el Este: Cuenca del rio Cabanillas
- ✓ Por el Sur-Este: Cuenca del rio Quilca
- ✓ Por el Sur: Océano Pacifico
- ✓ Por el Oeste: Cuenca del rio Ocoña (Tapia, 2010) .

2.4. DESCRIPCIÓN MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA

2.4.1.1. Geología y Geomorfología

Unidades Geomorfológicas Regionales

- ✓ Cordillera Occidental
- ✓ Mesetas Andinas
- ✓ Depresión Caylloma

2.4.1.2. Estratigrafía:

La columna estratigráfica presenta un substrato mesozoico plegado que ha sido cubierto por rocas volcánicas y depósitos lacustres terciarios y cuaternarios

Mesozoico:

- ✓ Grupo Yura (3 500 m. de areniscas, limonitas y calizas).
- ✓ Formación Murco (1 200 m. de areniscas y limonitas).
- ✓ Formación Arcurquina (100 m. de caliza y calizas arenosas)

Terciario:

- ✓ Grupo Tacaza (Formación Orcopampa e Ichocollo).
- ✓ Formación Sencca.
- ✓ Formación Pusa.

Cuaternario:

- ✓ Grupo Barroso.
- ✓ Depósitos Pleistocénicos (tipo morrénico y fluvioglacial)
- ✓ Depósitos Recientes (tipo aluvial, conos de escombros y deslizamientos)

2.5. CLIMATOLOGÍA

2.5.1. Parámetros Climatológicos

En las estaciones ubicadas en zonas de puna, sobre los 4 500 y 4 400 msnm, la temperatura media mensual fluctúa entre 6 °C [meses lluviosos de diciembre a marzo], y -1 °C [meses de estiaje], cuando la nubosidad es menor]. En las estaciones ubicadas alrededor de los 2 500 msnm [Arequipa], las fluctuaciones son menores, desde 14,6 °C [agosto], hasta 17,7 °C [diciembre], con una media anual de 16,3 °C. En las Pampas de La Joya llega a 18,4 °C [máxima mensual 20,5 °C – Febrero, mínima 16,7 °C – Julio]. En las Pampas de Majes alcanza 18,7 °C [máxima mensual 20,1 °C - Febrero, mínima 17,1 °C – Julio] (Autodema, 2017).



CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. DEFINICIONES

3.1.1. CAUCES O ÁLVEOS

Para efectos de la Ley, los cauces o álveos son el continente de las aguas durante sus máximas crecientes (Agua, 2010).

3.1.2. CAUCES INACTIVOS

Los cauces que han quedado inactivos por variación del curso de las aguas, continúan siendo de dominio del Estado, y no podrán ser usados para fines de asentamientos humanos o agrícolas (Agua, 2010).

3.1.3. CUENCA

Se define cuenca al área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida por cada punto de su recorrido (Chereque, 2005).

3.1.4. FAJAS MARGINALES

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.

Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos (Agua, 2010).

3.1.5. HIDROLOGÍA

La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (Villón Béjar, 2002).

3.1.6. PRECIPITACIÓN

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. (Chereque, 2005)

3.1.7. RIBERAS

Las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias (Agua, 2010).

3.2. PROGRAMAS DE ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

3.2.1. ARC GIS 10.3

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en

cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.

ArcGIS permite:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes
- Compilar información geográfica
- Crear y administrar bases de datos geográficas
- Resolver problemas con el análisis espacial
- Crear aplicaciones basadas en mapas
- Dar a conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización (Resources, 2011).

3.2.2. HEC – HMS 4.1

El modelo HEC-HMS (“Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System”) fue diseñado para simular procesos de lluvia-escorrimento en sistemas dendríticos de cuencas. Se usa en estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronósticos de flujo, futuras urbanizaciones, reducción del daño por inundaciones, etc.

El HEC-HMS se usa para simular la respuesta hidrológica de una cuenca. Incluye los modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. El programa crea una corrida de simulación, combinando los modelos y las especificaciones. Puede hacer corridas de precipitación o de la proporción de flujo, tiene la capacidad de salvar toda la información

de estado de la cuenca en un punto de tiempo, y la habilidad de comenzar una nueva corrida de simulación, basada en la información de estado previamente guardada. (Flumen Dinamica Fluvial, 2014)

3.2.3. HEC – RAS 5.0.3

HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables. (Benayas, 2015)



CAPÍTULO IV

4. HIDROLOGÍA

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. Trabajos Preliminares

Las técnicas a emplearse para el desarrollo del presente capítulo están constituidas por lo siguiente:

- ✓ Recolección de Información Bibliográfica, correspondiente al estudio del presente capítulo.
- ✓ Recolección de Información Técnica, Precipitaciones Máximas de 24 horas y Precipitaciones medias de Estaciones Meteorológicas - SENAMHI, información que fue entregada por SENAMHI – AREQUIPA (Villanueva, 2016).
- ✓ Información Cartográfica, obtenida del Instituto Geográfico Nacional (IGN), correspondiente a las Cartas Nacionales 31S Cailloma, 31T Condorama, en Escala 1: 100,000, información descargada en formato Shape de la Página Web del Ministerio de Educación, confeccionadas por métodos aerofotogramétricos con equidistancia de curvas de nivel de 50m, adicionalmente fueron interpoladas en elevaciones de 5m, para una mejor aproximación de la delimitación de la

Cuenca del Río Chalhuanca, utilizándose el software Global Mapper v17.0.

- ✓ Información Topográfica correspondiente al vuelo realizado con un dron en el tramo inicial del Río Chalhuanca. (Villanueva, 2016)

4.1.2. Procesamiento de Datos

- Procesamiento digital de la Información Cartográfica en sistema GIS, para realizar la adecuada delimitación de la Cuenca del Río Chalhuanca.
- Determinación de los Parámetros Fisiográficos ó Morfométricos de la Cuenca en estudio, utilizando los criterios ó métodos apropiados y planteados.
- Análisis y procesamiento de los registros de Información Pluviométrica, para obtener un registro completo, extendido y consistente de todas las Estaciones Meteorológicas presentadas.
- Análisis de Frecuencia utilizando Distribuciones Probabilísticas para el registro de precipitaciones obtenidas luego de su análisis y procesamiento descrito.
- Pruebas de Ajuste para la verificación de las distribuciones probabilísticas con el fin de obtener la mejor Función de Distribución de Probabilidad, que se adecue correctamente al registro de datos ó información pluviométrica obtenida.

- Obtención de la Intensidad Máxima utilizando el Método de Dick Peschke y determinación del Hietograma de Diseño aplicando el Método del Bloque Alterno (Villanueva, 2016).

4.2. ESTUDIO HIDRÓLOGICO

4.2.1. Parámetros Fisiográficos de las Cuencas del Río Chalhuanca

4.2.1.1. Delimitación

La cuenca está delimitada por la línea imaginaria conocida como "divortium acuarium" o "línea divisoria de aguas" la cual podemos definir como el lugar geométrico de los puntos más altos que separan las precipitaciones que caen y encaminan la escorrentía resultante para nuestro sistema fluvial la cual se realizó con el programa ARC GIS 10.3.

4.2.1.1.1. Metodología

A. Ubicamos la desembocadura ó punto de salida del Túnel Trasandino.

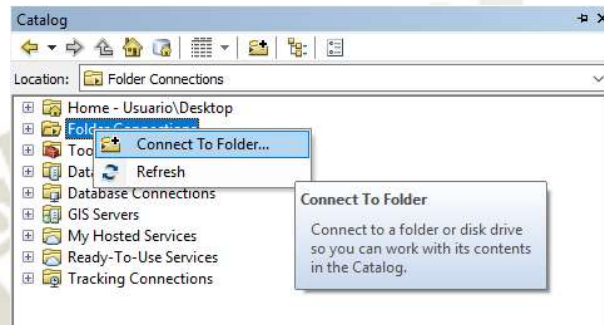
Es importante señalar que este punto de aforo del Río Chalhuanca no determina la finalización de la trayectoria del río.

CUADRO 1 Coordenadas UTM - Punto de aforo

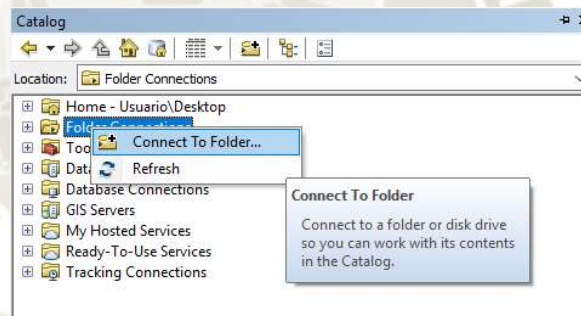
DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
	m	m
Punto de aforo	232559.505	8319468.77

B. Se utilizó el software ARC GIS 10.3 en cual conectaremos las carpetas donde se encuentra la información descargada del MINEDU , para lo se sigue el siguiente procedimiento.

a. En Catalog , anticlick en Folder Connections



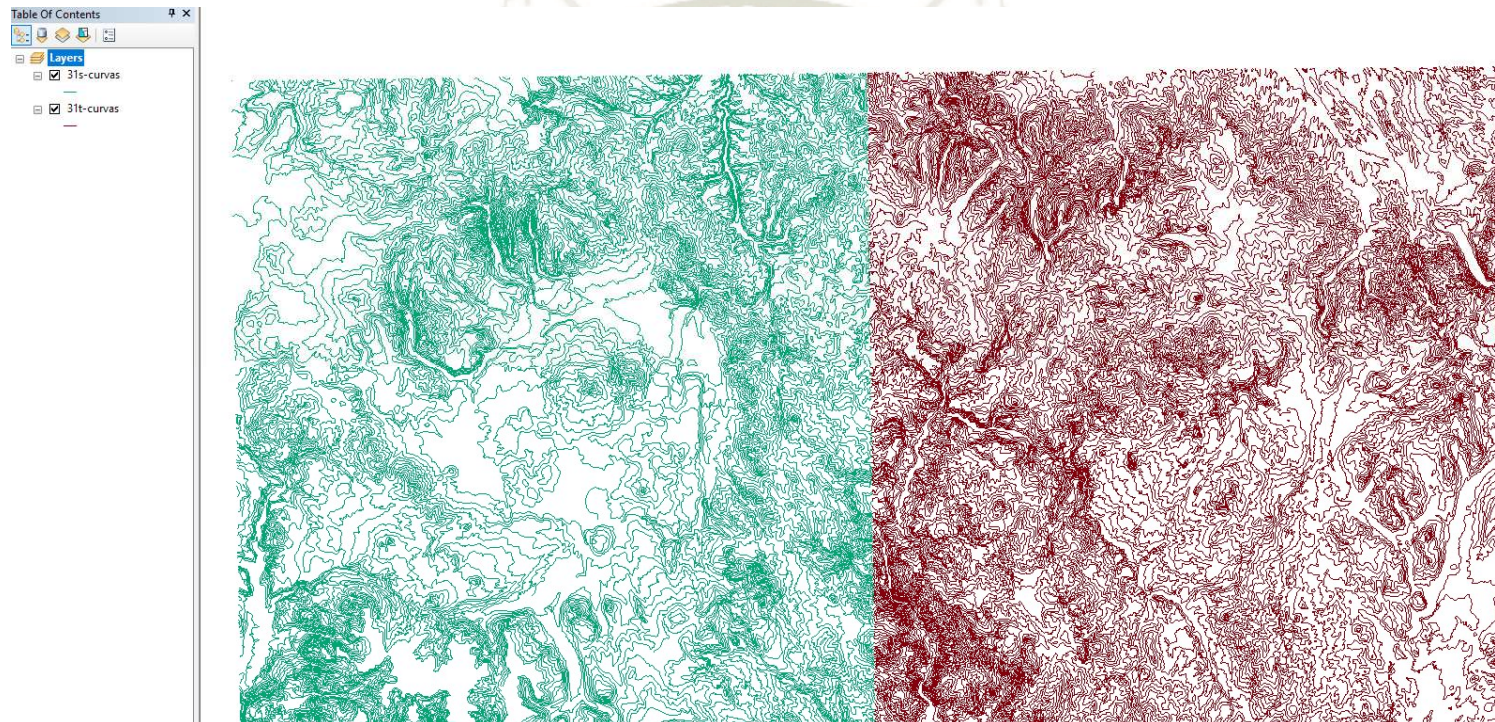
b. Click en Connect to Folder



c. Seguidamente aparecerá una ventana en la cual direccionaremos al lugar donde se ubican los archivos a usar y luego click en aceptar.

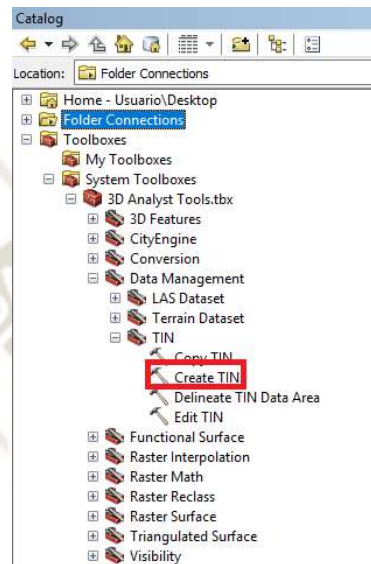
d. Luego habilitamos las curvas de las cartas 31-s y 31-t

Ilustración 3 Curvas de Nivel de las Cartas Nacionales 31-S y 31-T



C. Luego debemos obtener una superficie TIN (Red Irregular de Triángulos) que es un medio digital para representar la morfología de la superficie de terreno, para lo cual se seguirá el procedimiento:

a. En Catalog , click en Create TIN



b. Nos aparecerá una ventana en la cual debemos cargar las curvas de ambas cartas, para que pueda procesarlas.

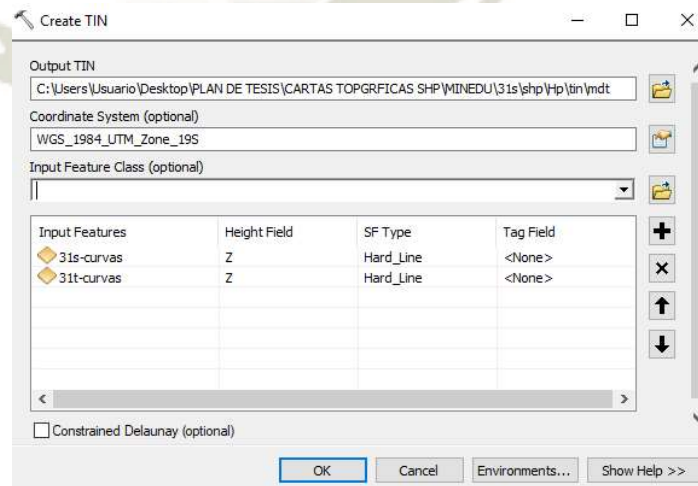
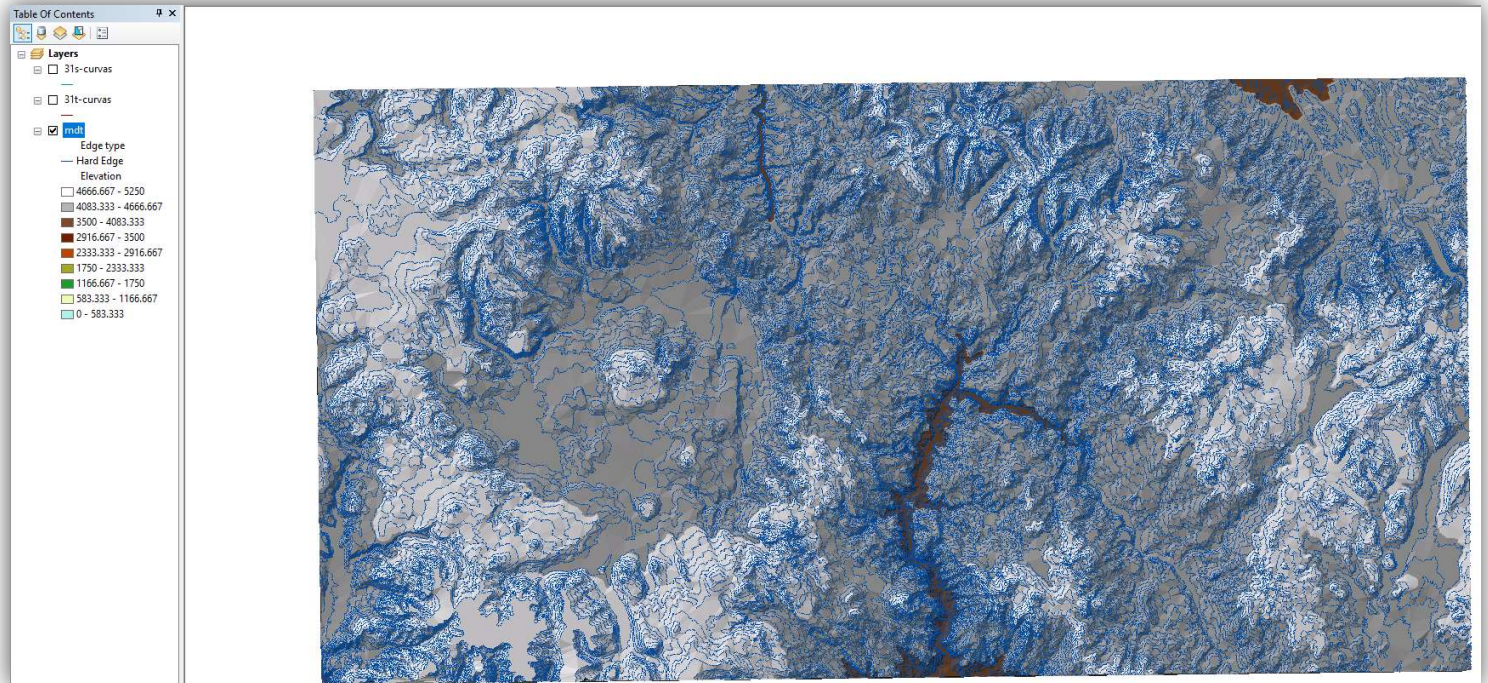
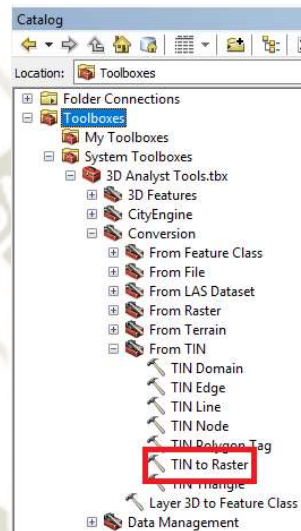


Ilustración 4 Superficie TIN de Cartas Nacionales 31-S y 31-T



D. Ahora se creará el formato Raster que es un tipo de modelo del sistema de información Geográfica, basado y compuesto en celdas que ocupan la superficie de terreno.

a. En Catalog , click en Tin to Raster



b. En la ventana emergente , cargar el TIN creado y OK.

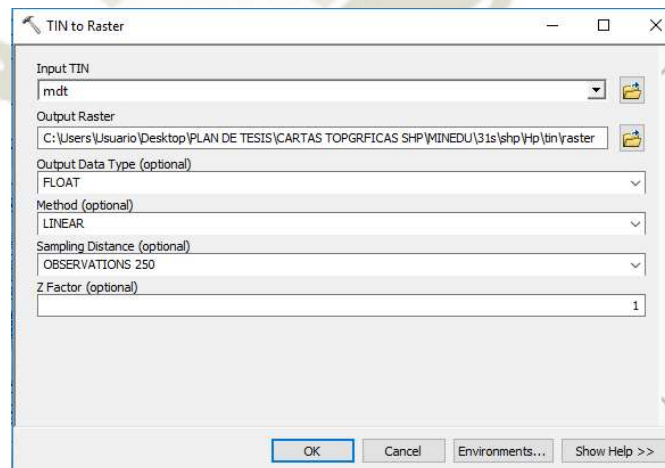
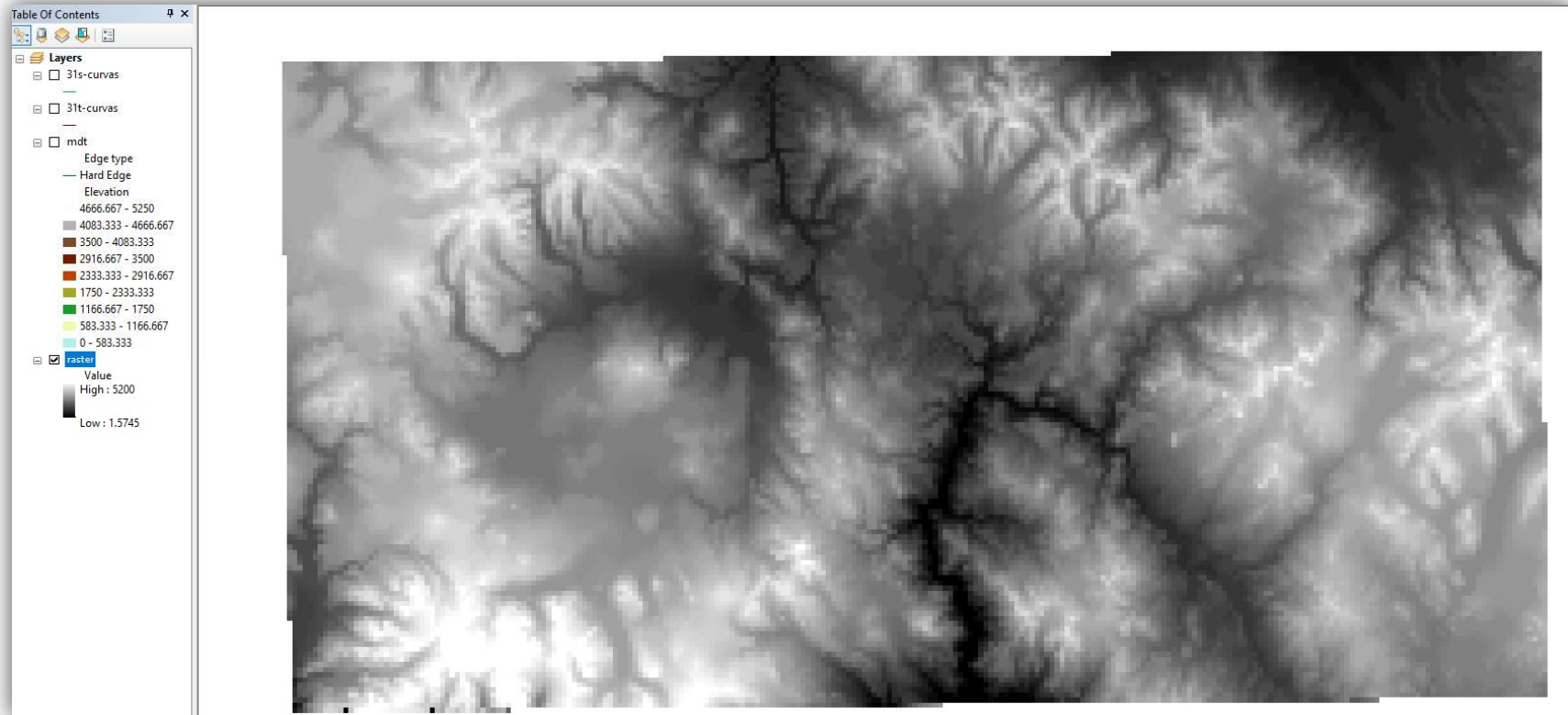
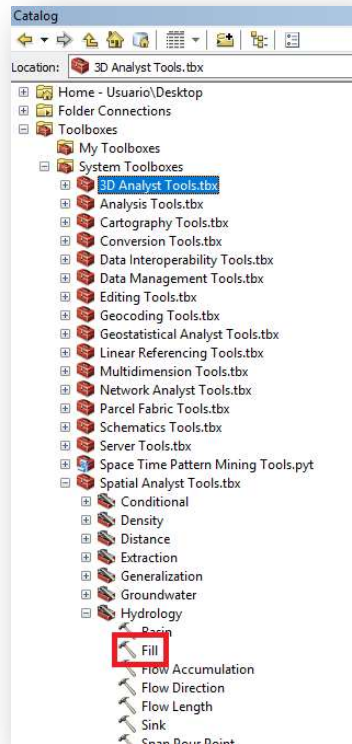


Ilustración 5 Modelo Raster - Cartas Nacionales 31S - 31T



E. Para corregir posibles imperfecciones que podría presentar el modelo raster, se siguió los siguientes pasos:

a. En Catalog , click en Fill.



b. En la ventana emergente cargar el raster previamente creado.

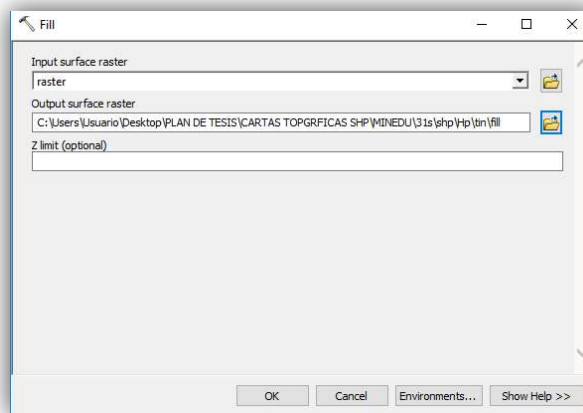
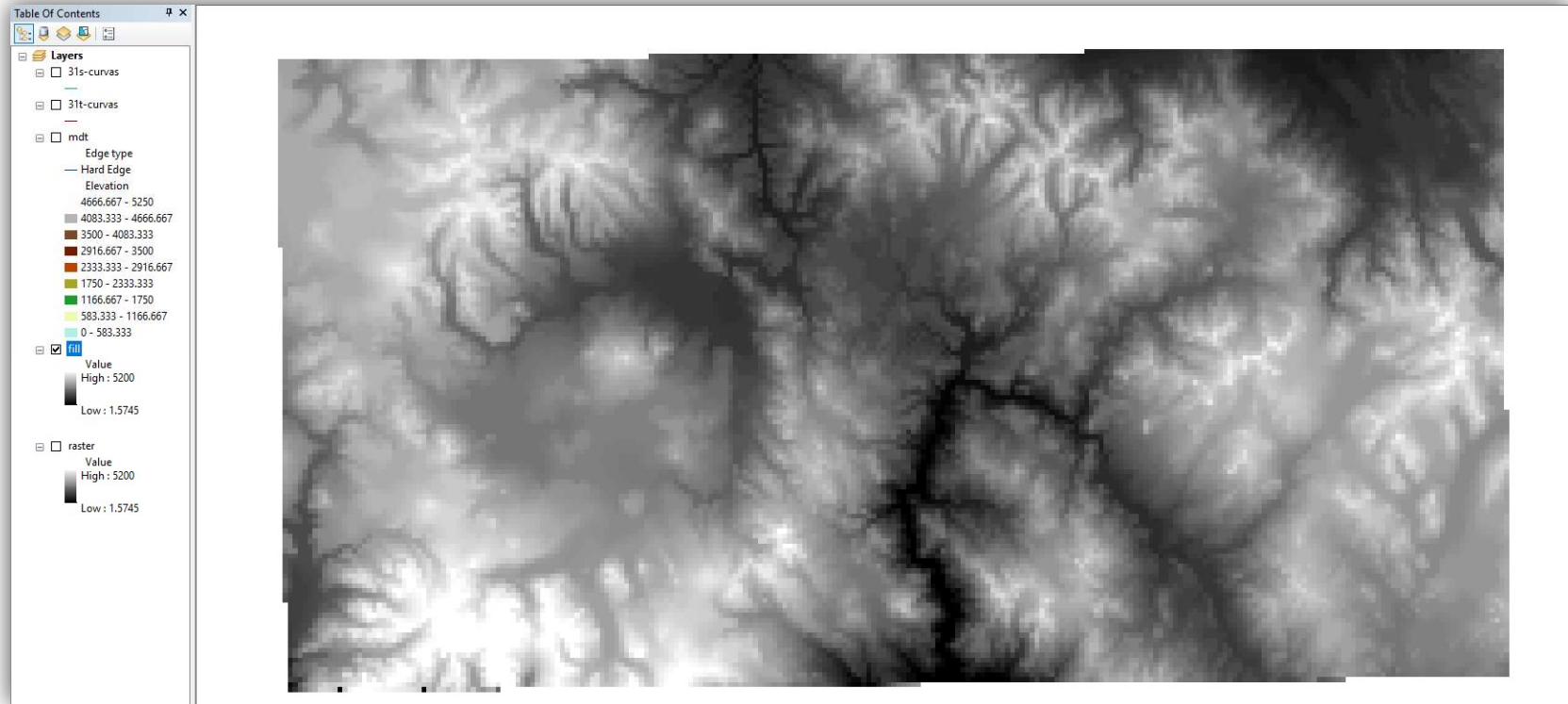
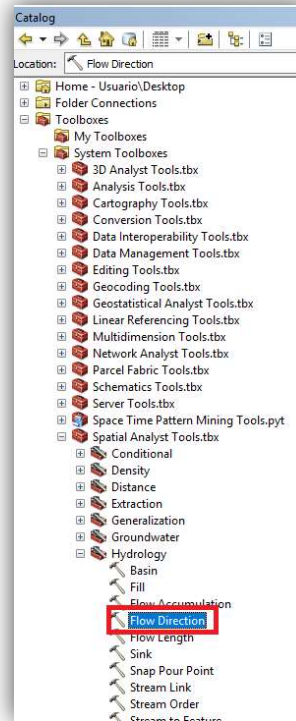


Ilustración 6 Modelo Fill - Cartas Nacionales 31-S y 31-T



F. Para la dirección de flujo del modelo se siguió el siguiente procedimiento:

a. En Catalog , click en Flow Direction.



b. En la ventana emergente cargar el último raster corregido.

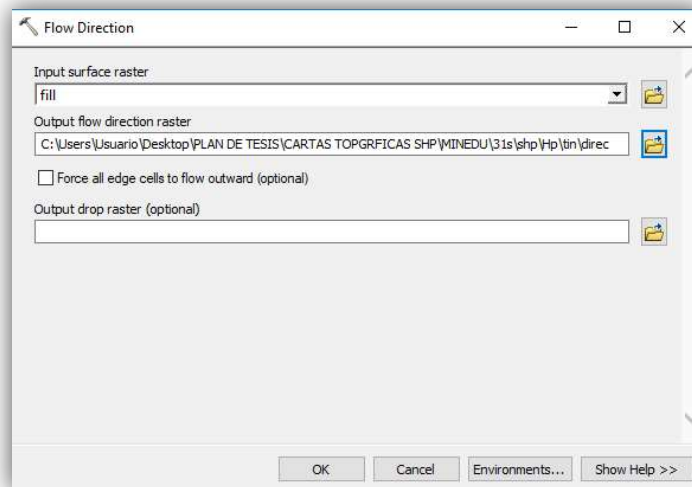
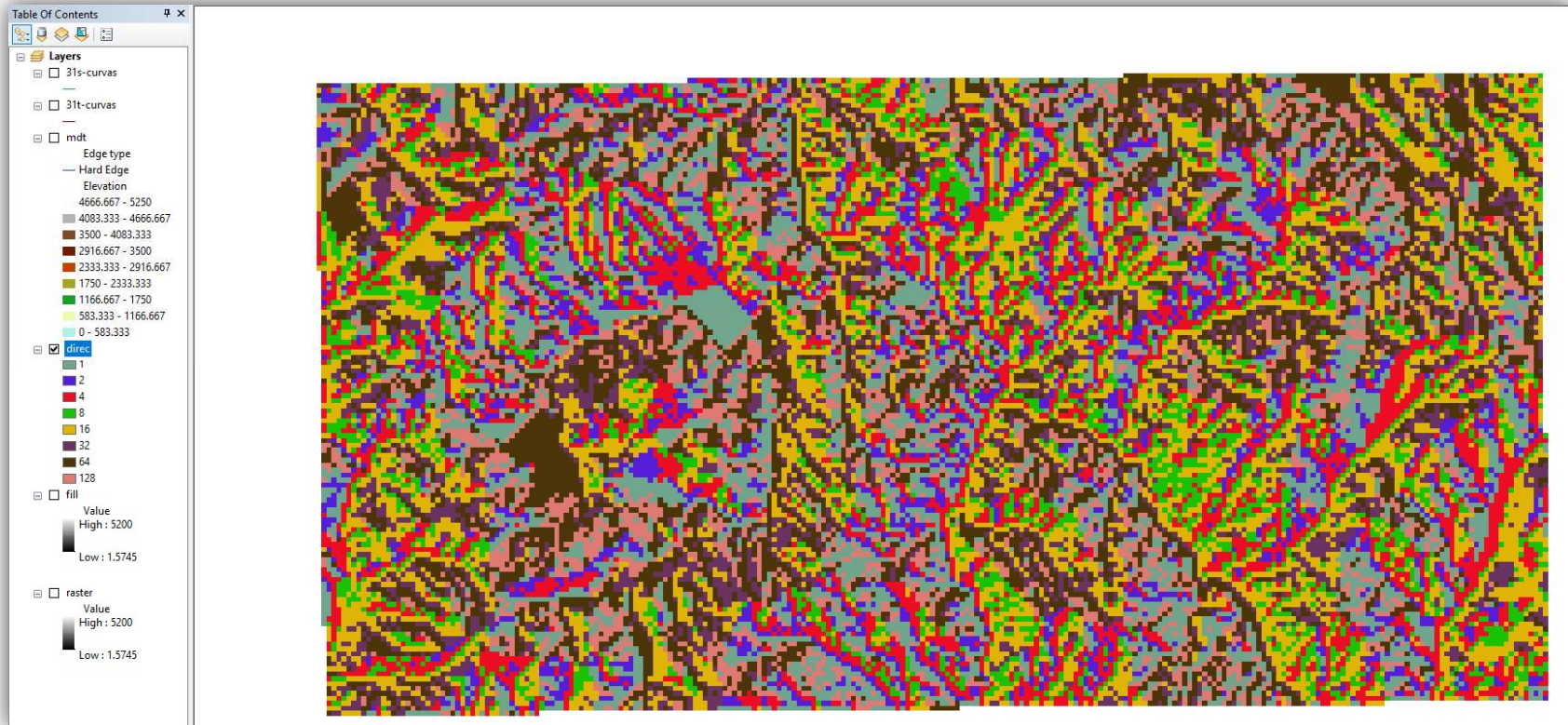
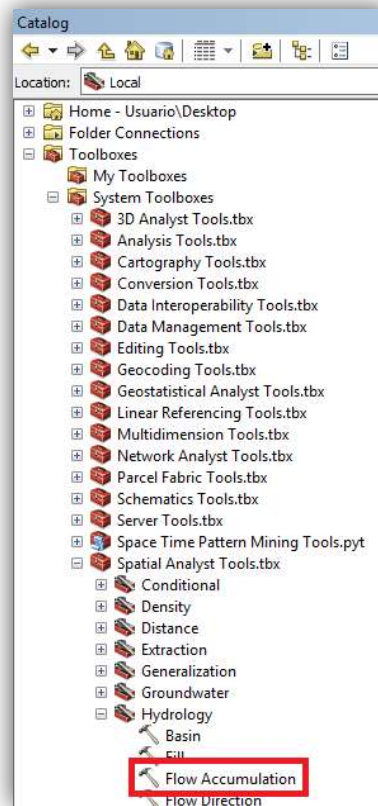


Ilustración 7 Dirección de Flujo



G. Para el flujo acumulado del modelo se deberá seguir el siguiente procedimiento:

a. En Catalog, click en Flow Accumulation.



b. En la ventana emergente cargar el archivo de dirección flujo.

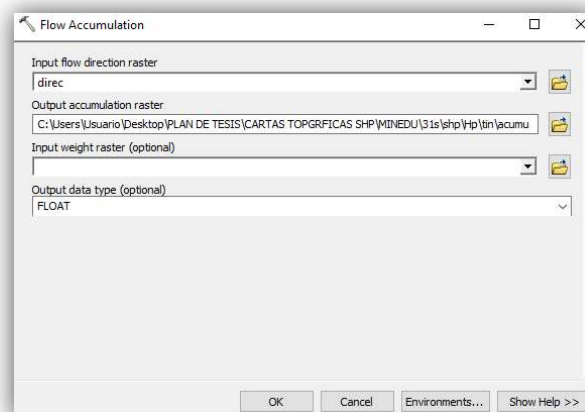
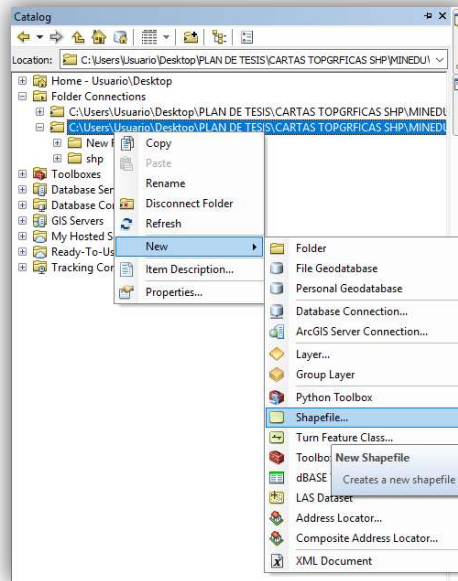


Ilustración 8 Red Hídrica Modelo de Superficie

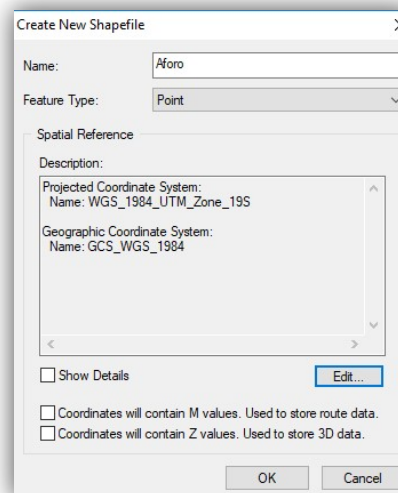


H. Seguidamente creamos el punto de aforo , con el siguiente procedimiento.

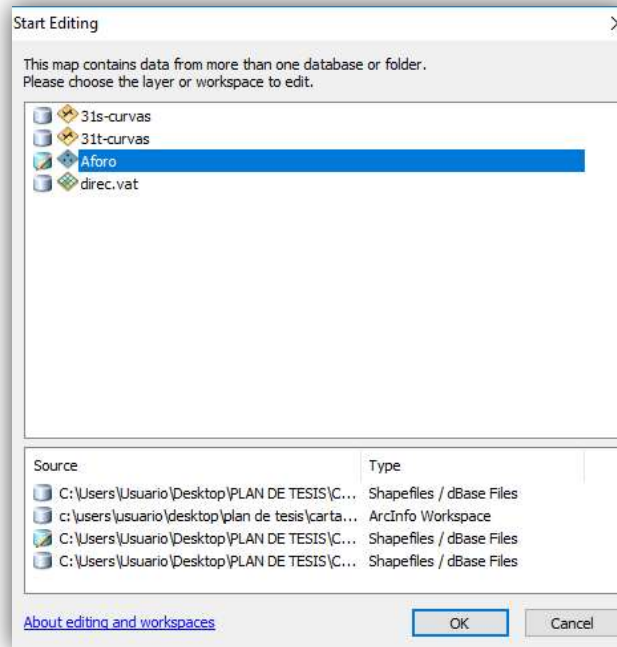
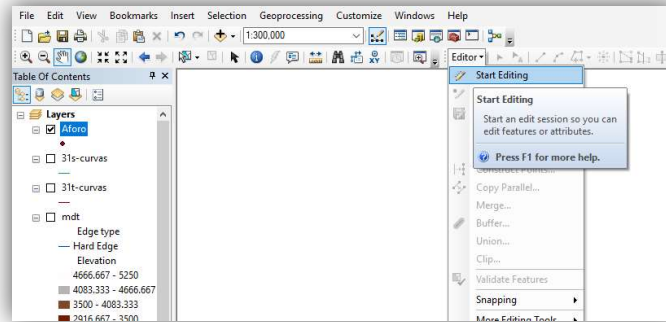
- a. Primero crearemos un nuevo shapefile , para lo cual nos dirigimos en folder connections.



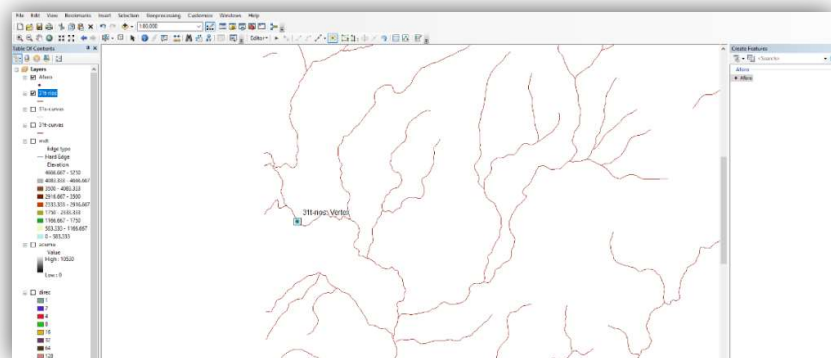
- b. En la ventana colocar el nombre del punto y OK.



c. Click en Start Editing.



d. Procedemos a dibujar el punto de aforo.



e. Para finalizar click en Save Edits y Stop Editing.

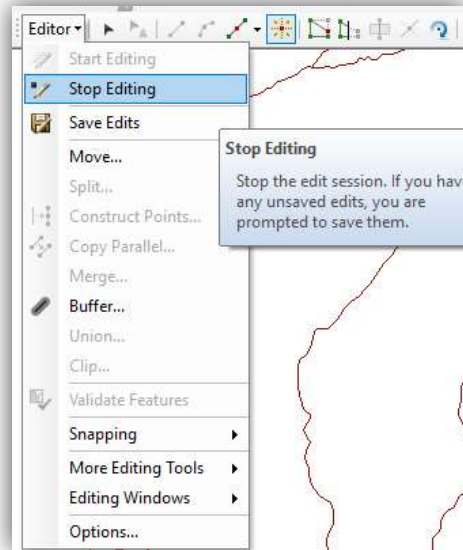
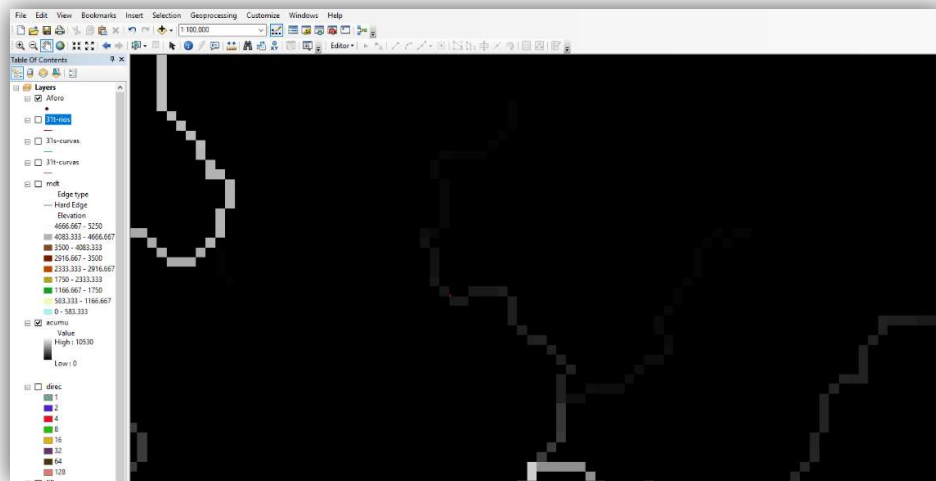
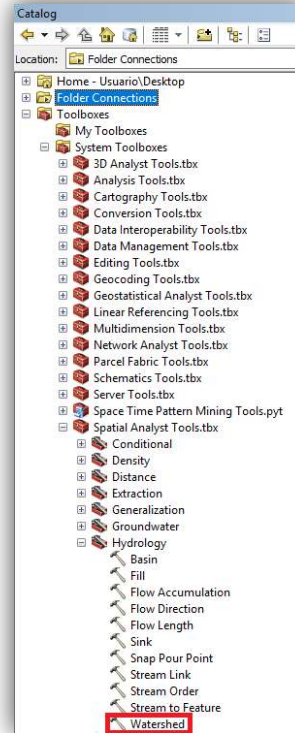


Ilustración 9 Punto de Aforo - Cuenca



I. Para delimitar la cuenca

a. En Catalog, click en Watershed.



- b. En la ventana emergente cargar el modelo de Flow Accumulation y el punto de aforo.

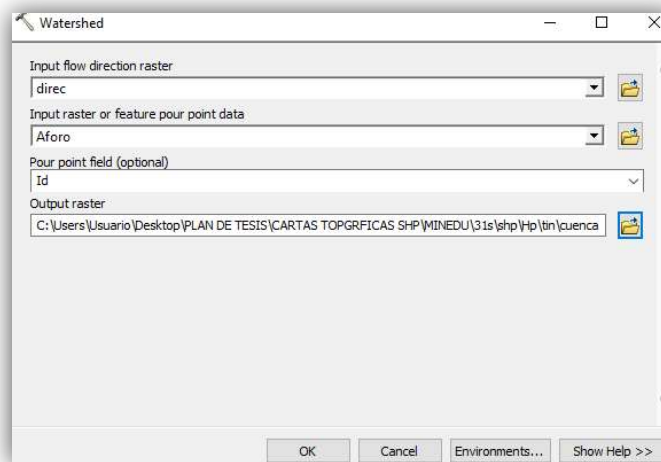
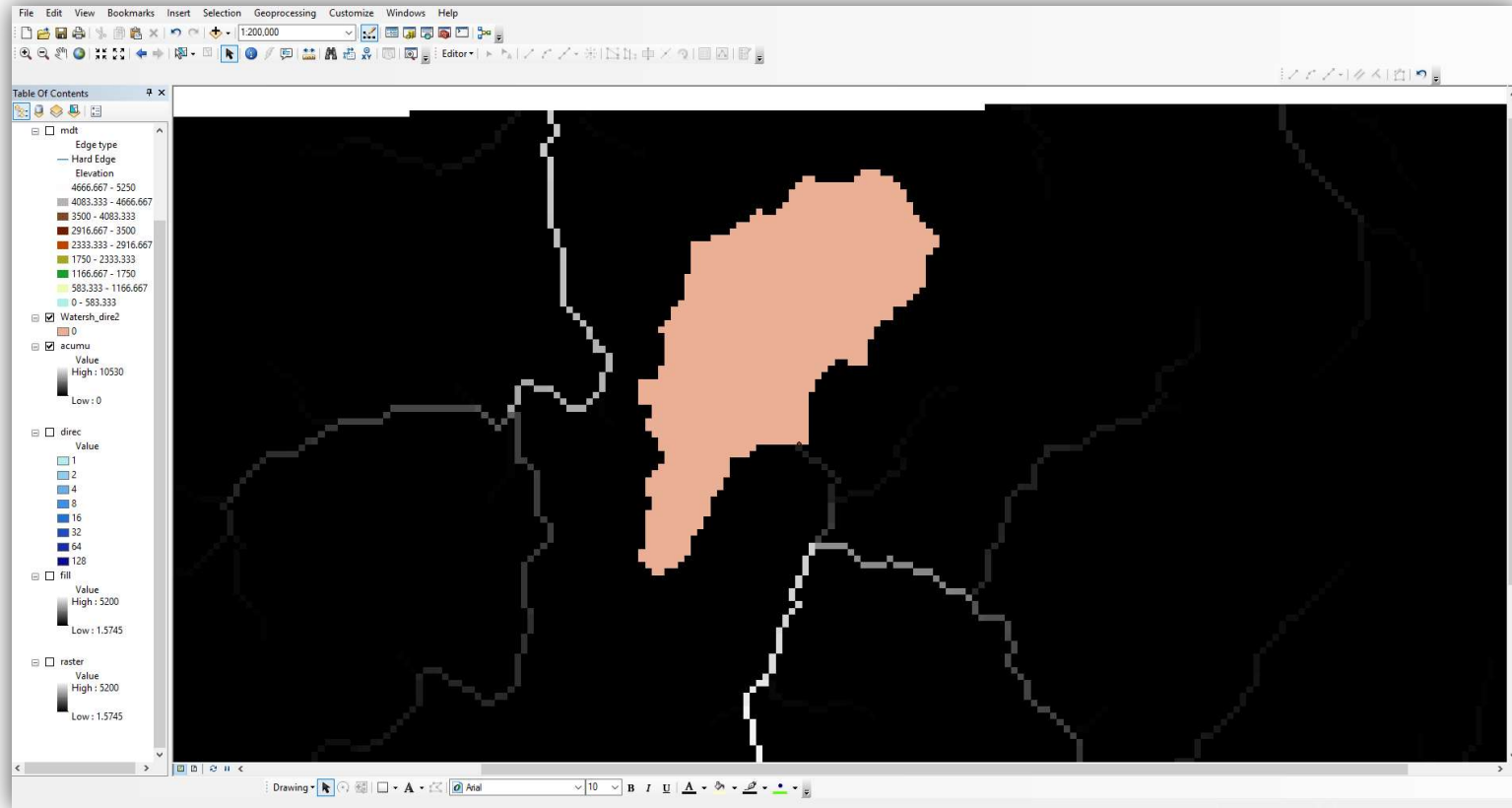
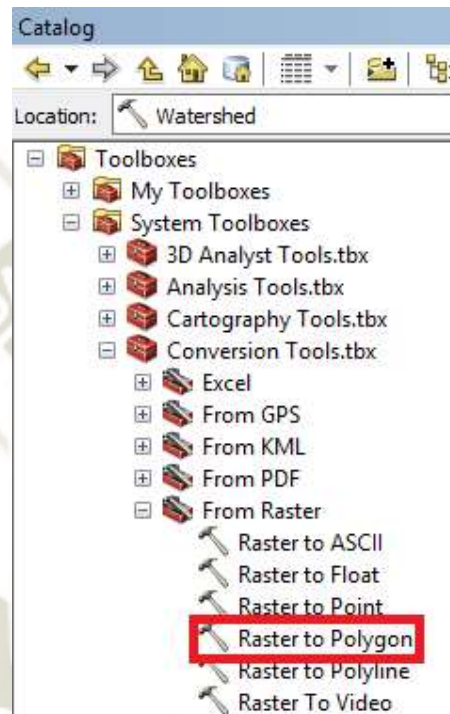


Ilustración 10 Delimitación Preliminar de la Cuenca del Río Chalhuanca



J. Ahora se convertirá el modelo raster de la cuenca en un modelo vectorial de la Cuenca del Río Chalhuanca, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento.

a. En Catalog, click en Raster to Polygon



b. En la ventana emergente cargar la cuenca.

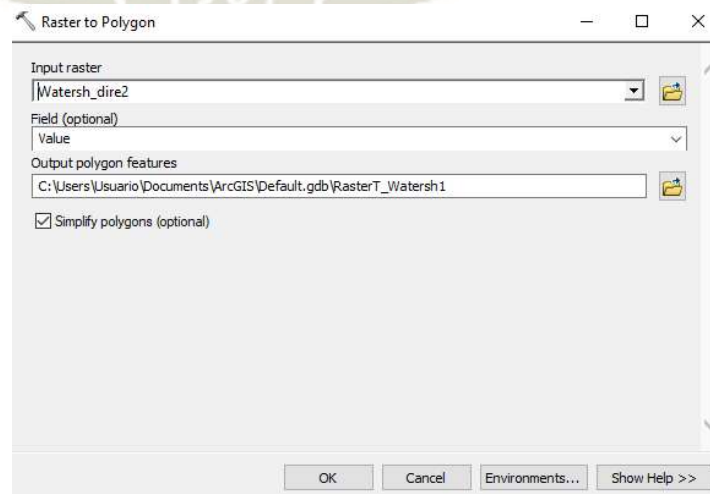
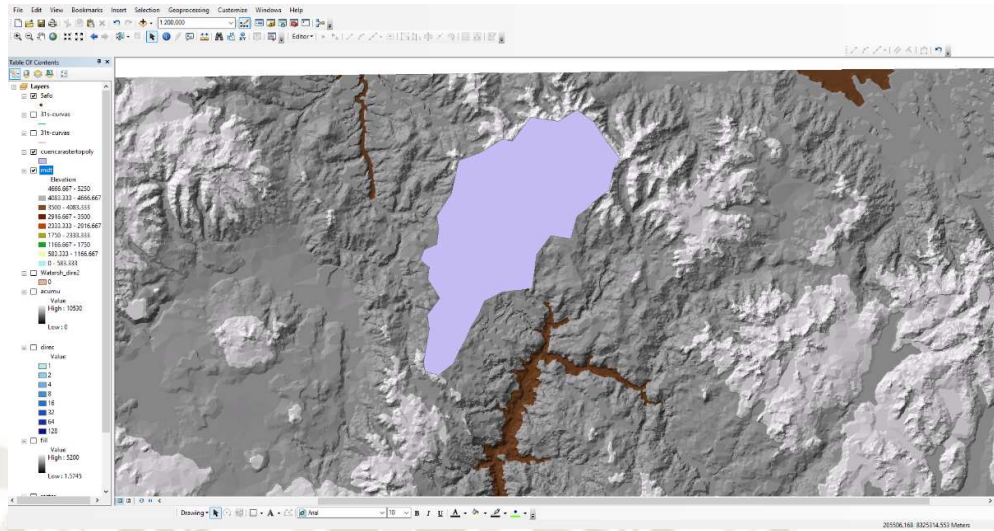


Ilustración 11 Delimitación final de la cuenca del Río Chalhuanca



4.2.1.2. Descripción Hidrográfica

- **Río Chalhuanca:** Se forma con la confluencia de los ríos Pirhuamayo, Quilca y de las quebradas Coyto, Chillhuatira, Tancaya, Tancilla y Apucaca , sobre los 4300 msnm.

4.2.1.3. Áreas

El área de la cuenca se define como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

La área de la Cuenca del Río Chalhuanca ha sido calculada según el software ARC GIS 10.3, y se obtuvieron los siguientes valores:

Ilustración 12 Área de la Cuenca del Río Chalhuanca

DESCRIPCIÓN	ÁREA(Km ²)
Cuenca del Río Chalhuanca	214.59

4.2.1.4. Perímetros

El perímetro de la Cuenca del Río Chalhuanca han sido calculados según el software ARC GIS 10.3, a partir de la delimitación digitalizada de ambas cuencas, obteniéndose los siguientes valores:

CUADRO 2 Perímetro de la Cuenca del Río Chalhuanca

DESCRIPCIÓN	PERÍMETRO(Km)
Cuenca del Río Chalhuanca	77.76

4.2.1.5. Factores de Forma de Horton

4.2.1.5.1. Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

Gravelius, lo define como la relación entre el Perímetro P y el perímetro del círculo que contenga las misma área de la cuenca hidrográfica.

Ecuación 1 Índice de Gravelius

$$K_c = 0.2821 \frac{P}{A^{1/2}}$$

CUADRO 3 Índice de Gravelius - Cuenca Río Chalhuanca

DESCRIPCIÓN	Kc
Cuenca del Río Chalhuanca	1.50

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir una avenida superior dada su simetría.

4.2.1.6. Parámetros relativos al relieve

Son muy importantes ya que el relieve de la cuenca puede tener más

influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma misma de cuenca.

4.2.1.6.1. Pendiente de la Cuenca

Este parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía, su poder de arrastre, de erosión y el tiempo de concentración de las aguas en determinado punto del cauce.

Dentro del proceso de obtención de los diferentes parámetros será necesario calcular el Área entre las curvas de nivel y por comodidad se puede dividir la diferencia entre cotas extremas, y si el cociente resulta comprendido entre 100 y 200 se trabajan con curvas cada 100 metros, si el cociente está entre 200 y 300, se trabaja con curvas cada 200 metros.

4.2.1.6.1.1. Criterio de Alvord

Se basa en la obtención de las pendientes existentes entre las curvas de nivel se siguió el siguiente procedimiento:

- I. Se toma tres curvas de nivel consecutivas y se trazan las líneas medias entre estas curvas , delimitándose para cada curva un área de influencia.
- II. Se mide la longitud de la curva y su área de influencia.
- III. Se determina el ancho medio.

$$b_1 = \frac{A_1}{L_1}$$

Donde:

b_1 : Ancho de influencia

A_1 : Área de influencia

L_1 : Longitud de curva de nivel

IV. La pendiente del área de influencia estará dada por:

$$S_1 = \frac{D}{b_1}$$

Donde:

S_1 : Pendiente del área de influencia

D: Desnivel constante entre las curvas

V. Luego se calcula la pendiente del área de influencia para cada curva y el promedio ponderado de todas las pendientes dará la pendiente S_c de la cuenca.

$$S_c = D \frac{L_1}{A_1} \left(\frac{A_1}{A_c} \right) + D \frac{L_2}{A_2} \left(\frac{A_2}{A_c} \right) + D \frac{L_3}{A_3} \left(\frac{A_3}{A_c} \right) + \dots + D \frac{L_N}{A_N} \left(\frac{A_N}{A_c} \right)$$

$$S_c = D \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N}{A_c}$$

Ecuación 2 Fórmula Criterio de Alvord

$$S_c = D \frac{L_c}{A_c}$$

CUADRO 4 Criterio de Alvord - Cuenca del Río Chalhuanca

CURVA DE NIVEL (m)	LONGITUD (m)
4200	10654.241
4250	34000.000
4300	12900.000
4350	17400.000
4400	30800.000
4450	22250.000
4500	63000.000
4550	22750.000
4600	23000.000
4650	27900.000
4700	32900.000
4750	9500.000
4800	19200.000

CURVA DE NIVEL (m)	LONGITUD (m)
4850	38800.000
4900	19600.000
4950	34650.000
5000	15000.000
5050	2092.700
5100	494.663

CUADRO 5 Datos criterio de Alvord

L	436.89
D	0.05
A	214.60

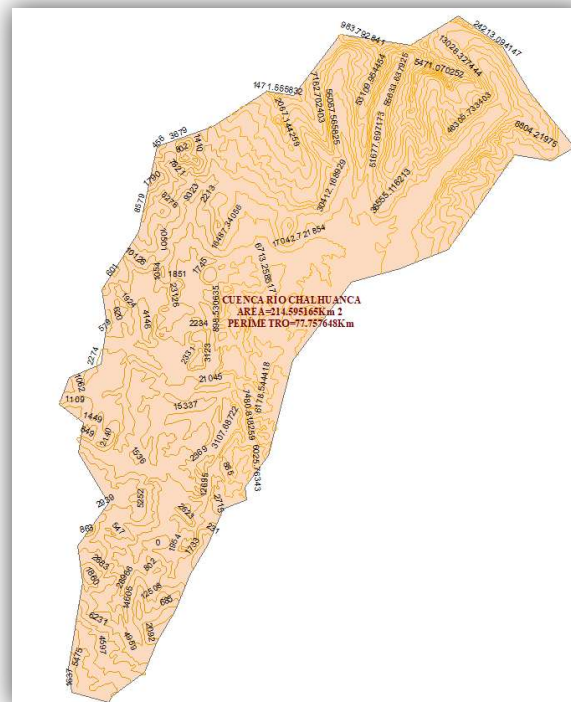
CUADRO 6 Pendiente Media Cuenca Río Chalhuanca - Criterio de Alvord

S	10.18%
----------	---------------

La pendiente de la Cuenca del Río Chalhuanca según el Criterio de Alvord es 10.18 %

Ilustración 13 Criterio de Alvord - Pendiente Cuenca del Río Chalhuanca -

Longitud de las Curvas



4.2.1.6.1.2. Criterio de Horton

Se trabajó sobre la delimitación de la cuenca que contiene las curvas de nivel se procede de la siguiente manera:

I. Siguiendo la orientación del dren principal se trazó un reticulado de acuerdo al siguiente criterio:

- Al ser la cuenca de un área menor de 250 km², fue necesario formar un reticulado de por lo menos 4 cuadrados por lado, si hubiese sido mayor a 250 km² hubiera sido necesario aumentar el número de cuadrados por lado.

II. Se asocia, el reticulado así formado, un sistema de ejes rectangulares x e y , y se acota cada eje correspondiéndole una coordenada a cada línea del reticulado.

III. Luego se mide la longitud de cada línea del reticulado en las direcciones x e y , y se cuenta el número de intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel del desnivel constante en las direcciones x e y.

$$S_x = N_x \frac{D}{L_x}$$

$$S_y = N_y \frac{D}{L_y}$$

Donde:

S_x : Pendiente de la cuenca en la dirección x

S_y : Pendiente de la cuenca en la dirección y

N_x : Número Total de Intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección x.

N_Y : Número Total de Intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección y

D: Desnivel constante entre las curvas de nivel.

L_X : Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca en dirección x.

L_Y : Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca en dirección y.

Ecuación 3 Pendiente - Criterio de Horton

$$S_c = N \frac{D}{L} \sec \theta$$

El ángulo θ es el formado entre las líneas del reticulado y las curvas de nivel, debido a que su determinación es muy laboriosa, Horton sugiere el valor promedio de 1.57.

Línea de Reticulado	Intersecciones y Tangencias		Long. De Líneas de Reticulado	
	N_x	N_y	L_x	L_y
0	0	0	0.00	0.00
1	4	0	4077.19	0.00
2	7	0	4888.57	0.00
3	15	0	5633.85	0.00
4	17	0	6006.70	0.00
5	11	6	6210.36	3162.48
6	11	22	8141.27	9111.31
7	16	21	9937.19	11567.28
8	19	82	9225.85	32097.27
9	15	52	10004.89	30335.38
10	17	56	9638.39	25760.97
11	17	43	9715.41	21694.98
12	15	28	10408.87	16612.60
13	15	24	11692.48	9700.45
14	21	0	11717.99	0.00
15	27	0	11435.99	0.00
16	40	0	10049.15	0.00
17	49	0	9972.10	0.00
18	40	0	10819.62	0.00
19	12	0	5838.74	0.00
20	0	0	0.00	0.00
Sumatoria	368	334	165414.61	160042.72

Pendiente en dirección X

$$S_x = N_x \frac{D}{L_x}$$

$$S_x = 368 \frac{0.05}{165.414}$$

$$S_x = 0.11$$

Pendiente en dirección Y

$$S_y = N_y \frac{D}{L_y}$$

$$S_y = 334 \frac{0.05}{160.04}$$

$$S_y = 0.10$$

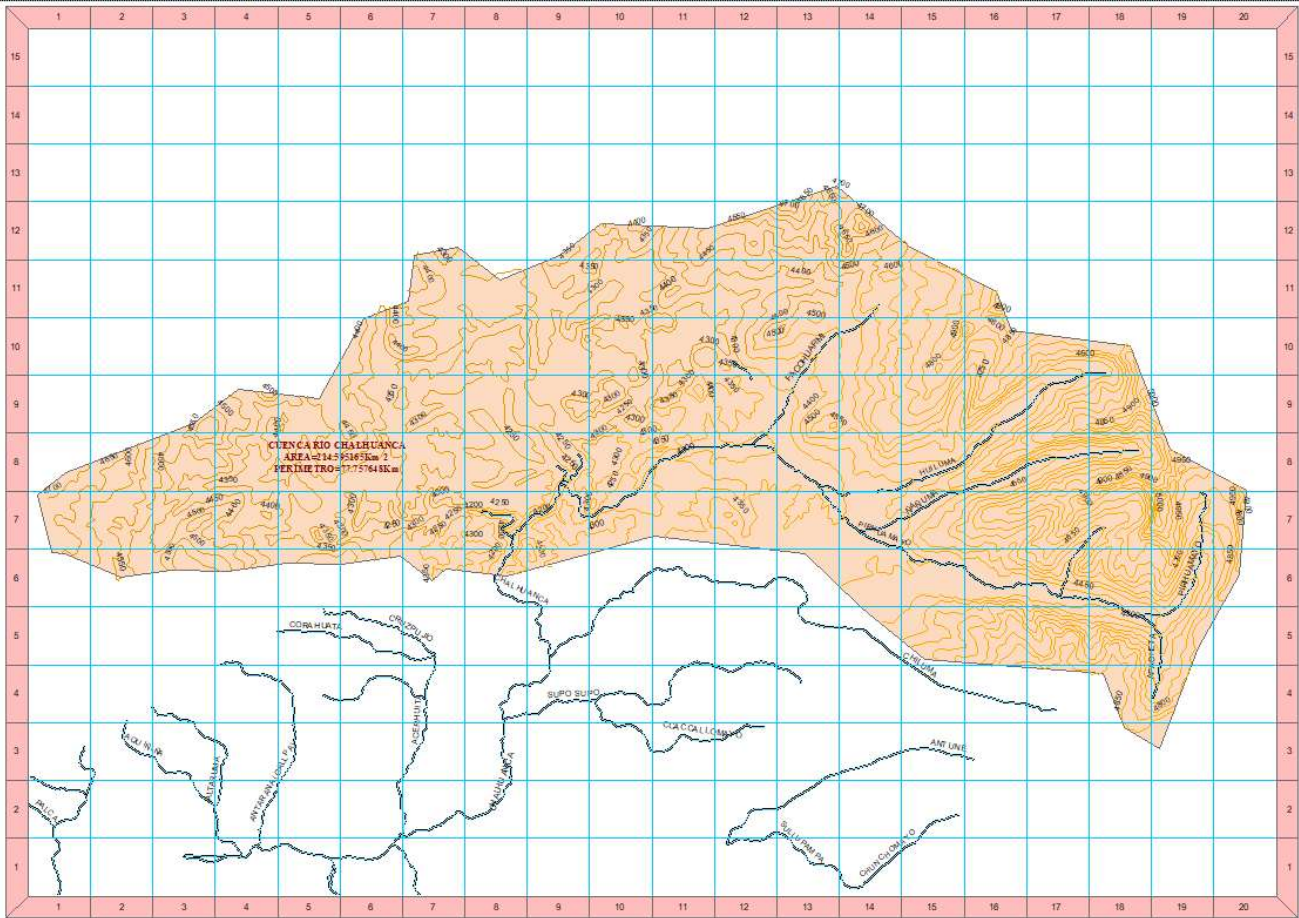
Entonces:

$$S_c = N \frac{D}{L} \sec \theta$$

$$S_c = 702 \frac{0.05}{325.46} 1.57 * 100$$

$$S_c = 11.79\%$$

Ilustración 14 Criterio de Horton - Pendiente de la Cuenca del Río Chalhuanca



4.2.1.6.1.3. Método de Nash

En la delimitación de la cuenca, que contenga las curvas de nivel se sigue el siguiente procedimiento:

- I. Al igual que en el Método de Horton que contenga un reticulado en dirección del Dren Principal, asociado a un sistema de eje rectangulares x e y.
- II. A cada intersección se le asoció un número y se anotan las coordenadas x,y correspondientes.
- III. En cada intersección, se mide la distancia mínima entre curvas de nivel.
- IV. Se calcula la pendiente en cada intersección dividiendo el desnivel entre las dos curvas de nivel y la mínima distancia medida.
- V. Se calcula la media de las pendientes de las intersecciones y este valor, se puede considerar la pendiente de la cuenca S_c .

$$S = \frac{\sum S_i}{N}$$

Donde:

N: Número Total de Intersecciones

Intersección	Línea de Reticulado		D mín	Pendiente
	x	y	m	S(m/m)
1	1	8	443.82	0.11
2	1	9		
3	2	8	380.20	0.13
4	2	9		
5	3	8	363.31	0.14
6	3	9	458.29	0.11
7	4	8	550.55	0.09
8	4	9	513.27	0.10
9	4	10	527.58	0.09
10	5	8	478.36	0.10
11	5	9	577.52	0.09
12	5	10	400.34	0.12
13	6	8	372.29	0.13
14	6	9	205.30	0.24
15	6	10	166.82	0.30
16	6	11	186.29	0.27
17	7	8	899.43	0.06
18	7	9		
19	7	10	507.49	0.10
20	7	11	514.32	0.10
21	7	12	737.32	0.07
22	8	8	794.40	0.06
23	8	9	932.23	0.05
24	8	10	330.12	0.15
25	8	11	335.35	0.15
26	8	12	313.23	0.16
27	9	8	408.21	0.12
28	9	9	500.47	0.10
29	9	10	463.19	0.11
30	9	11	477.50	0.10
31	9	12	428.28	0.12
32	10	8		
33	10	9	350.26	0.14
34	10	10	322.21	0.16
35	10	11	155.22	0.32
36	10	12	116.74	0.43
37	10	13	136.21	0.37
38	11	8	849.35	0.06
39	11	9	201.70	0.25
40	11	10	457.41	0.11
41	11	11		
42	11	12	687.24	0.07
43	11	13	498.57	0.10
44	12	8	593.55	0.08
45	12	9	685.81	0.07
46	12	10	648.53	0.08
47	12	11	662.84	0.08
48	12	12	613.62	0.08

Intersección	Línea de Reticulado		D mín	Pendiente
	x	y	m	S(m/m)
49	12	13	712.78	0.07
50	13	8	535.60	0.09
51	13	9	507.55	0.10
52	13	10	340.56	0.15
53	13	11	302.08	0.17
54	13	12		
55	13	13	386.89	0.13
56	14	7	603.45	0.08
57	14	8	610.28	0.08
58	14	9	833.28	0.06
59	14	10	890.36	0.06
60	14	11	1028.19	0.05
61	14	12	426.08	0.12
62	14	13	431.31	0.12
63	14	14	409.19	0.12
64	15	6	504.17	0.10
65	15	7	596.43	0.08
66	15	8	559.15	0.09
67	15	9	573.46	0.09
68	15	10	524.24	0.10
69	15	11	147.16	0.34
70	15	12	446.22	0.11
71	16	6	418.17	0.12
72	16	7	251.18	0.20
73	16	8	162.70	0.31
74	16	9	708.68	0.07
75	16	10	715.51	0.07
76	16	11	938.51	0.05
77	17	6	995.59	0.05
78	17	7	1133.42	0.04
79	17	8	531.31	0.09
80	17	9	536.54	0.09
81	17	10	514.42	0.10
82	17	11	609.40	0.08
83	18	5	701.66	0.07
84	18	6	664.38	0.08
85	18	7		
86	18	8	629.47	0.08
87	18	9	252.39	0.20
88	18	10	551.45	0.09
89	19	7	523.40	0.10
90	19	8	356.41	0.14
91	19	9	267.93	0.19

$$S = \frac{10.39}{84} * 100 = 12.37\%$$

4.2.1.6.1.4. Criterio del Rectángulo Equivalente

- I. Se determina el Coeficiente de Compacidad K_c

$$K_c = 0.2821 \frac{P}{A^2}$$

$$K_c = 1.50$$

- II. En este método se sustituye a la cuenca por un rectángulo que tenga igual área e igual perímetro.

Ecuación 4 Lado Mayor de la Cuenca

$$L = \frac{K_c \sqrt{\pi}}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi K_c^2}} \right)$$

Ecuación 5 Lado menor de la cuenca

$$l = \frac{K_c \sqrt{\pi}}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi K_c^2}} \right)$$

- III. La pendiente de la cuenca será igual a la pendiente media del rectángulo equivalente.

Ecuación 6 Pendiente de la Cuenca

$$S = \frac{H}{L}$$

L(Km)	6.66
H(Km)	0.90

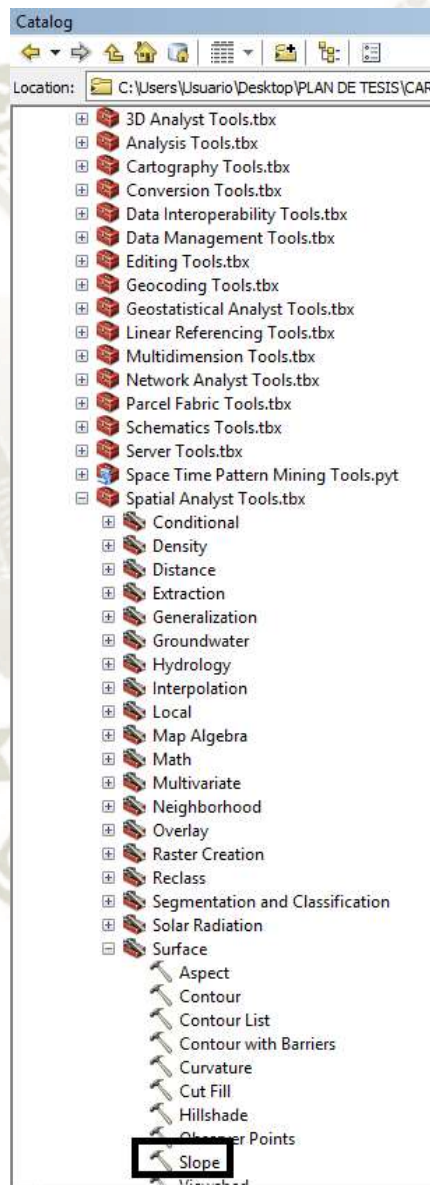
CUADRO 7 Criterio Rectángulo Equivalente

S	13.51%
---	--------

Según el criterio del rectángulo equivalente la pendiente de la Cuenca del Río Chalhuanca es de 13.51%

4.2.1.6.1.5. Mediante software

- I. Primero se creará un mapa de pendiente por lo cual en “Catalog” ,
click en Slope



II. En la ventana emergente cargar el raster de Cuenca.

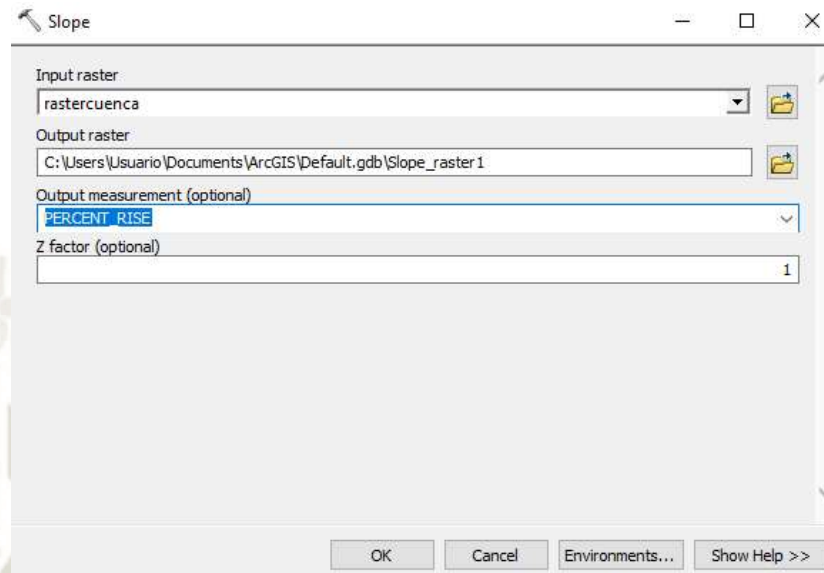
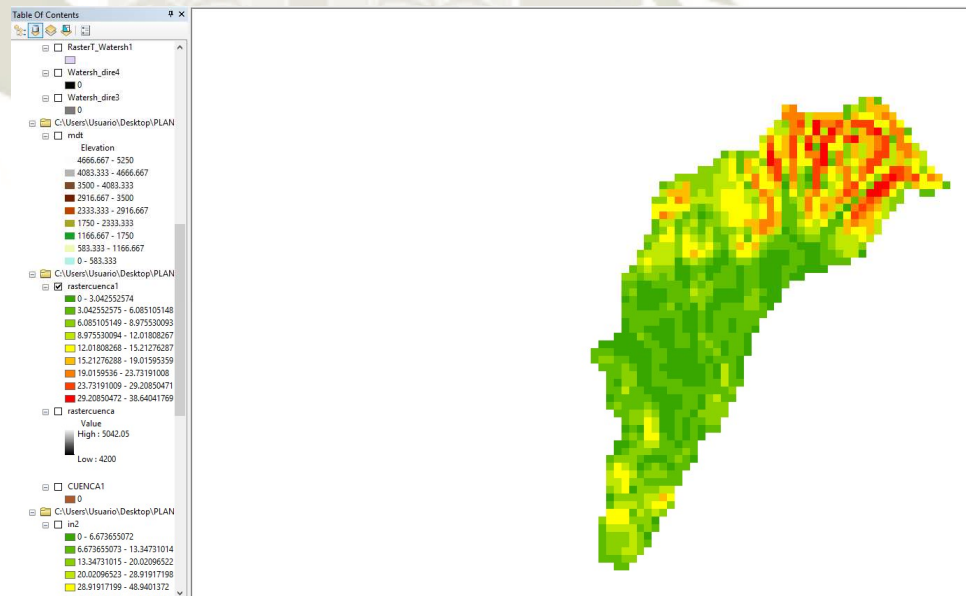
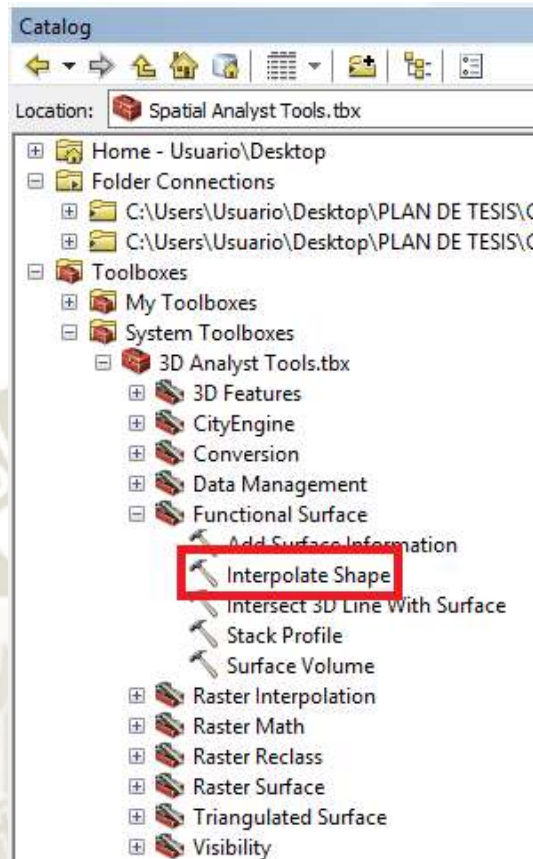


Ilustración 16 Mapa de Pendientes de la Cuenca del Río Chaluwanka



Se puede apreciar que tenemos pendientes de hasta 38%

III. Seguidamente hacemos click en Interpolate Shape



IV. En la ventana emergente se carga el mapa de pendientes previamente generado.

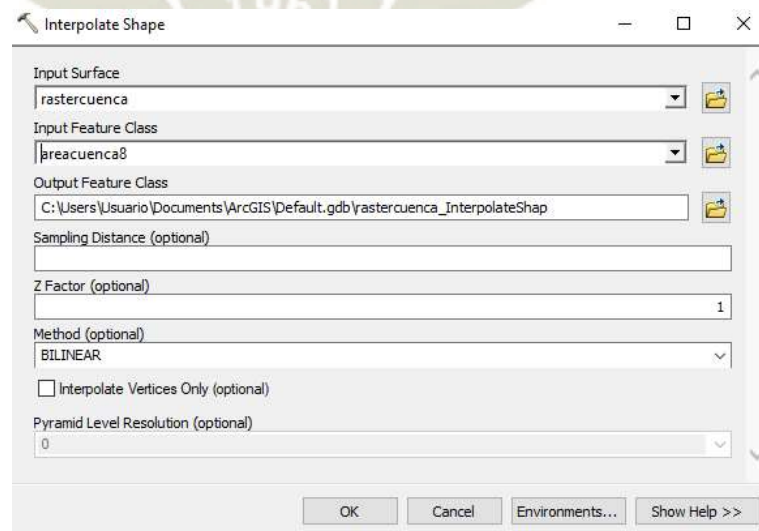
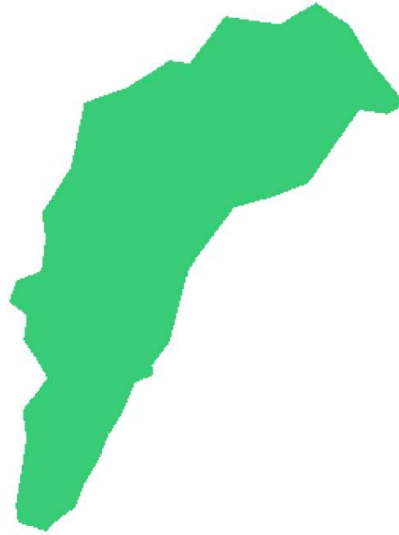
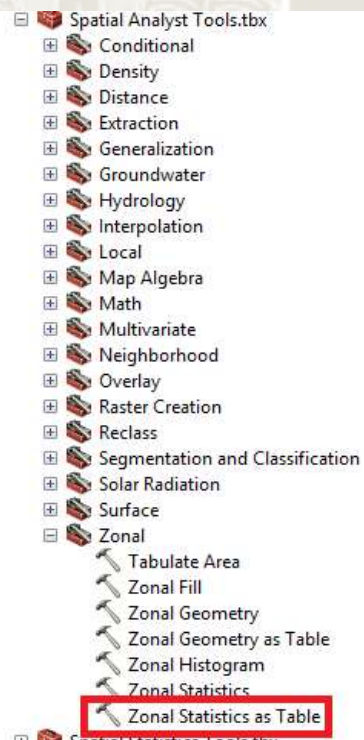


Ilustración 17 Mapa de Pendiente interpolado en formato shape - Cuenca

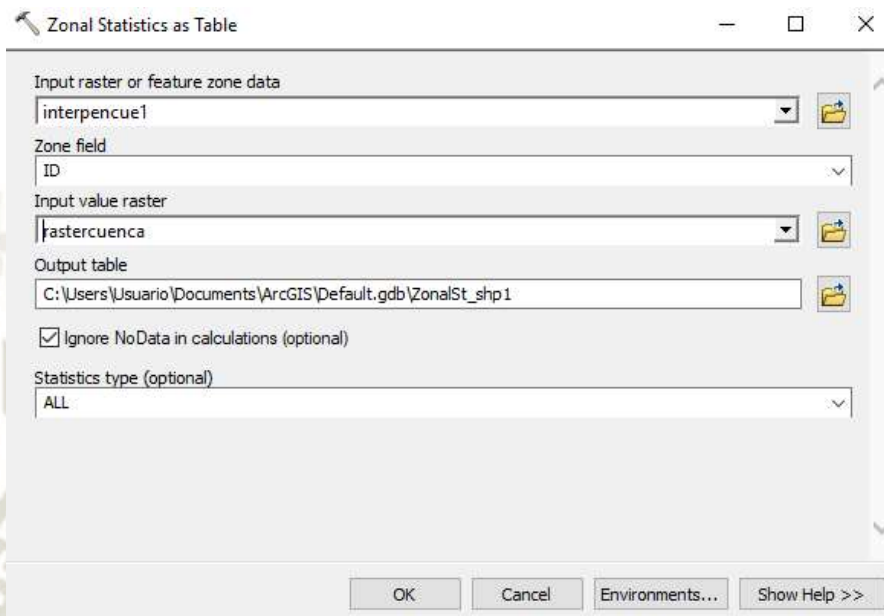
Río Chalhuanca



V. En Catalog click en Zonal Statistics as Table



VI. En la ventana emergente el mapa de pendientes interpolado y el mapa de pendientes original.



VII. Obtenemos como resultado una pendiente promedio de 9.28%

4.2.1.6.1.1. Resultados

A continuación se presentan las pendientes obtenidas con los cuatro métodos usados :

CUADRO 8 Criterio usados - Pendiente Cuenca Río Chalhuanca

Criterio	Pendiente
Alvord	10.18%
Horton	10.78%
Nash	12.37%
Rectángulo Equivalente	13.51%
Software	9.28%

El valor de la pendiente de la Cuenca del Río Chalhuanca se calculará con el promedio de los criterios utilizados:

- Alvord

- Horton
- Nash
- Rectángulo Equivalente
- Software

CUADRO 9 Pendiente Promedio Cuenca Río Chalhuanca

Cuenca	Pendiente Promedio
Río Chalhuanca	11.23%

4.2.1.6.2. Curva Hipsométrica

La Curva hipsométrica sugerida por Langbein (1947) , proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Dicha curva presenta , en las abscisas , las distintas cotas de altura cuenca, y en las ordenadas la superficie de la cuenca, que se halla por encima de esas cotas, bien en km² o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca.

CUADRO 10 Datos para Curva Hipsométrica - Polígono de Frecuencias de Altitudes de la Cuenca del Río Chalhuanca

COTAS m.s.n.m.	Área		% Área	
	Entre cotas	Acumulados	Sobre Cota	Entre Cota
4218.03	2.26	214.31	100.00%	1.06%
4267.10	23.00	212.05	98.94%	10.73%
4305.26	42.03	189.06	88.21%	19.61%
4347.28	23.37	147.02	68.60%	10.91%
4390.59	17.72	123.65	57.70%	8.27%
4430.43	13.01	105.93	49.43%	6.07%
4473.65	11.50	92.93	43.36%	5.36%
4514.47	11.69	81.43	37.99%	5.45%
4559.10	12.63	69.74	32.54%	5.89%
4599.76	9.61	57.11	26.65%	4.49%
4642.76	9.61	47.50	22.16%	4.49%
4684.24	9.99	37.89	17.68%	4.66%
4725.90	6.03	27.90	13.02%	2.81%

COTAS m.s.n.m.	Área		% Área	
	Entre cotas	Acumulados	Sobre Cota	Entre Cota
4768.12	7.92	21.86	10.20%	3.69%
4810.76	5.47	13.95	6.51%	2.55%
4851.60	4.71	8.48	3.96%	2.20%
4890.75	2.83	3.77	1.76%	1.32%
4936.99	0.38	0.94	0.44%	0.18%
4961.45	0.19	0.57	0.26%	0.09%
5028.24	0.38	0.38	0.18%	0.18%

Ilustración 18 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Chalhuanca

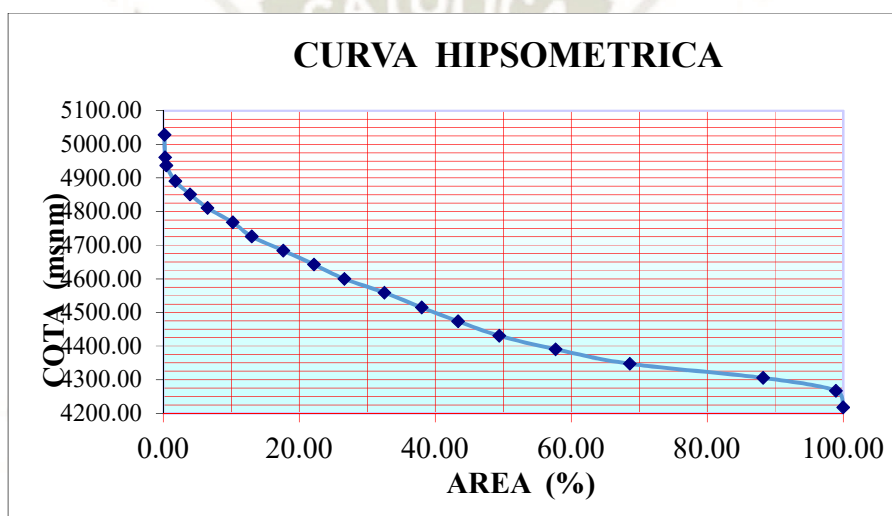
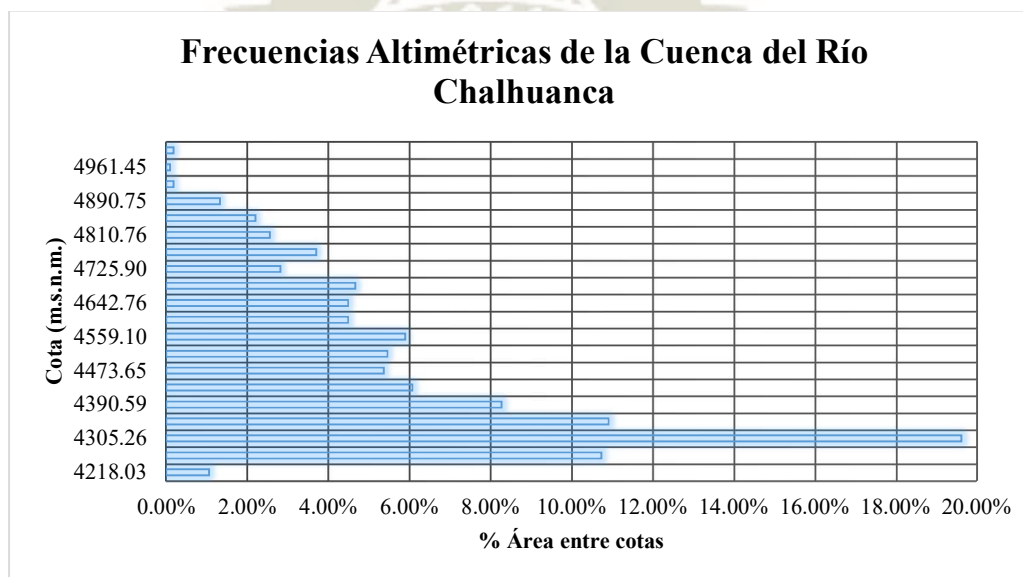


Ilustración 19 Frecuencias Altimétricas de la Cuenca del Río Chalhuanca



CUADRO 11 Altitud Media , de frecuencia y más frecuente de la Cuenca
del Río Chalhuanca

Parámetro	Descripción	Resultado
Altitud Media	Tiene 50% de área total de la cuenca	4621.26 m.s.n.m.
Altitud más Frecuente	Mayor Área en porcentaje	19.61% en en 4305.26 y 4347.28 m.s.n.m.
Altitud de Frecuencia Media	Media en porcentajes de áreas	4622 - 4663 m.s.n.m.

La Altitud Media de la Cuenca del Río Chalhuanca es de 4621.26m.s.n.m.

4.2.1.6.3. Pendientes Media del Curso Principal

Es un factor importante, ya que influye en la velocidad de flujo que determina el tiempo de respuesta de la cuenca de estudio en este caso la del Río Chalhuanca.

Es determinada por el Cociente que resulta de dividir el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.

4.2.1.6.3.1. Criterios

4.2.1.6.3.1.1. Pendiente de un Tramo

Se calcula al dividir el desnivel de los extremos del cauce principal entre la longitud medida en planta.

Ecuación 7 Pendiente de un Tramo

$$S(\%) = \frac{\Delta h}{L} * 100$$

Donde:

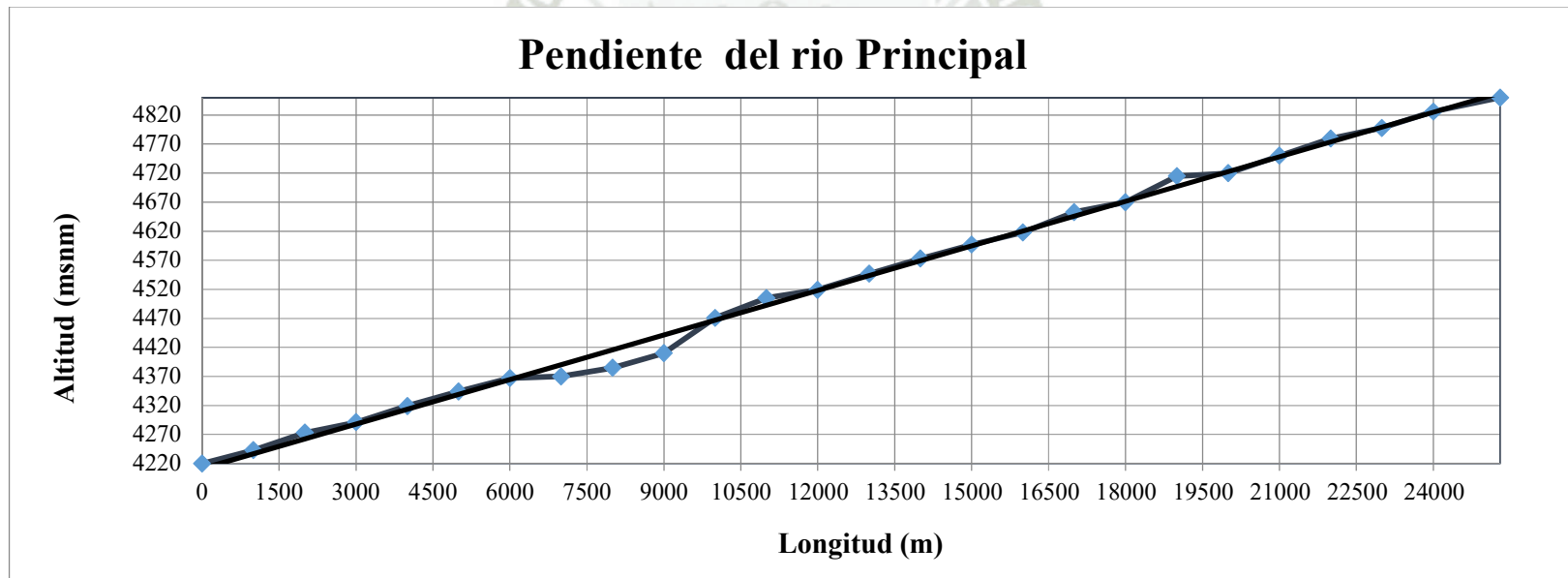
Δh : Diferencia entre Cota Máxima y Mínima

L: Longitud de cauce principal

$$s(\%) = \frac{4850 - 4220}{25300.464} * 100$$

$$s = 2.49\%$$

Ilustración 20 Criterio Pendiente de un Tramo - Cuenca del Río Chalhuanca



4.2.1.6.3.1.2. Taylor y Schwarz

Se asume como si fuese la pendiente media de un canal de sección transversal uniforme, que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en estudio:

Ecuación 8 Pendiente del Cauce Principal - Criterio Taylor y

Schwarz

$$S = \left(\frac{n}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}} \right)} \right)^2$$

Donde:

S: Pendiente Media del Cauce Principal

N: Número de Tramos iguales del cauce

S_n : Pendiente de cada tramo dividido

CUADRO 12 Hoja de Cálculo - Criterio de Taylor y Schwarz- Cuenca del

Río Chalhuanca

Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0+000	0.00	0.00	4220.00			
1+000	1000.00	1000.00	4243.00	23.00	2.30%	6.59
2+000	1000.00	2000.00	4273.00	30.00	3.00%	5.77
3+000	1000.00	3000.00	4291.00	18.00	1.80%	7.45
4+000	1000.00	4000.00	4319.00	28.00	2.80%	5.98
5+000	1000.00	5000.00	4344.00	25.00	2.50%	6.32
6+000	1000.00	6000.00	4367.00	23.00	2.30%	6.59
7+000	1000.00	7000.00	4370.00	3.00	0.30%	18.26
8+000	1000.00	8000.00	4385.00	15.00	1.50%	8.16
9+000	1000.00	9000.00	4410.00	25.00	2.50%	6.32
10+000	1000.00	10000.00	4471.00	61.00	6.10%	4.05
11+000	1000.00	11000.00	4505.00	34.00	3.40%	5.42
12+000	1000.00	12000.00	4519.00	14.00	1.40%	8.45
13+000	1000.00	13000.00	4547.00	28.00	2.80%	5.98

Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
14+000	1000.00	14000.00	4573.00	26.00	2.60%	6.20
15+000	1000.00	15000.00	4597.00	24.00	2.40%	6.45
16+000	1000.00	16000.00	4618.00	21.00	2.10%	6.90
17+000	1000.00	17000.00	4653.00	35.00	3.50%	5.35
18+000	1000.00	18000.00	4670.00	17.00	1.70%	7.67
19+000	1000.00	19000.00	4715.00	45.00	4.50%	4.71
20+000	1000.00	20000.00	4720.00	5.00	0.50%	14.14
21+000	1000.00	21000.00	4750.00	30.00	3.00%	5.77
22+000	1000.00	22000.00	4780.00	30.00	3.00%	5.77
23+000	1000.00	23000.00	4798.00	18.00	1.80%	7.45
24+000	1000.00	24000.00	4826.00	28.00	2.80%	5.98
25+300	1300.49	25300.49	4850.00	24.00	1.85%	7.36
						179.13

$$S = \left(\frac{25}{(179.13)} \right)^2$$

$$S = 1.95\%$$

4.2.1.6.3.2. Resultados

Se ha calculado la pendiente del cauce principal, por medio de dos criterios lo cuales se presentan a continuación:

CUADRO 13 Criterio Pendiente de Cauce Principal

Criterio	Pendiente(%)
Pendiente de un Tramo	2.49
Taylo y Schwarz	1.95

Para obtener el valor de la pendiente se calculará por medio del promedio el cual es de 2.22%.

4.2.1.6.4. Red de Drenaje de las Cuencas

4.2.1.6.4.1. Estructura de la red de drenaje

El análisis cuantitativo de la redes hidrográficas se basa en el método de Horton (1945) de clasificación de la red de canales , basado en el sistema de Gravelius.

Horton propuso un esquema de ordenamiento para la red de drenaje , con base a este ordenamiento, encontró algunas regularidades existentes en la red de drenaje, relacionadas con la estructura de la bifurcación, y su distribución espacial. Los primeros resultados empíricos sobre estas regularidades se conocen como las leyes de Horton: las llamadas ley de los números de corriente y ley de las longitudes de corriente.

4.2.1.6.4.1.1. Modelo de Ordenación de Horton - Strahler

Strahler revisó y perfeccionó el esquema de Horton dando lugar al esquema de ordenación de Horton – Strahler , el cual al ser el más utilizado hoy en día en Hidrología..

Las redes de drenaje pueden ser modeladas con líneas, las cuales están conformadas por un conjunto de nodos conectados uno a otros por segmentos de recta de manera que cada nodo tiene una sola ruta hacia la salida. Los nodos que se conectan a un solo segmento son llamados fuentes y los que se conectan a más de uno, uniones. Además los segmentos que se conectan a una fuente y a una unión

son denominados tramos exteriores y aquellos que se conectan a dos uniones son denominados tramos interiores.

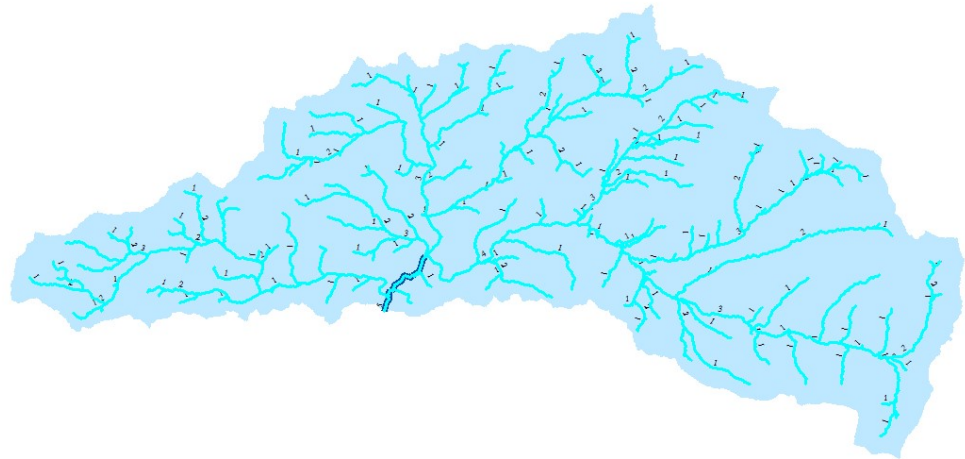
Se considera que la cuenca tiene una única salida , según este modelo se puede tener uno o más segmentos.

Criterios:

- I. Los segmentos que se originan en un nodo externo, son definidos como tramos de primer orden. Los segmentos que están unidos a una fuente , son definidos como de primer orden.
- II. Cuando dos segmentos del mismo orden se unen en un nodo interior dan lugar a un segmento de orden superior.
- III. Cuando se unen dos tramos de distinto orden en un nodo interior dal lugar a un tramo que conserva el mayor de las órdenes.Cuando se unen dos tramos de distinto orden del segmento resultante es el mismo orden de los segmentos que le preceden. Cuando a una corriente se le une otra de menor orden, la primera continúa y conserva su número de orden.
- IV. El orden de la cuenca, es la de corriente de mayor orden.

A continuación, se presenta la Red Hidrográfica de la Cuenca del Río Chalhuanca.

Ilustración 21 Orden de la Red Hídrica - Cuenca del Río Chalhuanca



Por lo tanto la Cuenca del Río Chalhuanca es de Orden 5.

4.2.1.6.4.2. Longitud de los Tributarios

Para lo cual se mide a lo largo del eje del valle sin considerar los meandros, y se relaciona con la pendiente de la cuenca y su grado de drenaje. Se incluye la longitud del curso principal.

La longitud de tributarios de la Cuenca del Río Chalhuanca es de 269.93 Km.

4.2.1.6.4.3. Densidad de Drenaje

Horton definió la densidad de drenaje como el cociente entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca.

Ecuación 9 Densidad de Drenaje

$$D = \frac{L_T}{A}$$

Este parámetro refleja la dinámica de la cuenca , la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como la respuesta de la cuenca a precipitaciones.

$$D = \frac{269.93Km}{214.90Km^2}$$

$$D = 1.26$$

4.2.1.6.4.4. Constante de Estabilidad del Río

Propuesta por Schumm , como el valor inverso de la densidad de drenaje

Ecuación 10 Constante de Estabilidad del Río

$$C = \frac{A}{L_T}$$

Puede considerarse como una medida de erosión de la cuenca. Así en regiones de suelo muy rocoso y resistente ó con suelos altamente permeables que implican un elevada capacidad de infiltración, o en regiones con densa cobertura vegetal tiene valores altos y para el caso de valores bajos corresponde a una cuenca con rocas débiles, escasa o nula vegetación y baja capacidad de infiltración del suelo.

$$C = \frac{214.90}{269.93}$$

$$C = 0.80$$

Por lo tanto este valor corresponde a una cuenca con rocas débiles, escasa vegetación y baja capacidad de infiltración.

4.2.1.7. Resumen de los Parámetros Fisiográficos de la Cuenca del Río Chalhuanca

CUADRO 14 Resumen de Parámetro de la Cuenca del Río Chalhuanca

	Párametros	Símbolo	Valor	Unidad
Físicos	Área	A	214.60	Km ²
	Perímetro	P	77.76	Km
	Índice de Gravelius	Kc	1.5	
Geomorfológicos	Pendiente Media de la Cuenca	Sc	11.23	%
	Altitud media de la cuenca	Hm	4621.26	m.s.n.m.
	Altitud más frecuente	Hf	4305.26 - 4347.28	m.s.n.m.
	Altitud de Frecuencia 1/2	Hfm	4662 - 4663	m.s.n.m.
	Pendiente del Cauce Principal	Sp	2.22	%
Hidráulicos	Número de orden	N	5	
	Densidad de drenaje	Dd	1.26	Km/Km ²
	Constante de Estabilidad del Río	C	0.8	Km ² /Km

4.2.2. Información Pluviométrica

4.2.2.1. Estaciones Pluviométricas

La información pluviométrica utilizada en la presente Tesis ha sido obtenida de la entidad estatal de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-AREQUIPA)

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), es un organismo técnico especializado del Estado Peruano que brinda información sobre el pronóstico del tiempo, así como también asesoría y estudios científicos en las áreas de hidrología, meteorología, agrometeorología y asuntos ambientales.

Es importante mencionar que la información pluviométrica ó hidrometereológica constituye el parámetro más aleatorio, sin embargo, los datos registrados por SENAMHI constituyen sin duda la fuente ideal y más óptima para un análisis estadístico de las variables hidrológicas como lo son las Precipitaciones Máximas de 24 horas.

La Estaciones Metereológicas utilizadas fueron:

4.2.2.1.1. Estación Metereológica : Porpera

Ubicación:

Latitud	15°21'00"
Longitud	71°19'00"
Altura	4195 m.s.n.m

4.2.2.1.2. Estación Metereológica : Tisco

Ubicación:

Latitud	15°21'00"
---------	-----------

Longitud	71°27'00"
Altura	4175 m.s.n.m

4.2.2.1.3. Estación Metereológica : La Angostura

Ubicación:

Latitud	15°10'57.18"
Longitud	71°39'4.46"
Altura	4258 m.s.n.m

La ubicación de las estaciones metereológicas tienen las siguientes coordenadas UTM .

CUADRO 15 Estaciones Meteorológicas

ITEM	ESTACIÓN	ESTE M	NORTE m	ALTITUD msnm	DISTRITO	PROVINCIA	REGIÓN
1	Porpera	251292.1	8301630.33	4,195.00	Tisco	Caylloma	Arequipa
2	Tisco	236970.62	8301472.54	4,175.00	Tisco	Caylloma	Arequipa
3	La Angostura	215126.95	8319755.97	4,258.00	Caylloma	Caylloma	Arequipa

4.2.2.2. Registro de Precipitación

CUADRO 16 Registro de Precipitaciones Máximas de 24 horas Estación Meteorológica Porpera

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	27.8	27.8	42.3	13.0	10.1	0.0	0.4	9.0	23.3	14.7	33.1	39.6
1998	30.2	28.8	27.8	18.3	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	10.1	36.9	22.7
1999	69.9	43.7	88.3	22.1	3.6	0.0	0.0	0.0	17.5	33.6	18.7	18.6
2000	38.8	25.4	23.8	3.3	11.2	5.3	0.2	5.8	1.6	37.7	2.1	18.6
2001	23.8	30.1	16.1	29.0	17.8	3.5	13.5	9.0	3.5	4.8	8.7	14.8
2002	20.2	31.3	25.3	19.2	13.0	5.5	14.4	1.5	7.7	13.7	27.2	21.0
2003	20.7	37.0	26.2	7.8	3.5	5.7	0.0	2.2	10.7	10.4	7.7	29.4
2004	27.7	31.5	26.5	24.3	0.0	0.0	5.9	13.1	6.8	FD	6.3	14.2
2005	23.2	28.1	FD	14.6	0.0	0.0	0.0	3.6	FD	9.6	9.9	12.6
2006	FD	27.9	20.8	16.1	6.3	0.0	0.0	1.7	9.8	15.2	27.8	38.9
2007	FD	36.1	19.7	14.9	4.6	0.5	5.1	0.0	14.3	25.6	17.2	14.8
2008	30.6	37.8	19.2	0.7	2.4	0.4	1.3	0.0	6.1	9.6	2.1	16.7
2009	15.0	29.2	24.9	35.2	0.0	0.0	12.8	2.8	17.7	7.1	14.9	12.3
2010	29.4	25.0	11.6	14.0	6.3	1.5	1.0	2.8	6.4	12.1	5.9	22.4
2011	38.0	44.7	26.0	32.8	2.9	0.0	6.3	1.8	2.1	6.5	19.6	36.0
2012	60.7	30.1	24.6	28.7	8.4	0.0	0.0	1.5	18.3	16.7	10.2	20.6
2013	20.0	24.9	FD	2.0	5.4	5.3	2.3	8.1	0.5	19.0	23.6	20.0
2014	37.0	17.2	21.2	13.8	1.2	0.0	5.6	1.0	33.3	6.6	8.5	17.2
2015	40.4	33.3	21.6	14.9	6.8	0.0	FD	13.6	12.1	12.8	23.1	17.5
2016	16.8	72.3	12.0	13.8	3.2	5.8	5.8	0.8	0.0	14.7	4.8	13.0
2017	30.9	25.4	24.8	12.8	10.1	0.0	5.4	0.0	11.0	13.6	14.1	25.5

CUADRO 17 Registro de Precipitaciones Máximas 24 horas Estación Meteorológica Tisco

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	25.7	29.6	19.2	FD	8.6	0.0	0.0	6.8	19.1	4.0	32.0	20.0
1998	120.0	36.9	25.5	8.0	0.5	1.8	0.0	0.7	0.5	3.1	20.2	19.2
1999	39.3	43.8	40.0	7.1	5.6	0.0	1.2	0.5	7.7	18.5	9.6	17.0
2000	24.5	32.2	23.6	4.4	15.0	6.0	0.3	2.5	1.2	25.0	8.8	19.0
2001	25.5	31.5	22.5	33.0	10.0	3.5	11.0	5.2	2.5	5.4	4.4	9.2
2002	16.2	39.2	35.6	16.0	5.0	3.0	20.5	0.3	6.5	11.9	25.0	FD
2003	FD	FD	28.5	11.6	3.5	1.5	2.5	2.5	6.0	FD	FD	19.5
2004	28.6	30.6	FD	16.5	1.3	0.2	14.1	5.0	5.9	1.6	2.7	13.2
2005	18.1	29.5	29.7	17.0	0.3	0.0	0.0	0.7	11.5	5.3	7.7	18.0
2006	FD	34.6	22.0	10.0	4.2	3.5	0.0	3.5	14.3	22.6	16.2	19.4
2007	FD	22.4	22.2	7.4	5.0	0.0	5.8	0.7	3.5	8.2	6.7	20.5
2008	44.0	37.8	24.7	2.7	1.8	2.6	0.0	0.6	1.0	9.0	3.2	13.7
2009	13.8	20.0	27.6	30.7	2.0	0.0	10.2	2.4	10.0	6.0	8.0	10.6
2010	24.0	14.2	12.9	15.3	1.5	2.0	2.2	3.3	4.9	9.0	11.7	25.6
2011	27.0	32.0	16.0	29.0	2.3	0.0	12.0	3.0	6.0	4.5	23.0	40.0
2012	60.7	36.0	19.3	22.0	6.5	1.6	1.2	1.5	22.0	13.7	4.5	30.7
2013	18.0	27.0	27.0	6.5	7.0	9.5	5.0	6.7	3.7	12.0	16.5	16.3
2014	43.7	17.1	17.2	9.0	1.6	0.0	5.1	3.5	26.1	12.2	10.5	14.1
2015	20.5	28.2	16.0	24.1	5.9	0.5	FD	21.3	4.8	12.5	14.5	7.2
2016	18.5	28.1	11.8	16.5	2.7	6.0	FD	FD	FD	FD	FD	26.8
2017	36.0	42.6	28.7	9.0	7.1	0.7	2.1	0.0	11.7	10.6	13.2	26.2

CUADRO 18 Registro de Precipitaciones Máximas 24 horas Estación Meteorológica La Angostura

Precipitación Máxima en 24 horas												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	31.4	25.8	21.0	7.3	2.6	0.0	0.0	19.1	20.4	3.1	21.3	31.0
1998	36.0	40.9	22.5	5.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6.8	13.4	30.6
1999	25.9	20.0	14.9	8.9	5.2	0.0	0.0	0.0	16.0	8.4	16.4	39.0
2000	25.9	28.9	31.4	2.7	12.0	2.5	0.5	7.0	2.2	27.9	15.2	21.1
2001	49.3	36.0	26.2	25.2	10.2	0.1	17.6	4.3	6.2	3.9	3.3	39.9
2002	17.0	29.8	36.4	15.6	3.4	3.2	14.9	FD	5.6	11.5	14.8	37.5
2003	19.7	27.7	30.6	7.0	4.4	4.5	0.0	1.3	13.2	14.8	17.0	31.5
2004	26.1	22.9	20.4	18.8	1.1	3.1	14.3	9.8	5.2	3.8	4.6	20.9
2005	20.8	28.9	32.2	17.9	0.2	0.0	0.0	0.4	4.2	FD	14.6	24.8
2006	30.2	35.5	23.6	10.0	1.3	3.1	0.0	0.6	9.1	37.5	17.5	20.6
2007	22.6	24.6	FD	8.2	3.0	0.0	2.3	0.0	4.4	10.5	17.9	21.8
2008	34.3	21.6	20.3	0.7	0.9	0.0	0.8	0.0	0.0	11.9	2.3	26.0
2009	27.0	21.3	24.9	29.2	10.0	0.0	14.2	0.0	6.8	5.5	13.4	9.4
2010	26.9	33.2	15.2	9.6	2.2	0.0	0.4	0.0	1.7	13.9	2.6	16.1
2011	29.2	28.7	17.9	31.7	3.5	0.0	3.5	6.8	4.6	5.0	12.5	24.0
2012	21.2	31.2	28.3	16.3	1.3	0.9	0.3	0.0	32.0	5.2	7.5	20.9
2013	25.9	24.3	36.7	1.0	3.3	8.8	1.2	9.3	0.2	17.7	21.6	16.2
2014	30.8	14.2	21.7	19.3	1.0	0.0	5.4	0.8	23.9	3.0	31.5	10.4
2015	34.9	55.1	28.5	16.9	5.3	0.0	8.4	17.4	14.9	10.6	19.2	14.7
2016	7.1	24.9	35.5	11.8	3.4	9.4	3.8	6.8	0.0	FD	FD	FD

En los cuadros presentados se puede apreciar el Registro de Precipitaciones Máximas 24 horas de los años 1997-2017 para el caso de las Estaciones de Porpera y Tisco y 1997-2016 de la Estación La Angostura. Para el caso de las tres estaciones faltan algunos datos de Precipitación Máxima de 24 horas, los cuales han sido sombreados que serán completados previa análisis y estimación que se describirá a continuación.

4.2.2.3. Estimación de Datos Faltantes

El proceso de completación de datos se realizó en series constantes, se ha utilizado el modelo de REGRESIÓN LINEAL para la COMPLETACIÓN de información de una estación con datos incompletos ó registro corto. Se ha considerado para tal fin los datos de PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HORAS de las estaciones: PORPERA, TISCO Y LA ANGOSTURA.

A continuación, se describirá el procedimiento realizado para la completación del mes de Abril de la Estación Meteorológica Tisco.

1. La Estación Meteorológica Tisco será la serie dependiente, que se representará por “y”, la serie que sirve para completar en este caso Porpera será “x”.

ITEM	AÑO	PORPERA	TISCO
1	1997	13.00	FD
2	1998	18.30	8.00
3	1999	22.10	7.10
4	2000	3.30	4.40
5	2001	29.00	33.00
6	2002	19.20	16.00
7	2003	7.80	11.60
8	2004	24.30	16.50
9	2005	14.60	17.00
10	2006	16.10	10.00
11	2007	14.90	7.40
12	2008	0.70	2.70
13	2009	35.20	30.70
14	2010	14.00	15.30
15	2011	32.80	29.00
16	2012	28.70	22.00
17	2013	2.00	6.50
18	2014	13.80	9.00
19	2015	14.90	24.10
20	2016	13.80	16.50
21	2017	12.80	9.00

2. Calculamos el coeficiente de correlación y además calculamos los parámetros de regresión con las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$r = b \frac{S_x}{S_y}$$

Ecuación 11 Coeficiente de correlación

Donde:

Sx : Desviación estándar de x

Sy : Desviación estándar de y

ITEM	AÑO	PORPERA	TISCO	x*y	x ²	y ²
		x	y			
1	1998	18.30	8.00	146.40	334.89	64.00
2	1999	22.10	7.10	156.91	488.41	50.41
3	2000	3.30	4.40	14.52	10.89	19.36
4	2001	29.00	33.00	957.00	841.00	1089.00
5	2002	19.20	16.00	307.20	368.64	256.00
6	2003	7.80	11.60	90.48	60.84	134.56
7	2004	24.30	16.50	400.95	590.49	272.25
8	2005	14.60	17.00	248.20	213.16	289.00
9	2006	16.10	10.00	161.00	259.21	100.00
10	2007	14.90	7.40	110.26	222.01	54.76
11	2008	0.70	2.70	1.89	0.49	7.29
12	2009	35.20	30.70	1080.64	1239.04	942.49
13	2010	14.00	15.30	214.20	196.00	234.09
14	2011	32.80	29.00	951.20	1075.84	841.00
15	2012	28.70	22.00	631.40	823.69	484.00
16	2013	2.00	6.50	13.00	4.00	42.25
17	2014	13.80	9.00	124.20	190.44	81.00
18	2015	14.90	24.10	359.09	222.01	580.81
19	2016	13.80	16.50	227.70	190.44	272.25
20	2017	12.80	9.00	115.20	163.84	81.00
SUMA		338.30	295.80	6311.44	7495.33	5895.52

a	1.91
b	0.76
r	0.82

3. Criterio de mejora de los estimados de los parámetros

Para determinar si la media y la desviación estándar han sido mejorados se compara el coeficiente de correlación ya calculado, con los coeficientes críticos deducidos. Si el r calculado es mayor que el R crítico quiere decir que el estimado de los parámetros mejoró y viceversa.

$$R_c = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 2}}$$

$$R_c = \sqrt{\frac{1}{20 - 2}}$$

$$R_c = 0.24$$

$$r > R_c$$

$$0.82 > 0.24$$

4. Ganancia de Información

Este paso sirve para corroborar el paso anterior. Con la ganancia o no de información se demuestra el grado de precisión que han tenido los estimados de los parámetros. La variancia de un parámetro, ha sido usada típicamente en el campo estadístico para medir la precisión asociada con ello. Pero existe una forma sencilla y práctica de medir este grado de precisión de un parámetro, que es mediante la Información relativa (I), con la cual se ha trabajado estadísticamente, L viene a ser la razón entre la variancia de la serie original, entre la variancia de la serie restituida; y esta tiene que ser mayor a la unidad para demostrar que ha mejorado el estimado.

Para ser calculada L, previamente se tiene que calcular la Longitud Efectiva (Ne) dada por Longbein en 1960.

$$N_e = \frac{N_1 + N_2}{1 + \frac{N_2}{N_1 - 2} (1 - r^2)}$$

$$N_e = \frac{20 + 1}{1 + \frac{1}{20 - 2} (1 - 0.82^2)}$$

$$N_e = 20.62$$

Además:

$$N_g = N_e - N_1$$

$$N_g = 20.62 - 20$$

$$N_g = 0.62$$

Conociendo la longitud efectiva calculamos L:

$$L = \frac{N_e}{N_1}$$

$$L = \frac{20.62}{20}$$

$$L = 1.03$$

Ne	20.62
Ng	19.00
L	1.03

De donde se concluye:

Si $L > 1$, $N_e > N_1$ y $N_g > 0$, hay ganancia de información, entonces se puede usar la ecuación de regresión lineal.

Si $L < 1$, $N_e < N_1$ y $N_g < 0$, se pierde información, y por lo tanto no debe usar la ecuación de regresión lineal.

En este caso se tiene ganancia de información ya que se cumple con las tres restricciones.

5. Se da forma a las ecuaciones de regresión que se usarán para la completación.

$$y = a + bx$$

Y reemplazamos el valor de x para poder hallar y.

ITEM	AÑO	PORPERA	TISCO
1	1997	13.00	11.74
2	1998	18.30	8.00
3	1999	22.10	7.10
4	2000	3.30	4.40
5	2001	29.00	33.00
6	2002	19.20	16.00
7	2003	7.80	11.60
8	2004	24.30	16.50
9	2005	14.60	17.00
10	2006	16.10	10.00
11	2007	14.90	7.40
12	2008	0.70	2.70
13	2009	35.20	30.70
14	2010	14.00	15.30
15	2011	32.80	29.00
16	2012	28.70	22.00
17	2013	2.00	6.50
18	2014	13.80	9.00
19	2015	14.90	24.10
20	2016	13.80	16.50
21	2017	12.80	9.00

De manera análoga se realiza la completación de los datos faltantes correspondientes a los meses de los años incompletos restantes.

Luego de haber determinado todos los datos incompletos de todas las Estaciones podemos citar los siguientes cuadros, como datos completos en todo el registro anual de cada Estación.

CUADRO 19 Registro Completado de Precipitaciones Máximas de 24 h : Estación Meteorológica

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	27.80	27.80	42.30	13.00	10.10	0.00	0.40	9.00	23.30	14.70	33.10	39.60
1998	30.20	28.80	27.80	18.30	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	10.10	36.90	22.70
1999	69.90	43.70	88.30	22.10	3.60	0.00	0.00	0.00	17.50	33.60	18.70	18.60
2000	38.80	25.40	23.80	3.30	11.20	5.30	0.20	5.80	1.60	37.70	2.10	18.60
2001	23.80	30.10	16.10	29.00	17.80	3.50	13.50	9.00	3.50	4.80	8.70	14.80
2002	20.20	31.30	25.30	19.20	13.00	5.50	14.40	1.50	7.70	13.70	27.20	21.00
2003	20.70	37.00	26.20	7.80	3.50	5.70	0.00	2.20	10.70	10.40	7.70	29.40
2004	27.70	31.50	26.50	24.30	0.00	0.00	5.90	13.10	6.80	4.21	6.30	14.20
2005	23.20	28.10	35.44	14.60	0.00	0.00	0.00	3.60	6.24	9.60	9.90	12.60
2006	32.27	27.90	20.80	16.10	6.30	0.00	0.00	1.70	9.80	15.20	27.80	38.90
2007	28.40	36.10	19.70	14.90	4.60	0.50	5.10	0.00	14.30	25.60	17.20	14.80
2008	30.60	37.80	19.20	0.70	2.40	0.40	1.30	0.00	6.10	9.60	2.10	16.70
2009	15.00	29.20	24.90	35.20	0.00	0.00	12.80	2.80	17.70	7.10	14.90	12.30
2010	29.40	25.00	11.60	14.00	6.30	1.50	1.00	2.80	6.40	12.10	5.90	22.40
2011	38.00	44.70	26.00	32.80	2.90	0.00	6.30	1.80	2.10	6.50	19.60	36.00
2012	60.70	30.10	24.60	28.70	8.40	0.00	0.00	1.50	18.30	16.70	10.20	20.60
2013	20.00	24.90	32.00	2.00	5.40	5.30	2.30	8.10	0.50	19.00	23.60	20.00
2014	37.00	17.20	21.20	13.80	1.20	0.00	5.60	1.00	33.30	6.60	8.50	17.20
2015	40.40	33.30	21.60	14.90	6.80	0.00	7.04	13.60	12.10	12.80	23.10	17.50
2016	16.80	72.30	12.00	13.80	3.20	5.80	5.80	0.80	0.00	14.70	4.80	13.00
2017	30.90	25.40	24.80	12.80	10.10	0.00	5.40	0.00	11.00	13.60	14.10	25.50

CUADRO 20 Registro Completado de Precipitaciones Máximas 24 h: Estación Meteorológica Tisco

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	25.70	29.60	19.20	11.74	8.60	0.00	0.00	6.80	19.10	4.00	32.00	20.00
1998	120.00	36.90	25.50	8.00	0.50	1.80	0.00	0.70	0.50	3.10	20.20	19.20
1999	39.30	43.80	40.00	7.10	5.60	0.00	1.20	0.50	7.70	18.50	9.60	17.00
2000	24.50	32.20	23.60	4.40	15.00	6.00	0.30	2.50	1.20	25.00	8.80	19.00
2001	25.50	31.50	22.50	33.00	10.00	3.50	11.00	5.20	2.50	5.40	4.40	9.20
2002	16.20	39.20	35.60	16.00	5.00	3.00	20.50	0.30	6.50	11.90	25.00	18.79
2003	24.49	31.40	28.50	11.60	3.50	1.50	2.50	2.50	6.00	7.90	6.73	19.50
2004	28.60	30.60	19.19	16.50	1.30	0.20	14.10	5.00	5.90	1.60	2.70	13.20
2005	18.10	29.50	29.70	17.00	0.30	0.00	0.00	0.70	11.50	5.30	7.70	18.00
2006	35.35	34.60	22.00	10.00	4.20	3.50	0.00	3.50	14.30	22.60	16.20	19.40
2007	27.49	22.40	22.20	7.40	5.00	0.00	5.80	0.70	3.50	8.20	6.70	20.50
2008	44.00	37.80	24.70	2.70	1.80	2.60	0.00	0.60	1.00	9.00	3.20	13.70
2009	13.80	20.00	27.60	30.70	2.00	0.00	10.20	2.40	10.00	6.00	8.00	10.60
2010	24.00	14.20	12.90	15.30	1.50	2.00	2.20	3.30	4.90	9.00	11.70	25.60
2011	27.00	32.00	16.00	29.00	2.30	0.00	12.00	3.00	6.00	4.50	23.00	40.00
2012	60.70	36.00	19.30	22.00	6.50	1.60	1.20	1.50	22.00	13.70	4.50	30.70
2013	18.00	27.00	27.00	6.50	7.00	9.50	5.00	6.70	3.70	12.00	16.50	16.30
2014	43.70	17.10	17.20	9.00	1.60	0.00	5.10	3.50	26.10	12.20	10.50	14.10
2015	20.50	28.20	16.00	24.10	5.90	0.50	8.46	21.30	4.80	12.50	14.50	7.20
2016	18.50	28.10	11.80	16.50	2.70	6.00	4.58	0.97	1.98	10.25	4.83	26.80
2017	36.00	42.60	28.70	9.00	7.10	0.70	2.10	0.00	11.70	10.60	13.20	26.20

CUADRO 21 Registro Completado de Precipitaciones Máximas 24 h: Estación Meteorológica La Angostura

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	31.40	25.80	21.00	7.30	2.60	0.00	0.00	19.10	20.40	3.10	21.30	31.00
1998	36.00	40.90	22.50	5.20	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	6.80	13.40	30.60
1999	25.90	20.00	14.90	8.90	5.20	0.00	0.00	0.00	16.00	8.40	16.40	39.00
2000	25.90	28.90	31.40	2.70	12.00	2.50	0.50	7.00	2.20	27.90	15.20	21.10
2001	49.30	36.00	26.20	25.20	10.20	0.10	17.60	4.30	6.20	3.90	3.30	39.90
2002	17.00	29.80	36.40	15.60	3.40	3.20	14.90	1.66	5.60	11.50	14.80	37.50
2003	19.70	27.70	30.60	7.00	4.40	4.50	0.00	1.30	13.20	14.80	17.00	31.50
2004	26.10	22.90	20.40	18.80	1.10	3.10	14.30	9.80	5.20	3.80	4.60	20.90
2005	20.80	28.90	32.20	17.90	0.20	0.00	0.00	0.40	4.20	8.19	14.60	24.80
2006	30.20	35.50	23.60	10.00	1.30	3.10	0.00	0.60	9.10	37.50	17.50	20.60
2007	22.60	24.60	24.16	8.20	3.00	0.00	2.30	0.00	4.40	10.50	17.90	21.80
2008	34.30	21.60	20.30	0.70	0.90	0.00	0.80	0.00	0.00	11.90	2.30	26.00
2009	27.00	21.30	24.90	29.20	10.00	0.00	14.20	0.00	6.80	5.50	13.40	9.40
2010	26.90	33.20	15.20	9.60	2.20	0.00	0.40	0.00	1.70	13.90	2.60	16.10
2011	29.20	28.70	17.90	31.70	3.50	0.00	3.50	6.80	4.60	5.00	12.50	24.00
2012	21.20	31.20	28.30	16.30	1.30	0.90	0.30	0.00	32.00	5.20	7.50	20.90
2013	25.90	24.30	36.70	1.00	3.30	8.80	1.20	9.30	0.20	17.70	21.60	16.20
2014	30.80	14.20	21.70	19.30	1.00	0.00	5.40	0.80	23.90	3.00	31.50	10.40
2015	34.90	55.10	28.50	16.90	5.30	0.00	8.40	17.40	14.90	10.60	19.20	14.70
2016	7.10	24.90	35.50	11.80	3.40	9.40	3.80	6.80	0.00	10.84	9.63	19.68

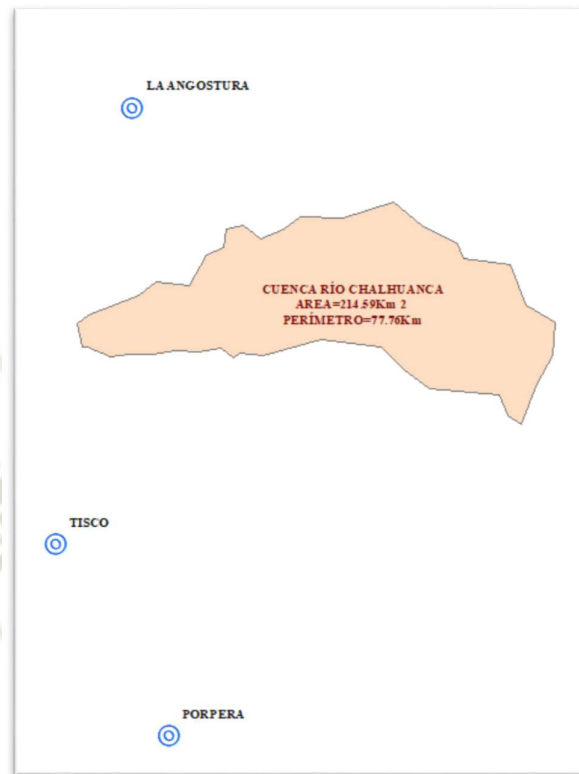
4.2.2.4. Extensión del Registro

Como se puede observar en los cuadros anteriores el Registro mayor de las Precipitaciones Máximas de 24 horas corresponde a las Estaciones de Porpera y Tisco entre los años 1997-2017(21 años) , mientras que para la Estación La Angostura entre los años 1998-2016(20 años), para el análisis hidrológico correspondiente debemos uniformizar la cantidad de datos anuales en todas las Estaciones es por esta razón fundamental, que se extiende el Registro de Precipitaciones Máximas de 24 horas de la Estación Meteorológica La Angostura con el fin de poder realizar un estudio adecuado respecto a la data ó información de la serie anual de las precipitaciones máximas de 24 horas.

El método a utilizar es el del "Análisis Regional de Precipitación", el cual correlaciona la altitud de las estaciones seleccionadas con la precipitación media de las mismas y relaciona la distancia geográfica entre las estaciones base y las de estudio (Estaciones a extender datos). Para nuestro caso la precipitación media será la precipitación media máxima de 24 horas.

El método indica que se debe utilizar todas las estaciones índices ó base para desarrollar adecuadamente el método, en nuestro caso estas estaciones serán las de: Porpera y Tisco.

Ilustración 22 Ubicación de Estaciones de base y estudio



El procedimiento para el Análisis Regional de Precipitación es el siguiente:

1. Designamos a las Estaciones Base y de Estudio:

- Estaciones Base : Porpera y Tisco
- Estaciones Estudio : La Angostura

2. Generamos los siguientes cuadros para las Estaciones Base y de Estudio:

- Estos cuadros tienen el fin de presentar y obtener la precipitación media máxima de 24 horas, para cada estación base y de estudio.
- Dichos cuadros también muestran los parámetros estadísticos más importantes del registro completo de información pluviométrica correspondiente.

CUADRO 22 Estación Base Porpera

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	27.80	27.80	42.30	13.00	10.10	0.00	0.40	9.00	23.30	14.70	33.10	39.60	241.10
2	1998	30.20	28.80	27.80	18.30	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	10.10	36.90	22.70	176.40
3	1999	69.90	43.70	88.30	22.10	3.60	0.00	0.00	0.00	17.50	33.60	18.70	18.60	316.00
4	2000	38.80	25.40	23.80	3.30	11.20	5.30	0.20	5.80	1.60	37.70	2.10	18.60	173.80
5	2001	23.80	30.10	16.10	29.00	17.80	3.50	13.50	9.00	3.50	4.80	8.70	14.80	174.60
6	2002	20.20	31.30	25.30	19.20	13.00	5.50	14.40	1.50	7.70	13.70	27.20	21.00	200.00
7	2003	20.70	37.00	26.20	7.80	3.50	5.70	0.00	2.20	10.70	10.40	7.70	29.40	161.30
8	2004	27.70	31.50	26.50	24.30	0.00	0.00	5.90	13.10	6.80	4.21	6.30	14.20	160.51
9	2005	23.20	28.10	35.44	14.60	0.00	0.00	0.00	3.60	6.24	9.60	9.90	12.60	143.29
10	2006	32.27	27.90	20.80	16.10	6.30	0.00	0.00	1.70	9.80	15.20	27.80	38.90	196.77
11	2007	28.40	36.10	19.70	14.90	4.60	0.50	5.10	0.00	14.30	25.60	17.20	14.80	181.20
12	2008	30.60	37.80	19.20	0.70	2.40	0.40	1.30	0.00	6.10	9.60	2.10	16.70	126.90
13	2009	15.00	29.20	24.90	35.20	0.00	0.00	12.80	2.80	17.70	7.10	14.90	12.30	171.90
14	2010	29.40	25.00	11.60	14.00	6.30	1.50	1.00	2.80	6.40	12.10	5.90	22.40	138.40
15	2011	38.00	44.70	26.00	32.80	2.90	0.00	6.30	1.80	2.10	6.50	19.60	36.00	216.70
16	2012	60.70	30.10	24.60	28.70	8.40	0.00	0.00	1.50	18.30	16.70	10.20	20.60	219.80
17	2013	20.00	24.90	32.00	2.00	5.40	5.30	2.30	8.10	0.50	19.00	23.60	20.00	163.10
18	2014	37.00	17.20	21.20	13.80	1.20	0.00	5.60	1.00	33.30	6.60	8.50	17.20	162.60
19	2015	40.40	33.30	21.60	14.90	6.80	0.00	7.04	13.60	12.10	12.80	23.10	17.50	203.14
20	2016	16.80	72.30	12.00	13.80	3.20	5.80	5.80	0.80	0.00	14.70	4.80	13.00	163.00
21	2017	30.90	25.40	24.80	12.80	10.10	0.00	5.40	0.00	11.00	13.60	14.10	25.50	173.60
N° Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		31.51	32.74	27.15	16.73	5.56	1.67	4.14	3.73	9.95	14.21	15.35	21.26	184.01
Desv. Estandar		13.36	11.11	15.68	9.45	4.81	2.39	4.72	4.31	8.52	8.73	10.19	8.30	41.07
Coef. Variacion		42.40	33.93	57.74	56.51	86.53	142.93	113.82	115.61	85.63	61.48	66.38	39.03	22.32
Prec. Max.		69.90	72.30	88.30	35.20	17.80	5.80	14.40	13.60	33.30	37.70	36.90	39.60	316.00
Prec. Min.		15.00	17.20	11.60	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.21	2.10	12.30	126.90

CUADRO 23 Estación Base Tisco

Nº REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	25.7	29.6	19.2	11.7	8.6	0.0	0.0	6.8	19.1	4.0	32.0	20.0	176.74
2	1998	120.0	36.9	25.5	8.0	0.5	1.8	0.0	0.7	0.5	3.1	20.2	19.2	236.40
3	1999	39.3	43.8	40.0	7.1	5.6	0.0	1.2	0.5	7.7	18.5	9.6	17.0	190.30
4	2000	24.5	32.2	23.6	4.4	15.0	6.0	0.3	2.5	1.2	25.0	8.8	19.0	162.50
5	2001	25.5	31.5	22.5	33.0	10.0	3.5	11.0	5.2	2.5	5.4	4.4	9.2	163.70
6	2002	16.2	39.2	35.6	16.0	5.0	3.0	20.5	0.3	6.5	11.9	25.0	18.8	197.99
7	2003	24.5	31.4	28.5	11.6	3.5	1.5	2.5	2.5	6.0	7.9	6.7	19.5	146.12
8	2004	28.6	30.6	19.2	16.5	1.3	0.2	14.1	5.0	5.9	1.6	2.7	13.2	138.89
9	2005	18.1	29.5	29.7	17.0	0.3	0.0	0.0	0.7	11.5	5.3	7.7	18.0	137.80
10	2006	35.3	34.6	22.0	10.0	4.2	3.5	0.0	3.5	14.3	22.6	16.2	19.4	185.65
11	2007	27.5	22.4	22.2	7.4	5.0	0.0	5.8	0.7	3.5	8.2	6.7	20.5	129.89
12	2008	44.0	37.8	24.7	2.7	1.8	2.6	0.0	0.6	1.0	9.0	3.2	13.7	141.10
13	2009	13.8	20.0	27.6	30.7	2.0	0.0	10.2	2.4	10.0	6.0	8.0	10.6	141.30
14	2010	24.0	14.2	12.9	15.3	1.5	2.0	2.2	3.3	4.9	9.0	11.7	25.6	126.60
15	2011	27.0	32.0	16.0	29.0	2.3	0.0	12.0	3.0	6.0	4.5	23.0	40.0	194.80
16	2012	60.7	36.0	19.3	22.0	6.5	1.6	1.2	1.5	22.0	13.7	4.5	30.7	219.70
17	2013	18.0	27.0	27.0	6.5	7.0	9.5	5.0	6.7	3.7	12.0	16.5	16.3	155.20
18	2014	43.7	17.1	17.2	9.0	1.6	0.0	5.1	3.5	26.1	12.2	10.5	14.1	160.10
19	2015	20.5	28.2	16.0	24.1	5.9	0.5	8.5	21.3	4.8	12.5	14.5	7.2	163.96
20	2016	18.5	28.1	11.8	16.5	2.7	6.0	4.6	1.0	2.0	10.2	4.8	26.8	133.01
21	2017	36.0	42.6	28.7	9.0	7.1	0.7	2.1	0.0	11.7	10.6	13.2	26.2	187.90
Nº Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		32.93	30.70	23.29	14.64	4.64	2.02	5.06	3.41	8.14	10.15	11.90	19.29	166.17
Desv. Estandar		22.93	7.72	7.08	8.75	3.62	2.57	5.68	4.58	7.10	6.09	7.88	7.55	30.44
Coef. Variacion		69.63	25.15	30.41	59.72	77.98	127.27	112.37	134.32	87.22	59.97	66.17	39.15	18.32
Prec. Max.		120.00	43.80	40.00	33.00	15.00	9.50	20.50	21.30	26.10	25.00	32.00	40.00	236.40
Prec. Min.		13.80	14.20	11.80	2.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.50	1.60	2.70	7.20	126.60

CUADRO 24 Estación de Estudio La Angostura

Nº REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	31.4	25.8	21.0	7.3	2.6	0.0	0.0	19.1	20.4	3.1	21.3	31.0	183.00
2	1998	36.0	40.9	22.5	5.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6.8	13.4	30.6	156.40
3	1999	25.9	20.0	14.9	8.9	5.2	0.0	0.0	0.0	16.0	8.4	16.4	39.0	154.70
4	2000	25.9	28.9	31.4	2.7	12.0	2.5	0.5	7.0	2.2	27.9	15.2	21.1	177.30
5	2001	49.3	36.0	26.2	25.2	10.2	0.1	17.6	4.3	6.2	3.9	3.3	39.9	222.20
6	2002	17.0	29.8	36.4	15.6	3.4	3.2	14.9	1.7	5.6	11.5	14.8	37.5	191.36
7	2003	19.7	27.7	30.6	7.0	4.4	4.5	0.0	1.3	13.2	14.8	17.0	31.5	171.70
8	2004	26.1	22.9	20.4	18.8	1.1	3.1	14.3	9.8	5.2	3.8	4.6	20.9	151.00
9	2005	20.8	28.9	32.2	17.9	0.2	0.0	0.0	0.4	4.2	8.2	14.6	24.8	152.19
10	2006	30.2	35.5	23.6	10.0	1.3	3.1	0.0	0.6	9.1	37.5	17.5	20.6	189.00
11	2007	22.6	24.6	24.2	8.2	3.0	0.0	2.3	0.0	4.4	10.5	17.9	21.8	139.46
12	2008	34.3	21.6	20.3	0.7	0.9	0.0	0.8	0.0	0.0	11.9	2.3	26.0	118.80
13	2009	27.0	21.3	24.9	29.2	10.0	0.0	14.2	0.0	6.8	5.5	13.4	9.4	161.70
14	2010	26.9	33.2	15.2	9.6	2.2	0.0	0.4	0.0	1.7	13.9	2.6	16.1	121.80
15	2011	29.2	28.7	17.9	31.7	3.5	0.0	3.5	6.8	4.6	5.0	12.5	24.0	167.40
16	2012	21.2	31.2	28.3	16.3	1.3	0.9	0.3	0.0	32.0	5.2	7.5	20.9	165.10
17	2013	25.9	24.3	36.7	1.0	3.3	8.8	1.2	9.3	0.2	17.7	21.6	16.2	166.20
18	2014	30.8	14.2	21.7	19.3	1.0	0.0	5.4	0.8	23.9	3.0	31.5	10.4	162.00
19	2015	34.9	55.1	28.5	16.9	5.3	0.0	8.4	17.4	14.9	10.6	19.2	14.7	225.90
20	2016	7.1	24.9	35.5	11.8	3.4	9.4	3.8	6.8	0.0	10.8	9.6	19.7	142.85
Nº Datos		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Media		27.11	28.78	25.62	13.17	3.72	1.83	4.38	4.26	8.53	11.00	13.81	23.80	166.00
Desv. Estandar		8.55	8.76	6.67	8.84	3.40	2.92	6.02	5.86	8.89	8.64	7.34	8.84	27.59
Coef. Variacion		31.53	30.44	26.04	67.11	91.56	159.36	137.44	137.43	104.17	78.52	53.11	37.12	16.62
Prec. Max.		49.30	55.10	36.70	31.70	12.00	9.40	17.60	19.10	32.00	37.50	31.50	39.90	225.90
Prec. Min.		7.10	14.20	14.90	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.30	9.40	118.80

3. Se obtienen los Factores de Corrección Altitudinal y de Influencia Geográfica

a. Factores de Corrección Altitudinal:

- Este factor proviene de la relación entre la Precipitación media de la Estación de Estudio y la Precipitación de las estaciones base.

$$a_1 = \frac{P_{La\ Angostura}}{P_{Porpera}}$$

$$a_1 = 1.57$$

Donde:

a_1 : factor de correlación Altitudinal para Estación La Angostura

b. Factores de Influencia Geográfica

- Este factor proviene de la distancia entre la latitud y longitud de la Estación de estudio y la latitud y longitud de las estaciones base.

$$D = \sqrt{(D_{Lat\ base} - D_{Lat\ est})^2 + (D_{Lon\ base} - D_{Lon\ est})^2}$$

- Seguidamente se calcula los factores de Influencia geográfica dividiendo el valor de 1/D entre la SUMA TOTAL 1/D PARA LA Estación de Estudio en relación a las Estaciones Base.

c. Se calcula la Ecuación de Precipitación de la Estación de Estudio en función a las Estaciones Base:

- Multiplicamos el Factor de Corrección Altitudinal (a_i) con su respectivo Factor de Influencia Geográfica (b_i) del CUADRO 25 Factores de Corrección Altitudinal y de .

ECUACIÓN DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ESTUDIO EN FUNCIÓN DE LAS ESTACION BASE

$E_{e1} =$	0.647	$\times E_{b1}$	+	1.023	$\times E_{b2}$
------------	-------	-----------------	---	-------	-----------------

Donde :

- ✓ E_{e1} : Estación de Estudio La Angostura
- ✓ E_{b1} : Estación Base Porpera
- ✓ E_{b2} : Estación Base Tisco

CUADRO 25 Factores de Corrección Altitudinal y de Influencia Geográfica

ESTACION BASE	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac.Media	FACTORES CORRECCION ALTITUDINAL (ai)	FACTOR INFLUENCIA GEOGRAFICA (bi)
	°	'	"		°	'	"				La Angostura	La Angostura
PORPERA	15	21	0	15.350	71	19	0	71.317	4,195.00	184.01	1.57	0.41
TISCO	15	21	0	15.350	71	27	0	71.450	4,175.00	166.17	1.74	0.59

CUADRO 26 Estación de Estudio

ESTACION DE ESTUDIO	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac.Media
	°	'	"		°	'	"			
La Angostura	15	10	57	15.183	71	39	4	71.651	4,230.00	289.08

CUADRO 27 Factores de Influencia Geográfica

ESTACIONES	La Angostura	
	D	1/D
PORPERA	0.374	2.673
TISCO	0.262	3.820
DISTANCIA TOTAL		6.493

- d. Al obtener la Ecuación de Precipitación de la Estacion de Estudio en función de las Estaciones Base, se puede extender hasta obtener la misma cantidad de datos ó Registro anual de la Estaciones Base, es decir 21 años (1997 - 2017) de Registro de Precipitaciones Máximas de 24 horas.

CUADRO 28 Registro extendido Estación La Angostura

Nº REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	31.4	25.8	21.0	7.3	2.6	0.0	0.0	19.1	20.4	3.1	21.3	31.0	183.00
2	1998	36.0	40.9	22.5	5.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6.8	13.4	30.6	156.40
3	1999	25.9	20.0	14.9	8.9	5.2	0.0	0.0	0.0	16.0	8.4	16.4	39.0	154.70
4	2000	25.9	28.9	31.4	2.7	12.0	2.5	0.5	7.0	2.2	27.9	15.2	21.1	177.30
5	2001	49.3	36.0	26.2	25.2	10.2	0.1	17.6	4.3	6.2	3.9	3.3	39.9	222.20
6	2002	17.0	29.8	36.4	15.6	3.4	3.2	14.9	1.7	5.6	11.5	14.8	37.5	191.36
7	2003	19.7	27.7	30.6	7.0	4.4	4.5	0.0	1.3	13.2	14.8	17.0	31.5	171.70
8	2004	26.1	22.9	20.4	18.8	1.1	3.1	14.3	9.8	5.2	3.8	4.6	20.9	151.00
9	2005	20.8	28.9	32.2	17.9	0.2	0.0	0.0	0.4	4.2	8.2	14.6	24.8	152.19
10	2006	30.2	35.5	23.6	10.0	1.3	3.1	0.0	0.6	9.1	37.5	17.5	20.6	189.00
11	2007	22.6	24.6	24.2	8.2	3.0	0.0	2.3	0.0	4.4	10.5	17.9	21.8	139.46
12	2008	34.3	21.6	20.3	0.7	0.9	0.0	0.8	0.0	0.0	11.9	2.3	26.0	118.80
13	2009	27.0	21.3	24.9	29.2	10.0	0.0	14.2	0.0	6.8	5.5	13.4	9.4	161.70
14	2010	26.9	33.2	15.2	9.6	2.2	0.0	0.4	0.0	1.7	13.9	2.6	16.1	121.80
15	2011	29.2	28.7	17.9	31.7	3.5	0.0	3.5	6.8	4.6	5.0	12.5	24.0	167.40
16	2012	21.2	31.2	28.3	16.3	1.3	0.9	0.3	0.0	32.0	5.2	7.5	20.9	165.10
17	2013	25.9	24.3	36.7	1.0	3.3	8.8	1.2	9.3	0.2	17.7	21.6	16.2	166.20
18	2014	30.8	14.2	21.7	19.3	1.0	0.0	5.4	0.8	23.9	3.0	31.5	10.4	162.00
19	2015	34.9	55.1	28.5	16.9	5.3	0.0	8.4	17.4	14.9	10.6	19.2	14.7	225.90
20	2016	7.1	24.9	35.5	11.8	3.4	9.4	3.8	6.8	0.0	10.8	9.6	19.7	142.85
21	2017	56.8	60.0	45.4	17.5	13.8	0.7	5.6	0.0	19.1	19.6	22.6	43.3	304.59
Nº Datos		21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21
Media		25.82	27.40	24.40	12.54	3.54	1.74	4.17	4.06	8.12	10.48	13.15	22.67	158.10
Desv. Estandar		8.55	8.76	6.67	8.84	3.40	2.92	6.02	5.86	8.89	8.64	7.34	8.84	27.59
Coef. Variacion		33.10	31.96	27.34	70.47	96.13	167.32	144.31	144.30	109.38	82.45	55.77	38.97	17.45
Prec. Max.		49.30	55.10	36.70	31.70	12.00	9.40	17.60	19.10	32.00	37.50	31.50	39.90	225.90

Ahora la Estación de Estudio La Angostura se encuentra con el Registro completo entre los años 1997– 2017 (21 años), es recomendable dar una iteración para hallar una nueva Ecuación de Precipitación de la Estación de Estudio en función de la Estaciones Base, debido a que la primera Ecuación fue obtenida con valores de Precipitación Media Máxima de 24 horas con registro de 20 años, en esta nueva Ecuación se estarán considerando los valores de Precipitación Media Máxima de 24 horas para todas las Estaciones con una muestra completa y uniforme de 21 años

CUADRO 29 Estación de Estudio

ESTACION DE ESTUDIO	Latitud				Longitud				Altitud Media	Precipitac.Media
	°	'	''		°	'	''			
La Angostura	15	10	57	15.183	71	39	4	71.651	4,230.00	158.10

CUADRO 30 Estaciones Base

ESTACIONES	La Angostura	
	D	1/D
PORPERA	0.374	2.673
TISCO	0.262	3.820
DISTANCIA TOTAL		6.493

ECUACIÓN DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ESTUDIO
EN FUNCIÓN DE LAS ESTACION BASE

Ee1=	0.354	X Eb 1	+	0.560	X Eb 2
------	-------	--------	---	-------	--------

Donde :

- ✓ Ee 1 : Estación de Estudio La Angostura
- ✓ Eb 1 : Estación Base Porpera
- ✓ Eb 2 : Estación Base Tisco



CUADRO 31 Registro Completo Precipitaciones Máximas 24 h Estación Porpera

Nº REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	27.80	27.80	42.30	13.00	10.10	0.00	0.40	9.00	23.30	14.70	33.10	39.60	241.10
2	1998	30.20	28.80	27.80	18.30	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	10.10	36.90	22.70	176.40
3	1999	69.90	43.70	88.30	22.10	3.60	0.00	0.00	0.00	17.50	33.60	18.70	18.60	316.00
4	2000	38.80	25.40	23.80	3.30	11.20	5.30	0.20	5.80	1.60	37.70	2.10	18.60	173.80
5	2001	23.80	30.10	16.10	29.00	17.80	3.50	13.50	9.00	3.50	4.80	8.70	14.80	174.60
6	2002	20.20	31.30	25.30	19.20	13.00	5.50	14.40	1.50	7.70	13.70	27.20	21.00	200.00
7	2003	20.70	37.00	26.20	7.80	3.50	5.70	0.00	2.20	10.70	10.40	7.70	29.40	161.30
8	2004	27.70	31.50	26.50	24.30	0.00	0.00	5.90	13.10	6.80	4.21	6.30	14.20	160.51
9	2005	23.20	28.10	35.44	14.60	0.00	0.00	0.00	3.60	6.24	9.60	9.90	12.60	143.29
10	2006	32.27	27.90	20.80	16.10	6.30	0.00	0.00	1.70	9.80	15.20	27.80	38.90	196.77
11	2007	28.40	36.10	19.70	14.90	4.60	0.50	5.10	0.00	14.30	25.60	17.20	14.80	181.20
12	2008	30.60	37.80	19.20	0.70	2.40	0.40	1.30	0.00	6.10	9.60	2.10	16.70	126.90
13	2009	15.00	29.20	24.90	35.20	0.00	0.00	12.80	2.80	17.70	7.10	14.90	12.30	171.90
14	2010	29.40	25.00	11.60	14.00	6.30	1.50	1.00	2.80	6.40	12.10	5.90	22.40	138.40
15	2011	38.00	44.70	26.00	32.80	2.90	0.00	6.30	1.80	2.10	6.50	19.60	36.00	216.70
16	2012	60.70	30.10	24.60	28.70	8.40	0.00	0.00	1.50	18.30	16.70	10.20	20.60	219.80
17	2013	20.00	24.90	32.00	2.00	5.40	5.30	2.30	8.10	0.50	19.00	23.60	20.00	163.10
18	2014	37.00	17.20	21.20	13.80	1.20	0.00	5.60	1.00	33.30	6.60	8.50	17.20	162.60
19	2015	40.40	33.30	21.60	14.90	6.80	0.00	7.04	13.60	12.10	12.80	23.10	17.50	203.14
20	2016	16.80	72.30	12.00	13.80	3.20	5.80	5.80	0.80	0.00	14.70	4.80	13.00	163.00
21	2017	30.90	25.40	24.80	12.80	10.10	0.00	5.40	0.00	11.00	13.60	14.10	25.50	173.60
Nº Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		31.51	32.74	27.15	16.73	5.56	1.67	4.14	3.73	9.95	14.21	15.35	21.26	184.01
Desv. Estandar		13.36	11.11	15.68	9.45	4.81	2.39	4.72	4.31	8.52	8.73	10.19	8.30	41.07
Coef. Variacion		42.40	33.93	57.74	56.51	86.53	142.93	113.82	115.61	85.63	61.48	66.38	39.03	22.32
Prec. Max.		69.90	72.30	88.30	35.20	17.80	5.80	14.40	13.60	33.30	37.70	36.90	39.60	316.00
Prec. Min.		15.00	17.20	11.60	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.21	2.10	12.30	126.90

CUADRO 32 Registro Completo de Precipitaciones Máximas 24 h - Estación Tisco

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	25.7	29.6	19.2	11.7	8.6	0.0	0.0	6.8	19.1	4.0	32.0	20.0	176.74
2	1998	120.0	36.9	25.5	8.0	0.5	1.8	0.0	0.7	0.5	3.1	20.2	19.2	236.40
3	1999	39.3	43.8	40.0	7.1	5.6	0.0	1.2	0.5	7.7	18.5	9.6	17.0	190.30
4	2000	24.5	32.2	23.6	4.4	15.0	6.0	0.3	2.5	1.2	25.0	8.8	19.0	162.50
5	2001	25.5	31.5	22.5	33.0	10.0	3.5	11.0	5.2	2.5	5.4	4.4	9.2	163.70
6	2002	16.2	39.2	35.6	16.0	5.0	3.0	20.5	0.3	6.5	11.9	25.0	18.8	197.99
7	2003	24.5	31.4	28.5	11.6	3.5	1.5	2.5	2.5	6.0	7.9	6.7	19.5	146.12
8	2004	28.6	30.6	19.2	16.5	1.3	0.2	14.1	5.0	5.9	1.6	2.7	13.2	138.89
9	2005	18.1	29.5	29.7	17.0	0.3	0.0	0.0	0.7	11.5	5.3	7.7	18.0	137.80
10	2006	35.3	34.6	22.0	10.0	4.2	3.5	0.0	3.5	14.3	22.6	16.2	19.4	185.65
11	2007	27.5	22.4	22.2	7.4	5.0	0.0	5.8	0.7	3.5	8.2	6.7	20.5	129.89
12	2008	44.0	37.8	24.7	2.7	1.8	2.6	0.0	0.6	1.0	9.0	3.2	13.7	141.10
13	2009	13.8	20.0	27.6	30.7	2.0	0.0	10.2	2.4	10.0	6.0	8.0	10.6	141.30
14	2010	24.0	14.2	12.9	15.3	1.5	2.0	2.2	3.3	4.9	9.0	11.7	25.6	126.60
15	2011	27.0	32.0	16.0	29.0	2.3	0.0	12.0	3.0	6.0	4.5	23.0	40.0	194.80
16	2012	60.7	36.0	19.3	22.0	6.5	1.6	1.2	1.5	22.0	13.7	4.5	30.7	219.70
17	2013	18.0	27.0	27.0	6.5	7.0	9.5	5.0	6.7	3.7	12.0	16.5	16.3	155.20
18	2014	43.7	17.1	17.2	9.0	1.6	0.0	5.1	3.5	26.1	12.2	10.5	14.1	160.10
19	2015	20.5	28.2	16.0	24.1	5.9	0.5	8.5	21.3	4.8	12.5	14.5	7.2	163.96
20	2016	18.5	28.1	11.8	16.5	2.7	6.0	4.6	1.0	2.0	10.2	4.8	26.8	133.01
21	2017	36.0	42.6	28.7	9.0	7.1	0.7	2.1	0.0	11.7	10.6	13.2	26.2	187.90
N° Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		32.93	30.70	23.29	14.64	4.64	2.02	5.06	3.41	8.14	10.15	11.90	19.29	166.17
Desv. Estandar		22.93	7.72	7.08	8.75	3.62	2.57	5.68	4.58	7.10	6.09	7.88	7.55	30.44
Coef. Variacion		69.63	25.15	30.41	59.72	77.98	127.27	112.37	134.32	87.22	59.97	66.17	39.15	18.32
Prec. Max.		120.00	43.80	40.00	33.00	15.00	9.50	20.50	21.30	26.10	25.00	32.00	40.00	236.40

CUADRO 33 Registro Completo de Precipitaciones Maximas 24 h - Estación La Angostura

Nº REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1997	31.4	25.8	21.0	7.3	2.6	0.0	0.0	19.1	20.4	3.1	21.3	31.0	183.00
2	1998	36.0	40.9	22.5	5.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	6.8	13.4	30.6	156.40
3	1999	25.9	20.0	14.9	8.9	5.2	0.0	0.0	0.0	16.0	8.4	16.4	39.0	154.70
4	2000	25.9	28.9	31.4	2.7	12.0	2.5	0.5	7.0	2.2	27.9	15.2	21.1	177.30
5	2001	49.3	36.0	26.2	25.2	10.2	0.1	17.6	4.3	6.2	3.9	3.3	39.9	222.20
6	2002	17.0	29.8	36.4	15.6	3.4	3.2	14.9	1.7	5.6	11.5	14.8	37.5	191.36
7	2003	19.7	27.7	30.6	7.0	4.4	4.5	0.0	1.3	13.2	14.8	17.0	31.5	171.70
8	2004	26.1	22.9	20.4	18.8	1.1	3.1	14.3	9.8	5.2	3.8	4.6	20.9	151.00
9	2005	20.8	28.9	32.2	17.9	0.2	0.0	0.0	0.4	4.2	8.2	14.6	24.8	152.19
10	2006	30.2	35.5	23.6	10.0	1.3	3.1	0.0	0.6	9.1	37.5	17.5	20.6	189.00
11	2007	22.6	24.6	24.2	8.2	3.0	0.0	2.3	0.0	4.4	10.5	17.9	21.8	139.46
12	2008	34.3	21.6	20.3	0.7	0.9	0.0	0.8	0.0	0.0	11.9	2.3	26.0	118.80
13	2009	27.0	21.3	24.9	29.2	10.0	0.0	14.2	0.0	6.8	5.5	13.4	9.4	161.70
14	2010	26.9	33.2	15.2	9.6	2.2	0.0	0.4	0.0	1.7	13.9	2.6	16.1	121.80
15	2011	29.2	28.7	17.9	31.7	3.5	0.0	3.5	6.8	4.6	5.0	12.5	24.0	167.40
16	2012	21.2	31.2	28.3	16.3	1.3	0.9	0.3	0.0	32.0	5.2	7.5	20.9	165.10
17	2013	25.9	24.3	36.7	1.0	3.3	8.8	1.2	9.3	0.2	17.7	21.6	16.2	166.20
18	2014	30.8	14.2	21.7	19.3	1.0	0.0	5.4	0.8	23.9	3.0	31.5	10.4	162.00
19	2015	34.9	55.1	28.5	16.9	5.3	0.0	8.4	17.4	14.9	10.6	19.2	14.7	225.90
20	2016	7.1	24.9	35.5	11.8	3.4	9.4	3.8	6.8	0.0	10.8	9.6	19.7	142.85
21	2017	31.1	32.8	24.8	9.6	7.5	0.4	3.1	0.0	10.4	10.7	12.4	23.7	166.58
Nº Datos		21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21
Media		25.82	27.40	24.40	12.54	3.54	1.74	4.17	4.06	8.12	10.48	13.15	22.67	158.10
Desv. Estandar		8.55	8.76	6.67	8.84	3.40	2.92	6.02	5.86	8.89	8.64	7.34	8.84	27.59
Coef. Variacion		33.10	31.96	27.34	70.47	96.13	167.32	144.31	144.30	109.38	82.45	55.77	38.97	17.45
Prec. Max.		49.30	55.10	36.70	31.70	12.00	9.40	17.60	19.10	32.00	37.50	31.50	39.90	225.90

4.2.2.5. Análisis de Consistencia

Después de haber realizado los cálculos para tener los registros completos y extendidos de las Estaciones Meteorológicas Porpera, Tisco y La Angostura, se procederá a realizar un análisis que verifique la confiabilidad de toda la información, a este proceso se le conoce con el nombre de Análisis de Consistencia.

La inconsistencia y no Homogeneidad de una serie Hidrológica deben ser identificados, eliminados y ajustadas a las condiciones futuras, porque pueden introducir errores en la serie.

La Inconsistencia son errores sistemáticos que se presentan como saltos y tendencias en las serie maestras, los saltos son formas determinísticas que permiten a una serie hidrológica periódica o no periódica , pasar de un estado a otro como respuesta a cambios hechos por el hombre o cambios continuos, mientras que las tendencias son componentes determinísticas transitorias , que se definen como un cambio, sistemático y continuo, sobre una muestra de información hidrometeorológica en cualquier parámetro de la misma que afecta distribuciones y dependencias de las series.

El Análisis de Consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

4.2.2.5.1. Análisis Gráfico

Se grafica los datos de precipitación con el fin de identificar saltos y/o tendencias y determinar el período en el cual la información es dudosa.

Ilustración 24 Análisis Gráfico - Porpera

Análisis Gráfico - Porpera

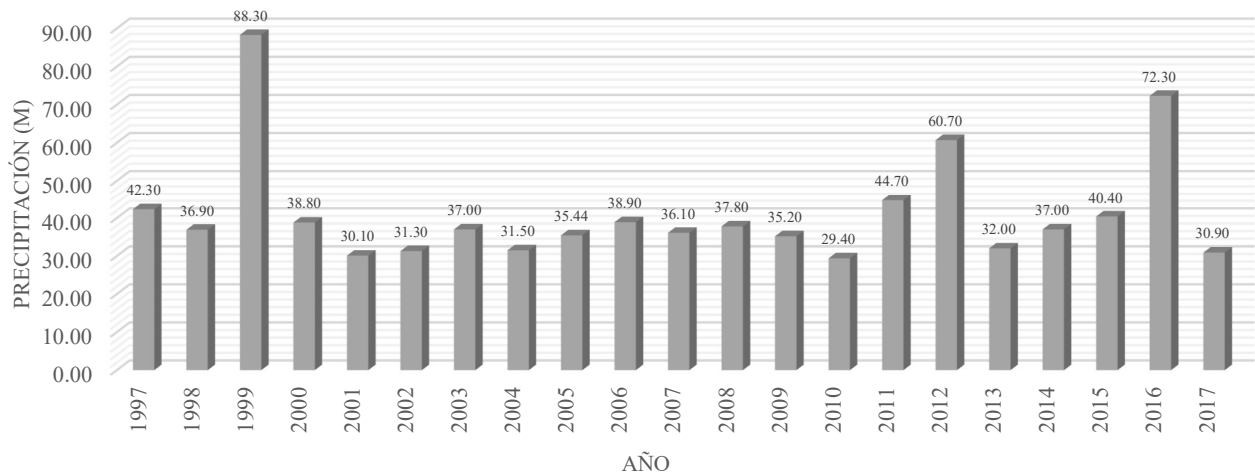


Ilustración 23 Análisis Gráfico - Tisco

Análisis Gráfico - Tisco

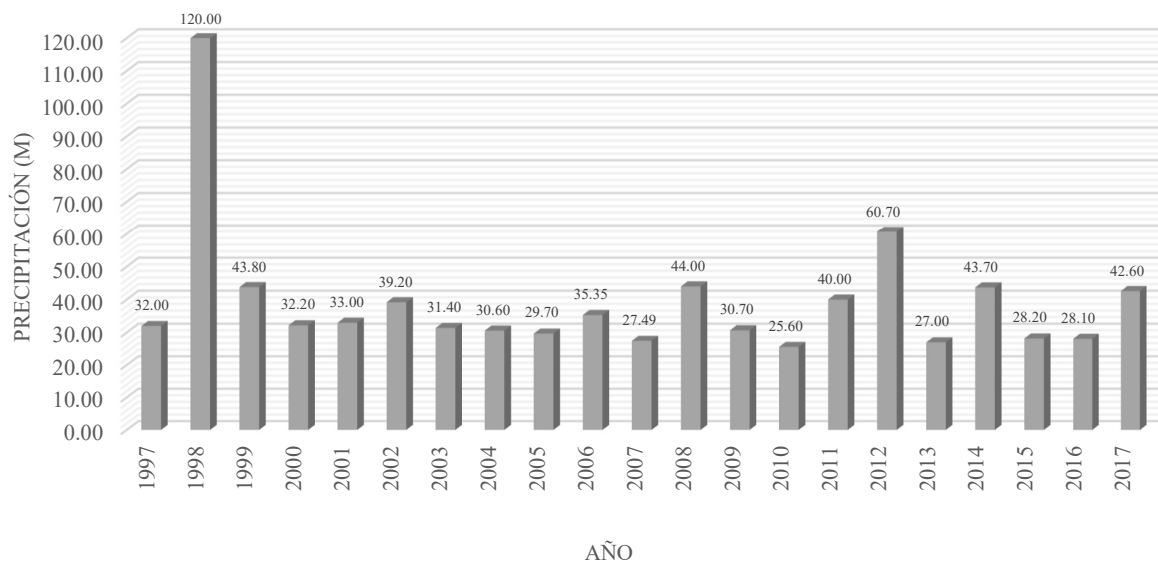
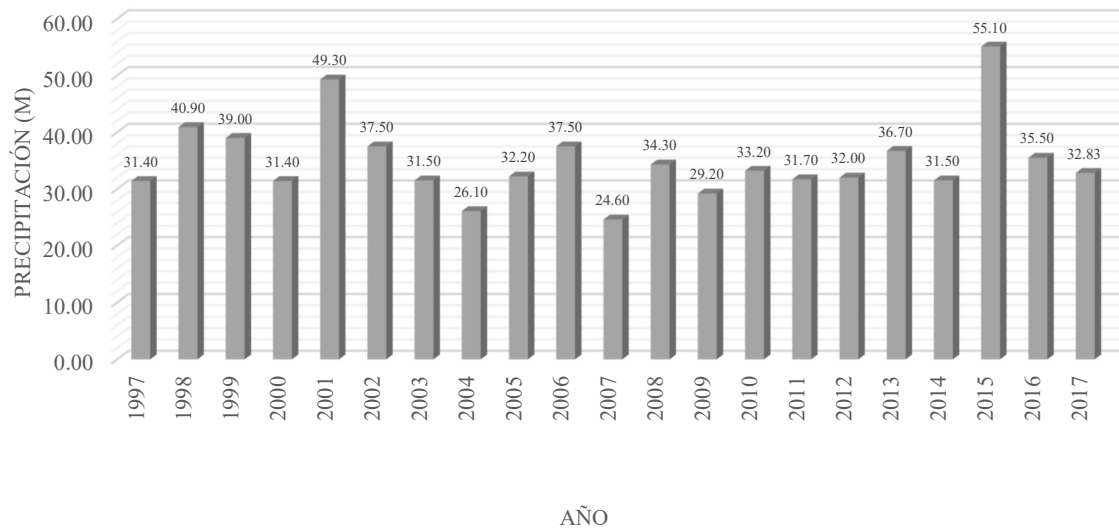


Ilustración 25 Análisis Gráfico - La Angostura

Análisis Gráfico - La Angostura



A continuación, se presenta un cuadro en el cual se tiene los eventos climatológicos extremos de cada una de las estaciones meteorológicas:

CUADRO 34 Eventos Climatológicos Extraordinarios

ESTACIÓN	AÑO	P máx 24h (m)
PORPERA	1999	88.30
TISCO	1998	120.00
La Angostura	2015	55.10

4.2.2.5.2. Análisis de Consistencia (Curva Doble Masa)

Este análisis es la forma más usual de detectar periodos donde se han producido posibles errores, los cuales se observan en forma de quiebres en la pendiente de la curva doble másica (Chereque, 2005)

Esta curva se construye llevando a un sistema de coordenadas cartesianas los valores acumulados todas las Estaciones Meteorológicas Porpera, Tisco y La Angostura (eje de coordenadas), contra los valores acumulados anuales de cada una de las estaciones.

4.2.2.5.2.1. Procedimiento

- I. Agrupar las estaciones en grupos, en este caso las tres estaciones de estudio.
- II. Se calcula los volúmenes acumulados anuales para cada estación y el promedio acumulado anuales de las estaciones agrupadas.
- III. Se plotea en el eje de las abscisas el promedio anual acumulado de la precipitación de la información de las estaciones y, en el eje de las ordenadas la precipitación anual acumulada de cada una de las estaciones del grupo de análisis.
- IV. De las curvas de Doble Masa obtenidas en el paso anterior, se selecciona la que tenga menos puntos de quiebre, es decir que se muestre más uniforme, la que es considerada como la mas confiable. La curva obtenida para la estación más

confiable sirve también para detectar sus periodos dudosos y confiables, para su posterior análisis.

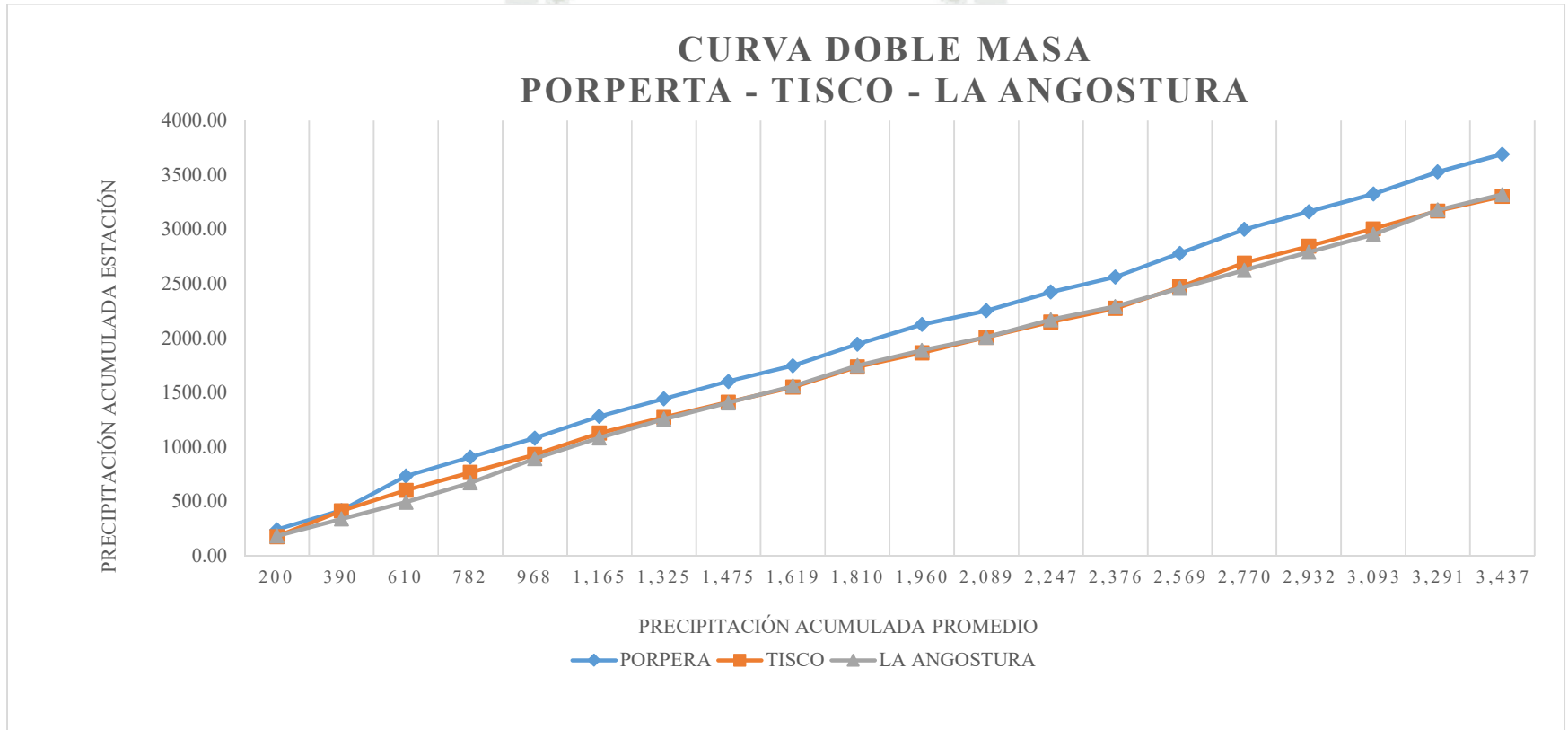
- V. La estación escogida en el paso anterior como la mas confiable, se plotea en el eje de las abscisas, y las otras estaciones se plotean en el eje de las ordenadas.

En los gráficos obtenidos se determinan lo periodos dudosos y los periodos confiables. (Mijares, 2015)

CUADRO 35 Datos Análisis de Doble Masa

ANÁLISIS DE DOBLE MASA							
AÑO	PORPERA		TISCO		LA ANGOSTURA		Precipitación acumulada promedio
	PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		
	ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	
1997	241.10	241.10	176.74	176.74	183.00	183.00	200.28
1998	176.40	417.50	236.40	413.14	156.40	339.40	390.01
1999	316.00	733.50	190.30	603.44	154.70	494.10	610.35
2000	173.80	907.30	162.50	765.94	177.30	671.40	781.55
2001	174.60	1081.90	163.70	929.64	222.20	893.60	968.38
2002	200.00	1281.90	197.99	1127.63	191.36	1084.96	1164.83
2003	161.30	1443.20	146.12	1273.75	171.70	1256.66	1324.54
2004	160.51	1603.71	138.89	1412.63	151.00	1407.66	1474.67
2005	143.29	1747.00	137.80	1550.43	152.19	1559.85	1619.09
2006	196.77	1943.77	185.65	1736.08	189.00	1748.85	1809.57
2007	181.20	2124.97	129.89	1865.97	139.46	1888.32	1959.75
2008	126.90	2251.87	141.10	2007.07	118.80	2007.12	2088.69
2009	171.90	2423.77	141.30	2148.37	161.70	2168.82	2246.99
2010	138.40	2562.17	126.60	2274.97	121.80	2290.62	2375.92
2011	216.70	2778.87	194.80	2469.77	167.40	2458.02	2568.89
2012	219.80	2998.67	219.70	2689.47	165.10	2623.12	2770.42
2013	163.10	3161.77	155.20	2844.67	166.20	2789.32	2931.92
2014	162.60	3324.37	160.10	3004.77	162.00	2951.32	3093.49
2015	203.14	3527.52	163.96	3168.73	225.90	3177.22	3291.15
2016	163.00	3690.52	133.01	3301.73	142.85	3320.06	3437.44
2017	173.60	3864.12	187.90	3489.63	166.58	3486.64	3613.46

Ilustración 26 Curva de Doble Masa



De las curvas de doble masa se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, en el figura anterior, podemos citar a la Estación Meteorológica La Angostura es la que presenta menos quiebres, esta estación se usa como estación base para el nuevo diagrama de doble masa, es decir se vuelve a graficar el diagrama de doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el de las ordenadas la estaciones restantes en estudio, como se muestra en la siguiente figura:

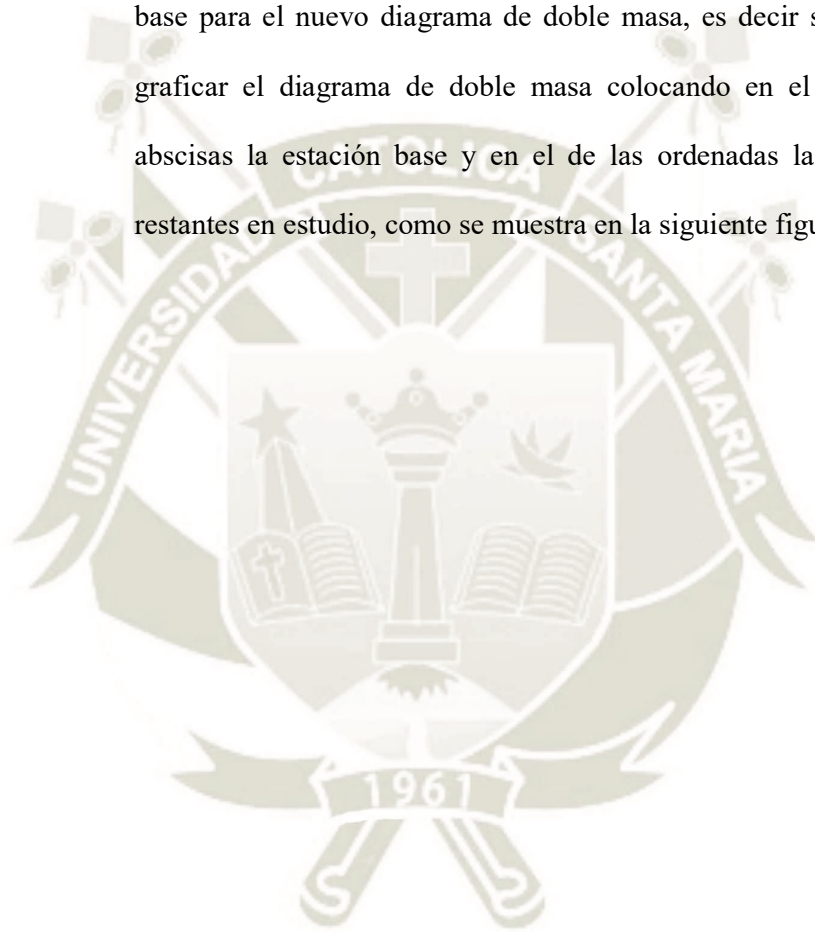
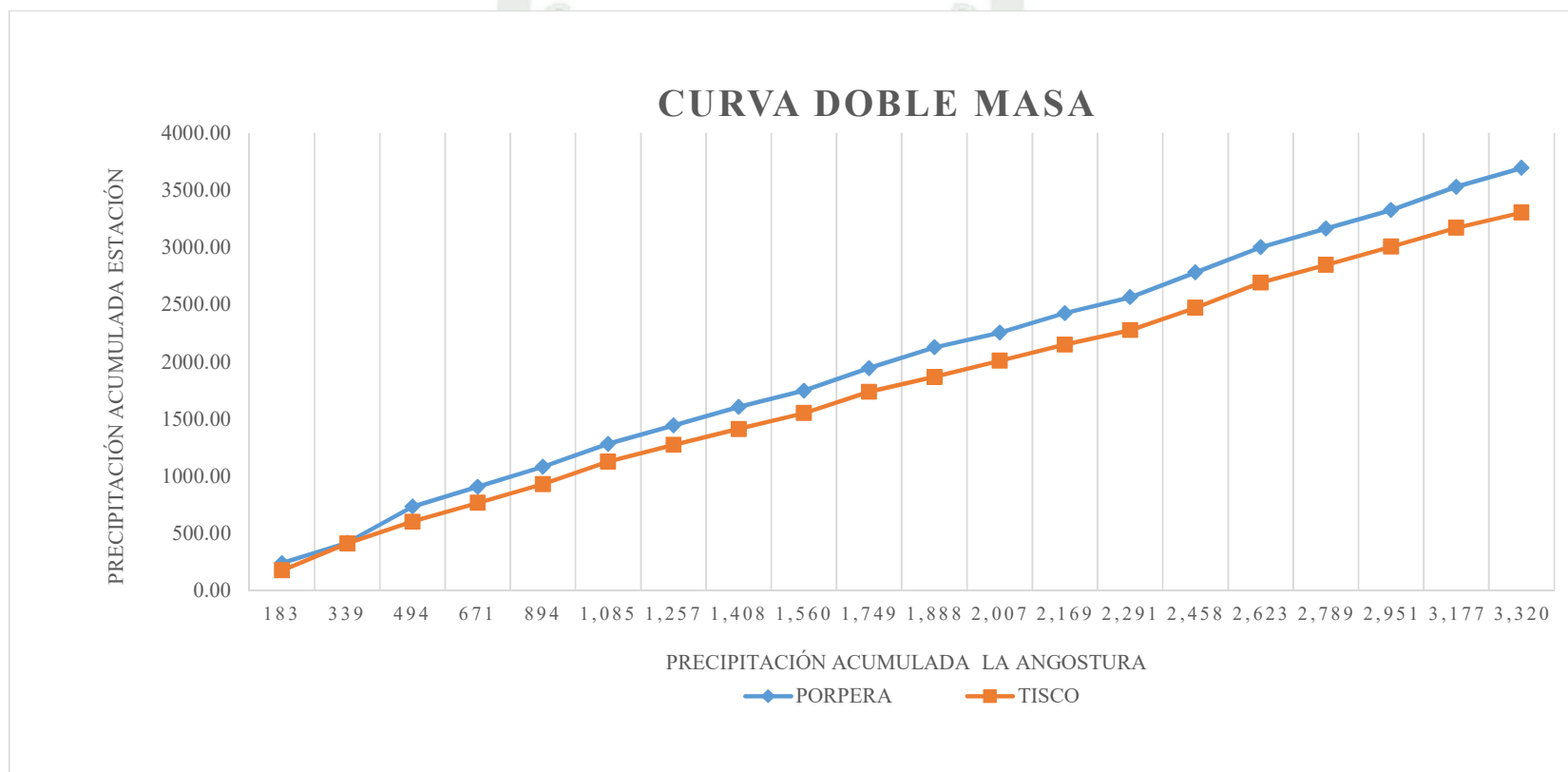


Ilustración 27 Curva Doble Masa - Estación Base La Angostura



Esta última figura nos permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para las Estaciones de: Porpera y Tisco, se deberá corregir si se presentan datos dudosos ó la no homogeneidad de los datos de la información pluviométrica, utilizando los criterios de Análisis de Datos Dudosos y Análisis de Homogeneidad.

CUADRO 36 Períodos Dudosos y confiables Estaciones

ESTACION	PERIODO	
	Dudoso	Confiable
PORPERA	1997-1998	1999-2017
TISCO	1997-2002	2002-2017
LA ANGOSTURA	1997-2000	2001-2017

4.2.2.5.3. Análisis de Datos Dudosos

El método del WATER RESOURCES COUNCIL recomienda la realización de ajustes de datos dudosos. Los datos dudosos (outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención ó eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información.

Se pueden presentar datos dudosos altos cuando sean valores mayores al umbral de dato dudoso alto obtenido y datos dudosos bajos cuando sean valores menores al umbral de dato dudoso bajo también obtenido.

Estos datos dudosos altos y bajos representan a la información histórica de precipitaciones que contienen información de eventos inusualmente extremos, fuera del registro sistemático.

De acuerdo con el Water Resources Council (1981), si existen datos dudosos altos y/o bajos deben ser tratados como información histórica de precipitaciones y deben ser excluidos del análisis hidrológico. (Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays, 1994)

Ecuación 12 Ecuación de Frecuencia para detectar datos dudosos altos

$$Y_H = \bar{Y} + K_n * S_Y$$

Donde:

Y_H : Umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas.

\bar{Y} : Promedio de los logaritmos de las precipitaciones.

K_n : Dato de la TABLA para un tamaño de muestra n.

S_Y : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

Ecuación 13 Umbral de dato dudoso alto

$$Q_H = 10^{Y_H}$$

Ecuación 14 Ecuación de Frecuencia para detectar datos dudosos bajos

$$Y_L = \bar{Y} - K_n * S_Y$$

Donde:

Y_L : Umbral de dato dudoso bajo en unidades logarítmicas.

Ecuación 15 Umbral de dato dudoso bajo

$$Q_L = 10^{Y_L}$$

Ecuación 16 Coeficiente de Asimetría

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)S_y^3}$$

Tabla 1 Valores Kn - Prueba de datos dudosos

Tamaño de la Muestra	Kn
10	2.036
11	2.088
12	2.134
13	2.175
14	2.213
15	2.247
16	2.279
17	2.309
18	2.335
19	2.361
20	2.385
21	2.408
22	2.429
23	2.448
24	2.467
25	2.486
26	2.502
27	2.519
28	2.534
29	2.549
30	2.563
31	2.577
32	2.591
33	2.604
34	2.616
35	2.628
36	2.639

CUADRO 37 Datos - Análisis de Datos Dudosos

ITEM	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS ANUAL								
		ESTACIÓN METEOROLÓGICA								
		PORPERA			TISCO			La Angostura		
		P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$	P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$	P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$
1	1997	42.30	1.63	0.00	32.00	1.51	0.00	31.40	1.50	0.00
2	1998	36.90	1.57	0.00	120.00	2.08	0.14	40.90	1.61	0.00
3	1999	88.30	1.95	0.04	43.80	1.64	0.00	39.00	1.59	0.00
4	2000	38.80	1.59	0.00	32.20	1.51	0.00	31.40	1.50	0.00
5	2001	30.10	1.48	0.00	33.00	1.52	0.00	49.30	1.69	0.00
6	2002	31.30	1.50	0.00	39.20	1.59	0.00	37.50	1.57	0.00
7	2003	37.00	1.57	0.00	31.40	1.50	0.00	31.50	1.50	0.00
8	2004	31.50	1.50	0.00	30.60	1.49	0.00	26.10	1.42	0.00
9	2005	35.44	1.55	0.00	29.70	1.47	0.00	32.20	1.51	0.00
10	2006	38.90	1.59	0.00	35.35	1.55	0.00	37.50	1.57	0.00
11	2007	36.10	1.56	0.00	27.49	1.44	0.00	24.60	1.39	0.00
12	2008	37.80	1.58	0.00	44.00	1.64	0.00	34.30	1.54	0.00
13	2009	35.20	1.55	0.00	30.70	1.49	0.00	29.20	1.47	0.00
14	2010	29.40	1.47	0.00	25.60	1.41	0.00	33.20	1.52	0.00
15	2011	44.70	1.65	0.00	40.00	1.60	0.00	31.70	1.50	0.00
16	2012	60.70	1.78	0.01	60.70	1.78	0.01	32.00	1.51	0.00
17	2013	32.00	1.51	0.00	27.00	1.43	0.00	36.70	1.56	0.00
18	2014	37.00	1.57	0.00	43.70	1.64	0.00	31.50	1.50	0.00
19	2015	40.40	1.61	0.00	28.20	1.45	0.00	55.10	1.74	0.01
20	2016	72.30	1.86	0.02	28.10	1.45	0.00	35.50	1.55	0.00
21	2017	30.90	1.49	0.00	42.60	1.63	0.00	32.83	1.52	0.00

CUADRO 38 Análisis de Datos Dudosos

Variables	ESTACIONES		
	PORPERA	TISCO	La Angostura
N	21	21	21
Y prom	1.60	1.56	1.54
Sy	0.12	0.15	0.08
Cs	1.72	2.21	0.79
Kn	2.41	2.41	2.41
Yh	1.90	1.93	1.73
Yl	1.30	1.20	1.34
Qh	78.60	84.32	53.60
Ql	19.81	15.81	21.99

CUADRO 39 Estaciones Datos dudosos

ESTACIONES	DATO DUDOSO		
	ALTO		BAJO
	AÑO	P máx	
PORPERA	1999	88.30	No hay
TISCO	1998	120.00	No hay
LA ANGOSTURA	No Hay		No hay

4.2.2.5.4. Análisis Estadístico

4.2.2.5.4.1. Consistencia de la Media

El proceso tiene como fin demostrar, por medio de las prueba T de Student, que los valores promedio provienen de una misma población, lo cual será cierto si ambas medias son estadísticamente iguales.

- I. Se calcula la media y desviación estándar tanto del periodo dudoso como del periodo confiable.

Ecuación 17 Media - Periodo Dudoso y confiable

$$X_w = \frac{\sum X_i}{N_w}$$

Ecuación 18 Desviación Estándar del periodo w

$$S_w(X) = \sqrt{\frac{\sum (X - X_w)^2}{N_w - 1}}$$

Donde:

X_w : Media de uno de los periodos

w: Periodo que se calcula

w=1 Periodo Dudoso

w=2 Periodo Confiable

X_i : Dato del Registro mensual

S_w : Desviación Estándar del periodo w

N_w : Tamaño de la muestra del periodo w

- II. Se realiza la prueba de medias, mediante el estadístico T de Student, en el orden siguiente:

- a. Se determina la hipótesis planteada, la hipótesis alternativa y el nivel de significación:

$$H_p: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

Donde:

μ_1, μ_2 : Medias poblacionales

α : Nivel de significación

- b. Para demostrar la hipótesis planteada de que las muestras provienen de la misma población, es decir que la media de ambos periodos son estadísticamente iguales. se obtiene un valor t calculado, y un valor de t de tablas de la forma siguiente:

Ecuación 19 T calculado

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Ecuación 20 Desviación Estándar de los promedios

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}$$

Ecuación 21 Desviación Estándar poderada

$$S_p = \sqrt{\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

El valor de t de tablas (t_t) se obtiene con $\alpha = 0.05$ y $N_1 + N_2 - 2$ grados de libertad.

Para tomar la decisión sobre la consistencia o no de la media m se compara el t calculado con el de tablas:

Si $t_c < t_t$, la media es consistente

Si $t_c > t_t$, la media es inconsistente

4.2.2.5.4.2. Consistencia de la Desviación Estándar

Este análisis se realiza mediante la Prueba F de Fisher:

- I. Se calcula las varianzas, elevando al cuadrado las desviaciones estándar para cada periodo.
- II. Se ensaya las hipótesis, tanto la planteada como la alternativa:

$$H_p: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$$

$$H_a: \sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$$

$$\alpha = 0.05$$

- III. Se calcula el estadístico F_c y se busca el F de tablas:

$$\text{Si } S_1^2 > S_2^2$$

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$\text{Si } S_2^2 > S_1^2$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}$$

El valor de F_t se obtiene con $\alpha = 0.05$, Grados de Libertad del numerador

$N_1 - 1$, y Grados de Libertad del denominador $N_2 - 1$.

Los valores obtenidos se comparan y se demuestran si son o no consistentes en relación a los siguientes criterios:

Si $F_c < F_t$, la muestra es consistente

Si $F_c > F_t$, la muestra es inconsistente

CUADRO 40 Estaciones - Período Dudoso y confiable

ESTACION	PERIODO	
	Dudoso	Confiable
PORPERA	1997-1998	1999-2017
TISCO	1997-2002	2002-2017
LA ANGOSTURA	1997-2000	2001-2017

CUADRO 41 Parámetros Estadísticos

ESTACION	X1 PROM	X2 PROM	n1	n2	S1	S2	S1^2
PORPERA	39.60	41.47	2.00	19.00	3.82	15.59	14.58
TISCO	50.03	35.01	6.00	15.00	34.60	9.57	1196.98
LA ANGOSTURA	35.68	34.75	4.00	17.00	5.00	7.52	24.97

CUADRO 42 Consistencia de Media y Desviación Estándar

ESTACION	Sd	Tc	Tt		Fc	Ft	
PORPERA	11.30	-0.17	2.093	Media Consistente	16.673	4.41	Inconsistente en la Desviación Estándar
TISCO	9.45	1.59	2.093	Media Consistente	13.076	2.96	Inconsistente en la Desviación Estándar
LA ANGOSTURA	3.99	0.23	2.093	Media Consistente	2.2647	3.24	Consistente en la Desviación Estándar

Como se puede apreciar las Estaciones de Porpera y Tisco se produce una inconsistencia en la Desviación Estándar, entonces se realizará una corrección en la Información Pluviométrica.

4.2.2.5.5. Resultados

En el Análisis de Datos Dudosos y Análisis de Homogeneidad se presentó inconsistencia y no homogeneidad en las estaciones en estudio por lo cual es necesario corregir la información pluviométrica correspondiente, excluyendo los Datos dudosos identificados en la sección 4.2.2.5.3 y verificar otra vez la homogeneidad de todo el registro pluviométrico en todas las estaciones en estudio. Para poder realizar estos análisis es necesario realizar una corrección del Análisis Gráfico y Análisis de Doble Masa, este último nos determina los Períodos 1 y 2 de las submuestras con la exclusión de los años de los datos dudosos identificados

A. Análisis Gráfico Corregido

Ilustración 28 Análisis Gráfico Corregido – Porpera



Ilustración 29 Análisis Gráfico Corregido – Tisco

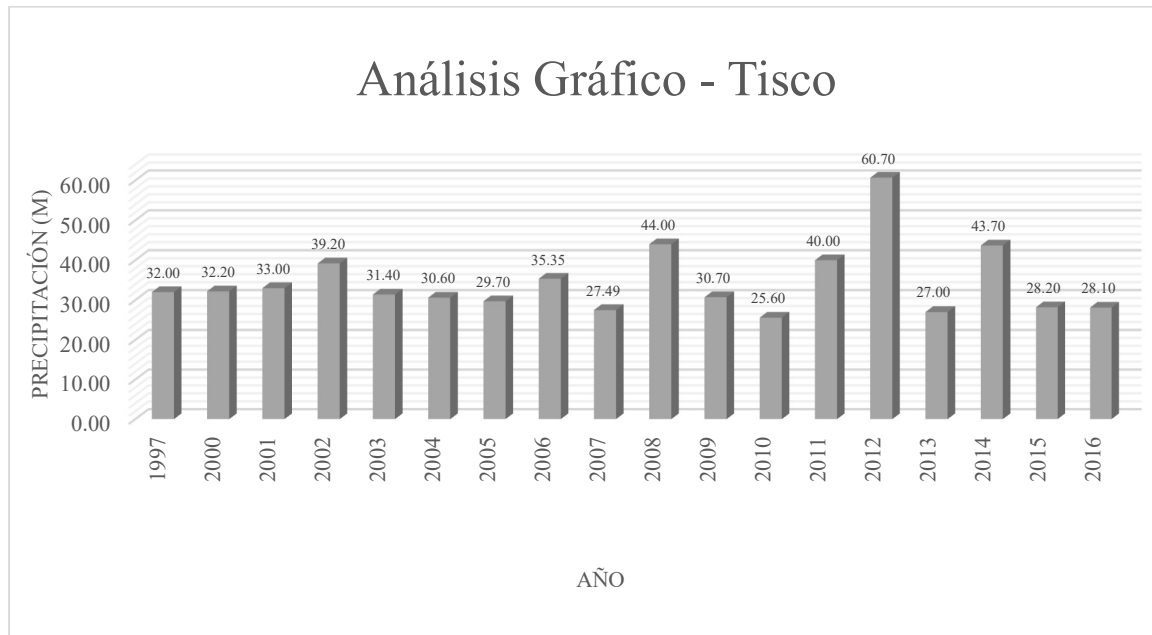
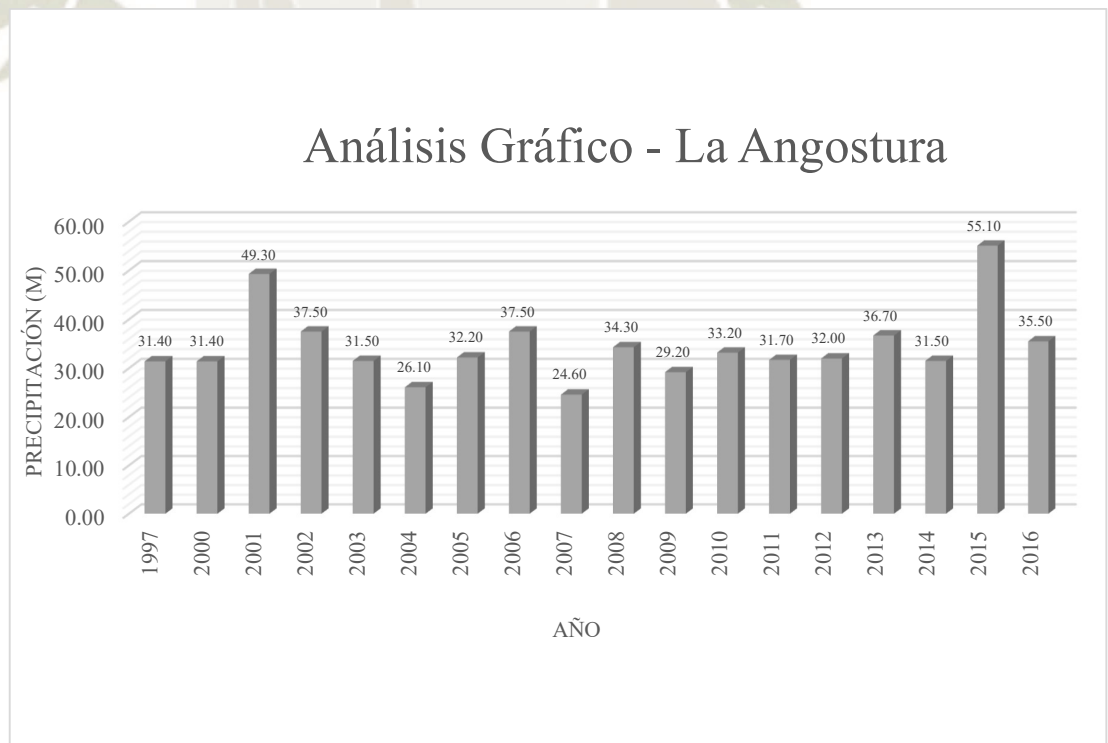


Ilustración 30 Análisis Gráfico - La Angostura



B. Análisis de Doble Masa Corregido

CUADRO 43 Datos Corregido -Doble Masa

AÑO	PORPERA		TISCO		LA ANGOSTURA		Precipitación acumulada promedio
	PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		
	ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	ANUAL	ACUMULADA	
1997	241.10	241.10	176.74	176.74	183.00	183.00	200.28
2000	173.80	414.90	162.50	339.24	177.30	360.30	781.55
2001	174.60	589.50	163.70	502.94	222.20	582.50	968.38
2002	200.00	789.50	197.99	700.93	191.36	773.86	1164.83
2003	161.30	950.80	146.12	847.05	171.70	945.56	1324.54
2004	160.51	1111.31	138.89	985.93	151.00	1096.56	1474.67
2005	143.29	1254.60	137.80	1123.73	152.19	1248.75	1619.09
2006	196.77	1451.37	185.65	1309.38	189.00	1437.75	1809.57
2007	181.20	1632.57	129.89	1439.27	139.46	1577.22	1959.75
2008	126.90	1759.47	141.10	1580.37	118.80	1696.02	2088.69
2009	171.90	1931.37	141.30	1721.67	161.70	1857.72	2246.99
2010	138.40	2069.77	126.60	1848.27	121.80	1979.52	2375.92
2011	216.70	2286.47	194.80	2043.07	167.40	2146.92	2568.89
2012	219.80	2506.27	219.70	2262.77	165.10	2312.02	2770.42
2013	163.10	2669.37	155.20	2417.97	166.20	2478.22	2931.92
2014	162.60	2831.97	160.10	2578.07	162.00	2640.22	3093.49
2015	203.14	3035.12	163.96	2742.03	225.90	2866.12	3291.15
2016	163.00	3198.12	133.01	2875.03	142.85	3008.96	3437.44
2017	173.60	3371.72	187.90	3062.93	166.58	3175.54	3613.46

Ilustración 31 Curva Doble Masa Corregido

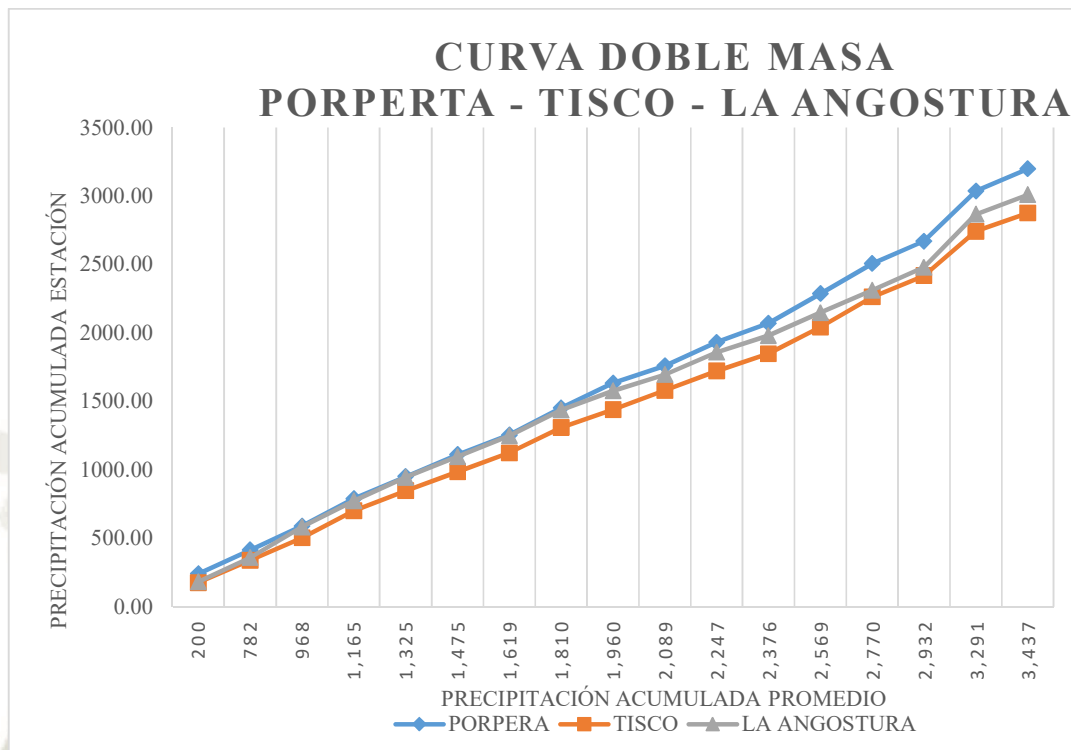
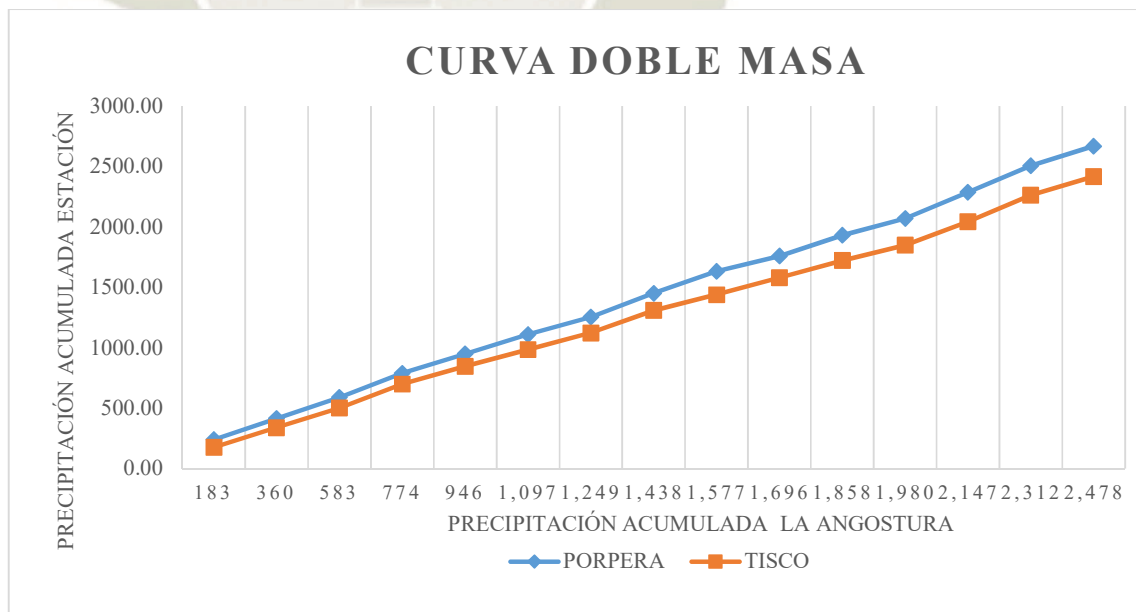


Ilustración 32 Curva Doble Masa - Estación Base Angostura

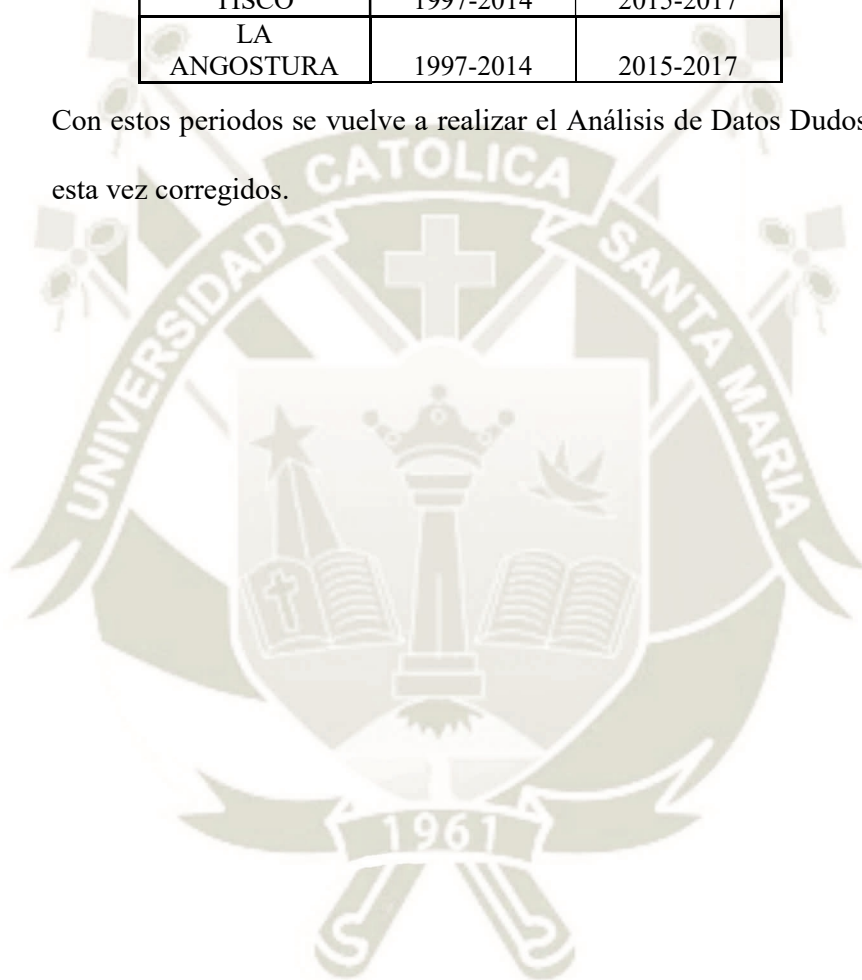


De los gráficos anteriores se tiene los siguientes periodos:

CUADRO 44 Periodos Corregidos

ESTACION	PERIODO	
	1er	2do
PORPERA	1997-2014	2015-2017
TISCO	1997-2014	2015-2017
LA ANGOSTURA	1997-2014	2015-2017

Con estos periodos se vuelve a realizar el Análisis de Datos Dudosos pero esta vez corregidos.



C. Análisis de Datos Dudosos Corregido

CUADRO 45 Datos Corregidos - Análisis Datos Dudosos Corregidos

ITEM	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS ANUAL								
		ESTACIÓN METEOROLÓGICA								
		PORPERA			TISCO			La Angostura		
		P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$	P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$	P Máx (m)	Y=Log (Pmáx)	$(Y_i - \bar{Y})^3$
1	1997	42.30	1.63	0.00	32.00	1.51	0.00	31.40	1.50	0.00
4	2000	38.80	1.59	0.00	32.20	1.51	0.00	31.40	1.50	0.00
5	2001	30.10	1.48	0.00	33.00	1.52	0.00	49.30	1.69	0.00
6	2002	31.30	1.50	0.00	39.20	1.59	0.00	37.50	1.57	0.00
7	2003	37.00	1.57	0.00	31.40	1.50	0.00	31.50	1.50	0.00
8	2004	31.50	1.50	0.00	30.60	1.49	0.00	26.10	1.42	0.00
9	2005	35.44	1.55	0.00	29.70	1.47	0.00	32.20	1.51	0.00
10	2006	38.90	1.59	0.00	35.35	1.55	0.00	37.50	1.57	0.00
11	2007	36.10	1.56	0.00	27.49	1.44	0.00	24.60	1.39	0.00
12	2008	37.80	1.58	0.00	44.00	1.64	0.00	34.30	1.54	0.00
13	2009	35.20	1.55	0.00	30.70	1.49	0.00	29.20	1.47	0.00
14	2010	29.40	1.47	0.00	25.60	1.41	0.00	33.20	1.52	0.00
15	2011	44.70	1.65	0.00	40.00	1.60	0.00	31.70	1.50	0.00
16	2012	60.70	1.78	0.01	60.70	1.78	0.01	32.00	1.51	0.00
17	2013	32.00	1.51	0.00	27.00	1.43	0.00	36.70	1.56	0.00
18	2014	37.00	1.57	0.00	43.70	1.64	0.00	31.50	1.50	0.00
19	2015	40.40	1.61	0.00	28.20	1.45	0.00	55.10	1.74	0.01
20	2016	72.30	1.86	0.02	28.10	1.45	0.00	35.50	1.55	0.00
21	2017	30.90	1.49	0.00	42.60	1.63	0.00	32.83	1.52	0.00

CUADRO 46 Análisis Datos Dudosos Corregidos

Variables	ESTACIONES		
	PORPERA	TISCO	La Angostura
n	19	19	19
Y prom	1.58	1.53	1.53
Sy	0.10	0.10	0.08
Cs	1.62	1.08	1.12
Kn	2.36	2.36	2.36
Yh	1.82	1.76	1.72
Yl	1.34	1.31	1.34
Qh	65.41	57.06	52.61
Ql	22.03	20.23	21.70

En ninguna de las tres estaciones se observan datos dudosos bajos ni altos, es por ello que la información es ahora adecuada para los diferentes análisis que se van a realizar a continuación.

D. Análisis Estadístico

Para lo cual se utilizará la prueba Fisher y T de Student , los cuales ya fueron explicados.

CUADRO 47 Registro de Precipitaciones Máximas 24 h Corregidos

ITEM	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 H ANUAL		
		PORPERA	TISCO	LA ANGOSTURA
1	1997	42.30	32.00	31.40
2	2000	38.80	32.20	31.40
3	2001	30.10	33.00	49.30
4	2002	31.30	39.20	37.50
5	2003	37.00	31.40	31.50
6	2004	31.50	30.60	26.10
7	2005	35.44	29.70	32.20
8	2006	38.90	35.35	37.50
9	2007	36.10	27.49	24.60
10	2008	37.80	44.00	34.30
11	2009	35.20	30.70	29.20
12	2010	29.40	25.60	33.20
13	2011	44.70	40.00	31.70
14	2012	60.70	60.70	32.00
15	2013	32.00	27.00	36.70
16	2014	37.00	43.70	31.50
17	2015	40.40	28.20	55.10
18	2016	72.30	28.10	35.50
19	2017	30.90	42.60	32.83

CUADRO 48 Parámetros estadísticos Corregidos

ESTACION	X1 PROM	X2 PROM	n1	n2	S1	S2	S1 ²	S2 ²
PORPERA	37.39	47.87	16.00	3.00	7.54	21.69	56.91	470.30
TISCO	35.16	32.97	16.00	3.00	8.82	8.34	77.87	69.60
LA ANGOSTURA	33.13	41.14	16.00	3.00	5.58	12.16	31.13	147.88

CUADRO 49 Prueba T Student y Fisher - Corregidas

ESTACION	Sd	Tc	Tt		Fc	Ft	
PORPERA	6.46	-1.62	2.09	Media Consistente	8.26	19.43	Consistente en la Desviación Estándar
TISCO	5.52	0.40	2.09	Media Consistente	1.12	19.43	Consistente en la Desviación Estándar
LA ANGOSTURA	4.21	-1.90	2.09	Media Consistente	0.21	19.43	Consistente en la Desviación Estándar

En todas las Estaciones se puede apreciar que la media y la desviación estándar, esto indica que todo el registro es una serie Homogénea, por ende es adecuada para posteriores análisis.

4.2.2.6. Precipitaciones Promedio sobre la Cuenca

En general, la altura de la lluvia que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. (Mijares, 2015)

Las datos de las Estaciones Meteorológicas registran precipitación puntual, es decir, la que se produce en el punto de instalación de los aparatos de la Estación Meteorológica, y para cálculos ingenieriles es necesario conocer la precipitación media en una zona dada que en este caso es la Cuenca del Río Chalhuanca.

4.2.2.6.1. Método Media Aritmética

Consiste Simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis

Es el Método más sencillo, pero solo da buenos resultados si el número de estaciones es grande (Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays, 1994)

Ecuación 22 Altura de Precipitación Máxima Promedio

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

n: Número de Estaciones

P_i : Altura de precipitación máxima anual registrada en la estación(mm)

CUADRO 50 Método Aritmético - Cuenca Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	CUENCA RÍO CHALHUANCA - PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 H(mm)			
		PORPERA	TISCO	LA ANGOSTURA	Prec. Prom.
1	1997	42.30	32.00	31.40	35.23
2	2000	38.80	32.20	31.40	34.13
3	2001	30.10	33.00	49.30	37.47
4	2002	31.30	39.20	37.50	36.00
5	2003	37.00	31.40	31.50	33.30
6	2004	31.50	30.60	26.10	29.40
7	2005	35.44	29.70	32.20	32.45
8	2006	38.90	35.35	37.50	37.25
9	2007	36.10	27.49	24.60	29.40
10	2008	37.80	44.00	34.30	38.70
11	2009	35.20	30.70	29.20	31.70
12	2010	29.40	25.60	33.20	29.40
13	2011	44.70	40.00	31.70	38.80
14	2012	60.70	60.70	32.00	51.13
15	2013	32.00	27.00	36.70	31.90
16	2014	37.00	43.70	31.50	37.40
17	2015	40.40	28.20	55.10	41.23
18	2016	72.30	28.10	35.50	45.30
19	2017	30.90	42.60	32.83	35.44

4.2.2.6.2. Método Thiessen

Es el segundo método más sencillo y sigue el siguiente procedimiento:

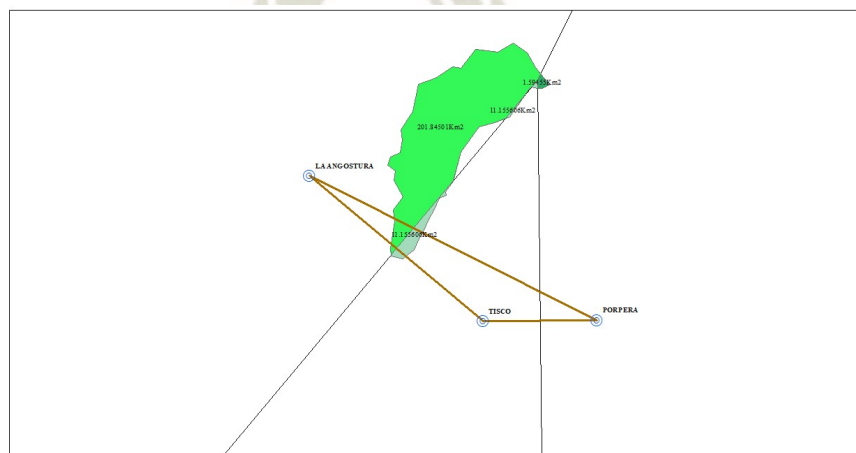
- I. Se unen las Estaciones de Porpera ,Tisco y La Angostura formado triángulos.
- II. Se trazan las mediatrices de cada lado de los triángulos de tal manera que formen polígonos, que vienen a representar el área de influencia de cada estación. Cuando los triángulos son obtusos , se deberá tener cuidado.
- III. Se calcular el área de los polígonos que esté dentro de la cuenca.
- IV. La precipitación media se calcula entonces como un promedio de las precipitaciones registradas en cada estación (Mijares, 2015).

$$P = \frac{1}{A_c} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde:

A_i : Área de influencia de cada estación

Ilustración 33 Polígonos de Thiessen - Cuenca del Río del Chalhuanca



CUADRO 51 Método de Thiessen - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	PORPERA		TISCO		LA ANGOSTURA		Prec. Máx 24 h . (mm)
		Prec(mm)	Área(Km2)	Prec(mm)	Área(Km2)	Prec(mm)	Área(Km2)	
1	1997	42.30	1.59	32.00	11.16	31.40	201.85	31.51
2	2000	38.80	1.59	32.20	11.16	31.40	201.85	31.50
3	2001	30.10	1.59	33.00	11.16	49.30	201.85	48.31
4	2002	31.30	1.59	39.20	11.16	37.50	201.85	37.54
5	2003	37.00	1.59	31.40	11.16	31.50	201.85	31.54
6	2004	31.50	1.59	30.60	11.16	26.10	201.85	26.37
7	2005	35.44	1.59	29.70	11.16	32.20	201.85	32.09
8	2006	38.90	1.59	35.35	11.16	37.50	201.85	37.40
9	2007	36.10	1.59	27.49	11.16	24.60	201.85	24.84
10	2008	37.80	1.59	44.00	11.16	34.30	201.85	34.83
11	2009	35.20	1.59	30.70	11.16	29.20	201.85	29.32
12	2010	29.40	1.59	25.60	11.16	33.20	201.85	32.78
13	2011	44.70	1.59	40.00	11.16	31.70	201.85	32.23
14	2012	60.70	1.59	60.70	11.16	32.00	201.85	33.71
15	2013	32.00	1.59	27.00	11.16	36.70	201.85	36.16
16	2014	37.00	1.59	43.70	11.16	31.50	201.85	32.18
17	2015	40.40	1.59	28.20	11.16	55.10	201.85	53.59
18	2016	72.30	1.59	28.10	11.16	35.50	201.85	35.39
19	2017	30.90	1.59	42.60	11.16	32.83	201.85	33.32

4.2.2.6.3. Método Isoyetas

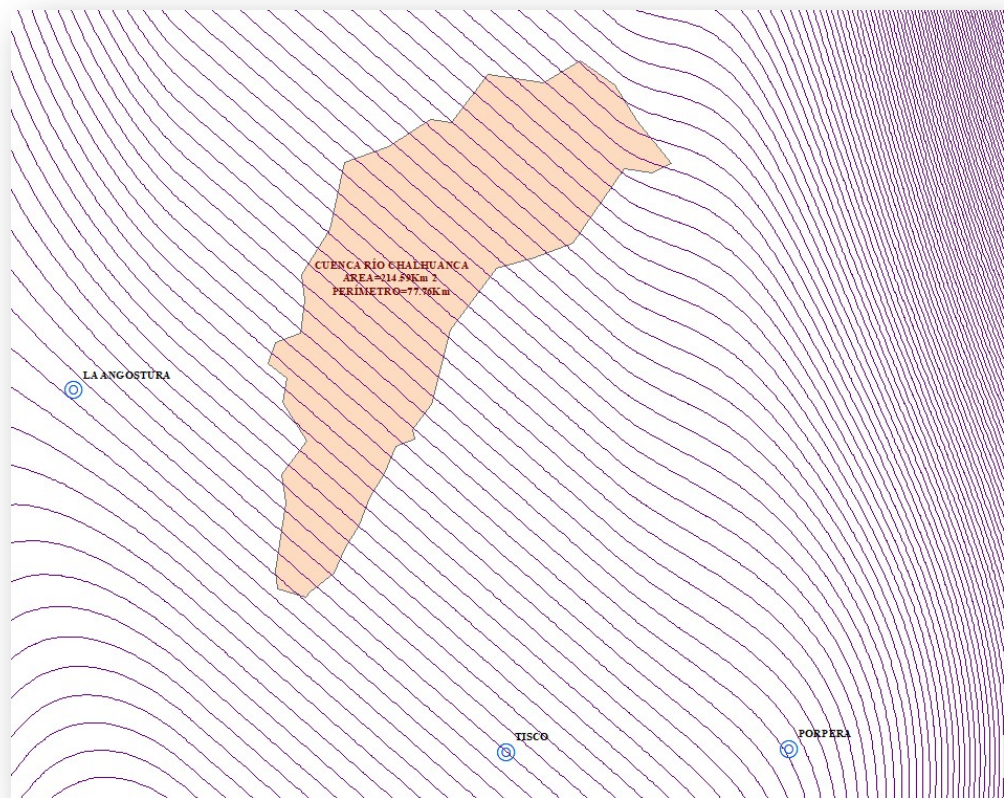
Una isoyeta se define como una línea que representa igual precipitación.

Consiste en trazar las isoyetas, interpolando las precipitaciones de cada estación, de la misma forma que se trazan las curvas de nivel.

Seguidamente, se hallan las áreas entre isoyetas adyacentes y se multiplican por su precipitación. (Villanueva, 2016).

Para este método se usó el programa ARCGIS 10.3 para calcular las isoyetas de cada año, en las que se usó las tres estaciones de estudio.

Ilustración 34 Método Isoyetas - Cuenca del Río Chalhuanca – 1997



CUADRO 52 Método Isoyetas - Cuenca del Río Chalhuanca – 1997

ISOYETAS PREC. MÁX(mm)		PREC. MÁX. (mm)	ÁREA (Km2)	PM*Área
30	31	30.5	1.23	37.54
31	32	31.5	2.42	76.38
32	33	32.5	3.09	100.31
33	34	33.5	3.46	116.03
34	35	34.5	4.02	138.74
35	36	35.5	4.28	152.11
36	37	36.5	4.08	149.05
37	38	37.5	4.93	184.79
38	39	38.5	6.38	245.66
39	40	39.5	7.40	292.11
40	41	40.5	7.38	299.05
41	42	41.5	7.14	296.50
42	43	42.5	7.48	318.05
43	44	43.5	8.05	350.10
44	45	44.5	8.07	359.22
45	46	45.5	7.77	353.74
46	47	46.5	7.51	349.37
47	48	47.5	7.68	364.78
48	49	48.5	8.09	392.30
49	50	49.5	8.49	420.25
50	51	50.5	8.40	424.25
51	52	51.5	8.16	420.03
52	53	52.5	8.31	436.39
53	54	53.5	8.54	457.00
54	55	54.5	8.67	472.51
55	56	55.5	8.08	448.31
56	57	56.5	7.88	445.21
57	58	57.5	7.84	450.63
58	59	58.5	6.96	407.30
59	60	59.5	7.47	444.64
60	61	60.5	7.33	443.33
61	62	61.5	7.28	447.81
SUMATORIA			213.90	10293.50

Del CUADRO 52 Método Isoyetas - Cuenca del Río Chalhuanca – 1997 se obtiene que la precipitación del año 1997 es de 48.12 mm.

El procedimiento descrito se realizó para los 19 años siguientes de la Cuenca del Río Chalhuanca.

CUADRO 53 Método Isoyetas - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	CUENCA DEL RÍO CHALHUANCA			
		PORPERA	TISCO	LA ANGOSTURA	PREC. PROM.(mm)
1	1997	42.30	32.00	31.40	48.12
2	2000	38.80	32.20	31.40	41.97
3	2001	30.10	33.00	49.30	39.17
4	2002	31.30	39.20	37.50	27.36
5	2003	37.00	31.40	31.50	41.13
6	2004	31.50	30.60	26.10	27.56
7	2005	35.44	29.70	32.20	42.12
8	2006	38.90	35.35	37.50	44.16
9	2007	36.10	27.49	24.60	37.82
10	2008	37.80	44.00	34.30	25.31
11	2009	35.20	30.70	29.20	35.88
12	2010	29.40	25.60	33.20	41.05
13	2011	44.70	40.00	31.70	38.29
14	2012	60.70	60.70	32.00	32.11
15	2013	32.00	27.00	36.70	47.99
16	2014	37.00	43.70	31.50	22.95
17	2015	40.40	28.20	55.10	67.27
18	2016	72.30	28.10	35.50	43.08
19	2017	30.90	42.60	32.83	67.85

4.2.2.6.4. Resultados

Al ser el método de las isoyetas el más preciso de los tres presentados se utilizará los valores obtenidos para la Precipitación Máxima de 24 horas, los cuales se usarán para el Análisis y Tratamiento de Información.

CUADRO 54 Precipitación Máxima de 24 h - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	Precipitación Máxima de 24 h(mm)		
		Método Aritmético	Método Thiessen	Método Isoyetas
1	1997	35.23	31.51	48.12
2	2000	34.13	31.50	41.97
3	2001	37.47	48.31	39.17
4	2002	36.00	37.54	27.36
5	2003	33.30	31.54	41.13
6	2004	29.40	26.37	27.56
7	2005	32.45	32.09	42.12
8	2006	37.25	37.40	44.16
9	2007	29.40	24.84	37.82
10	2008	38.70	34.83	25.31
11	2009	31.70	29.32	35.88
12	2010	29.40	32.78	41.05
13	2011	38.80	32.23	38.29
14	2012	51.13	33.71	32.11
15	2013	31.90	36.16	47.99
16	2014	37.40	32.18	22.95
17	2015	41.23	53.59	67.27
18	2016	45.30	35.39	43.08
19	2017	35.44	33.32	67.85

4.2.3. Análisis de Frecuencia

El análisis de frecuencia es una herramienta que es utilizada para predecir el comportamiento futuro de una variable aleatoria. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud del caudal asociado a un periodo de retorno.

Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la data que se tenga, además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionada.

El **análisis de frecuencia** consiste en determinar los **parámetros de las distribuciones de probabilidad** y determinar con **el factor de frecuencia**, la magnitud de un evento para un **periodo de retorno** (Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays, 1994).

4.2.3.1. Periodo de Retorno

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Según el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales indica el criterio que, para el caso de cauces naturales de agua colindantes a terrenos agrícolas, el periodo de retorno a usar es de 50 años (Villanueva, 2016).

4.2.3.2. Distribución Probabilística de Frecuencias

4.2.3.2.1. Distribución Normal Estándar

Es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como campana de Gauss.

Surge del teorema del límite central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias X_i son independientes y están idénticamente distribuidas con media μ y varianza σ^2 , entonces la distribución de la suma de n variables aleatorias, $Y = \sum_{i=1}^n X_i$, tiende hacia la distribución normal con media $n\mu$ y varianza $n\sigma^2$ a medida que n aumenta. (Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays, 1994)

Se procede a hallar el valor la probabilidad acumulada:

Ecuación 23 Probabilidad Acumulada

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

Con este valor se ingresa a Distribución Normal Estándar Acumulada K_T .

Por último, se calculará la magnitud de la precipitación X_T .

$$X_T = \bar{x} + K_T * S_X$$

CUADRO 55 Distribución Normal Estándar - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Prom.(mm)
1	1997	48.12
2	2000	41.97
3	2001	39.17
4	2002	27.36
5	2003	41.13
6	2004	27.56
7	2005	42.12
8	2006	44.16
9	2007	37.82
10	2008	25.31
11	2009	35.88
12	2010	41.05
13	2011	38.29
14	2012	32.11
15	2013	47.99
16	2014	22.95
17	2015	67.27
18	2016	43.08
19	2017	67.85

Media	40.59
Desviación Estándar	11.99

CUADRO 56 Distribución Normal Estándar - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Probabilidad P	Factor de Frecuencia Z	Prec. Máx mm
2	0.5000	0.000	40.589
5	0.8000	0.842	50.682
10	0.9000	1.282	55.957
50	0.9800	2.054	65.218
100	0.9900	2.326	68.486
200	0.9950	2.576	71.477
500	0.9980	2.878	75.106
1000	0.9990	3.090	77.644
5000	0.9998	3.550	83.161
10000	0.9999	3.730	85.319

4.2.3.2.2. Distribución Log Normal II Parámetros

Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos y además tiene la ventaja de que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva.

Al igual que la distribución anterior se halla la probabilidad acumulada:

Ecuación 24 Probabilidad Acumulada

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

Con este valor se ingresa a Distribución Normal Estándar Acumulada K_T .

Por último, se calculará la magnitud de la precipitación X_T .

$$X_T = \bar{x} + K_T * S_X$$

Cabe destacar que a cada uno de los datos de precipitación se halla el logaritmo natural, a partir de los cuales se halla la media y la desviación estándar que se usarán para el cálculo de la magnitud de la precipitación.

CUADRO 57 Distribución Log Normal II Parámetro - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Prom.(mm)	$y=\ln(\text{Prec Prom})$
1	1997	48.12	3.87
2	2000	41.97	3.74
3	2001	39.17	3.67
4	2002	27.36	3.31
5	2003	41.13	3.72
6	2004	27.56	3.32
7	2005	42.12	3.74
8	2006	44.16	3.79
9	2007	37.82	3.63
10	2008	25.31	3.23
11	2009	35.88	3.58
12	2010	41.05	3.71
13	2011	38.29	3.65
14	2012	32.11	3.47
15	2013	47.99	3.87
16	2014	22.95	3.13
17	2015	67.27	4.21
18	2016	43.08	3.76
19	2017	67.85	4.22

Media	3.66
Desviación Estándar	0.29

CUADRO 58 Distribución Log Normal II Parámetro - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Probabilidad P	Factor de Frecuencia Z	Y_t	Prec. Máx mm
2	0.5000	0.000	3.664	39.017
5	0.8000	0.842	3.906	49.720
10	0.9000	1.282	4.033	56.437
50	0.9800	2.054	4.256	70.494
100	0.9900	2.326	4.334	76.251
200	0.9950	2.576	4.406	81.931
500	0.9980	2.878	4.493	89.393

Periodo de Retorno	Probabilidad	Factor de Frecuencia	Yt	Prec. Máx
T	P	Z		mm
1000	0.9990	3.090	4.554	95.012
5000	0.9998	3.550	4.686	108.472
10000	0.9999	3.730	4.738	114.245

4.2.3.2.3. Distribución Log Normal III Parámetros

Primero se procede a hallar X_0 mediante el método simplificado, para lo cual se ordena los datos de forma ascendente.

$$X_0 = \frac{X_1 X_n + X_{mediana}^2}{X_1 + X_n - 2X_{mediana}}$$

Donde:

X_1 : Primer valor de serie

X_n : Último valore de serie

$X_{mediana}$: Mediana de la serie

El valor de $X_{mediana}$ dependerá si la cantidad de datos que se tiene es par o impar:

Par:

$$X_{mediana} = \frac{\left(\frac{X_n}{2} + \frac{X_{n+1}}{2} + 1\right)}{2}$$

Impar:

$$X_{mediana} = \frac{X_n}{2} + 1$$

Seguidamente a cada uno de los datos se le resta el valor de X_0 y se calcula el logaritmo natural.

Para finalizar X_T con las siguientes fórmulas.

$$X_T = X_0 + e^{Y_T}$$

$$Y_T = \bar{Y} + K_T * S_Y$$

CUADRO 59 Distribución Log Normal III Parámetros - Cálculo X0

ITEM	AÑO	Prec. Prom.(mm)
1	2014	22.95
2	2008	25.31
3	2002	27.36
4	2004	27.56
5	2012	32.11
6	2009	35.88
7	2007	37.82
8	2011	38.29
9	2001	39.17
10	2010	41.05
11	2003	41.13
12	2000	41.97
13	2005	42.12
14	2016	43.08
15	2006	44.16
16	2013	47.99
17	1997	48.12
18	2015	67.27
19	2017	67.85

X0	16.11
-----------	-------

CUADRO 60 Distribución Log Normal III Parámetros Datos - Cuenca del
Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Prom.(mm)	y=ln(xi-x0)
1	1997	48.1233579	3.47
2	2000	41.968223	3.25
3	2001	39.1680695	3.14
4	2002	27.3597285	2.42
5	2003	41.1273449	3.22
6	2004	27.5623856	2.44
7	2005	42.1235505	3.26

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)	$y=\ln(x_i-x_0)$
8	2006	44.1555613	3.33
9	2007	37.8216139	3.08
10	2008	25.3101297	2.22
11	2009	35.876985	2.98
12	2010	41.0461686	3.22
13	2011	38.2863622	3.10
14	2012	32.1144883	2.77
15	2013	47.9944674	3.46
16	2014	22.952014	1.92
17	2015	67.2717636	3.94
18	2016	43.08	3.29
19	2017	67.8485679	3.95

Media	3.08
Desviación Estándar	0.53

CUADRO 61 Distribución Log Normal III Parámetro - Cuenca del Río
Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Probabilidad P	Factor de Frecuencia Z	Y_t	Prec. Máx mm
2	0.5000	0.000	3.077	37.798
5	0.8000	0.842	3.521	49.934
10	0.9000	1.282	3.754	58.779
50	0.9800	2.054	4.161	80.259
100	0.9900	2.326	4.305	90.188
200	0.9950	2.576	4.437	100.615
500	0.9980	2.878	4.597	115.255
1000	0.9990	3.090	4.708	126.978
5000	0.9998	3.550	4.951	157.457
10000	0.9999	3.730	5.046	171.549

4.2.3.2.4. Distribución del Valor Extremo Tipo I (Gumbel)

Primero se halla la media y la desviación estándar de los datos.

Luego se calcula los siguientes valores:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} * S_x}{\pi}$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

Se requiere calcular X_T y se realizará mediante estas fórmulas:

$$X_T = -\ln\left(\ln\frac{1}{F(x)}\right)$$

$$F(x) = \frac{T - 1}{T}$$

CUADRO 62 Datos Distribución Gumbel - Cuenca del Río Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)
1	1997	48.12
2	2000	41.97
3	2001	39.17
4	2002	27.36
5	2003	41.13
6	2004	27.56
7	2005	42.12
8	2006	44.16
9	2007	37.82
10	2008	25.31
11	2009	35.88
12	2010	41.05
13	2011	38.29
14	2012	32.11

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)
15	2013	47.99
16	2014	22.95
17	2015	67.27
18	2016	43.08
19	2017	67.85

Media	40.59
Desviación Estándar	11.99

α	9.35
μ	35.19

CUADRO 63 Distribución Gumbel - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	F(x)	Yt	Prec. Máx mm
2	0.5000	0.367	38.619
5	0.8000	1.500	49.217
10	0.9000	2.250	56.233
50	0.9800	3.902	71.676
100	0.9900	4.600	78.204
200	0.9950	5.296	84.709
500	0.9980	6.214	93.290
1000	0.9990	6.907	99.776
5000	0.9998	8.517	114.828
10000	0.9999	9.210	121.310

4.2.3.2.5. Distribución Log Gumbel

Primero se halla la media y la desviación estándar de los datos.

Luego se calcula los siguientes valores:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} * S_x}{\pi}$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

Se requiere calcular X_T y se realizará mediante estas fórmulas:

$$X_T = e^y$$

$$y = \mu + \alpha y_t$$

$$y_t = -\ln \ln \frac{T}{T-1}$$

A cada uno de los datos de precipitación se calcula el logaritmo natural antes de hallar todos los datos previamente mencionados.

CUADRO 64 Datos Distribución Log Gumbel - Cuenca del Río
Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)	y=ln(Prec Máx 24 h)
1	1997	48.12	3.87
2	2000	41.97	3.74
3	2001	39.17	3.67
4	2002	27.36	3.31
5	2003	41.13	3.72
6	2004	27.56	3.32
7	2005	42.12	3.74
8	2006	44.16	3.79
9	2007	37.82	3.63
10	2008	25.31	3.23

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)	$y=\ln(\text{Máx}$ 24 h)
11	2009	35.88	3.58
12	2010	41.05	3.71
13	2011	38.29	3.65
14	2012	32.11	3.47
15	2013	47.99	3.87
16	2014	22.95	3.13
17	2015	67.27	4.21
18	2016	43.08	3.76
19	2017	67.85	4.22

Media	3.66
Desviación Estándar	0.29

α	0.22
μ	3.53

CUADRO 65 Distribución Log Gumbel - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Y_t	Y	Prec. Máx mm
2	0.367	3.617	37.214
5	1.500	3.871	48.001
10	2.250	4.040	56.812
50	3.902	4.411	82.323
100	4.600	4.567	96.298
200	5.296	4.724	112.581
500	6.214	4.930	138.351
1000	6.907	5.086	161.671
5000	8.517	5.447	232.083
10000	9.210	5.603	271.177

4.2.3.2.6. Distribución Gamma II Parámetros

A cada uno de los datos se calcula el logaritmo natural de cada uno de los datos y se procede a calcular el siguiente valor.

$$y = \ln \bar{x} - \overline{\ln x}$$

Si $0 \leq y \leq 0.5772$

$$\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852y - 0.054427y^2}{y}$$

Si $0.5772 \leq y \leq 17$

$$\gamma = \frac{8.898919 + 9.05995y + 0.9775373y^2}{y(17.79728 + 11.968477y + y^2)}$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\gamma}$$

Seguidamente se calcula los grados de libertad

$$v = 2\gamma$$

La probabilidad está en función del periodo de retorno:

$$P = \frac{1}{T}$$

Con los Grados de libertad y la probabilidad ya calculados ingresamos a la tabla Distribución Chi – Cuadrado X^2 , para obtener el valor de X^2 que servirá para calcular la magnitud de la precipitación.

$$X_T = \frac{X^2\beta}{2}$$

CUADRO 66 Datos Distribución Gama II Parámetros - Cuenca del Río

Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)	$y=\ln(\text{Prec Prom})$
1	1997	48.12	3.87
2	2000	41.97	3.74
3	2001	39.17	3.67
4	2002	27.36	3.31
5	2003	41.13	3.72
6	2004	27.56	3.32
7	2005	42.12	3.74
8	2006	44.16	3.79
9	2007	37.82	3.63
10	2008	25.31	3.23
11	2009	35.88	3.58
12	2010	41.05	3.71
13	2011	38.29	3.65
14	2012	32.11	3.47
15	2013	47.99	3.87
16	2014	22.95	3.13
17	2015	67.27	4.21
18	2016	43.08	3.76
19	2017	67.85	4.22

Media	40.59
Desviación Estándar	11.99

$\ln(\bar{x})$	3.70
$\overline{\ln x}$	3.66

y	0.04
----------	------

γ	12.82
β	3.17
G.D.L.	25.65

CUADRO 67 Distribución Gama II Parámetros

Periodo de Retorno T	Probabilidad de Excedencia	X2	Prec. Máx mm
2	0.5000	24.982	39.539
5	0.2000	31.398	49.693
10	0.1000	35.144	55.623
50	0.0200	42.704	67.587
100	0.0100	45.171	71.492
200	0.0050	47.807	75.664
500	0.0020	51.404	81.357
1000	0.0010	53.543	84.743
5000	0.0002	67.704	107.155
10000	0.0001	78.543	124.310

4.2.3.2.7. Distribución Pearson Tipo III ó Gamma III

Parámetros

Se hallará los siguientes valores a partir de la media, desviación estándar y el coeficiente de asimetría.

$$\beta_1 = \frac{4}{C_s^2}$$

$$\alpha_1 = \frac{S_x}{\sqrt{\beta_1}}$$

$$\delta_1 = \bar{X} - \alpha_1 \beta_1$$

Seguidamente se calcula los grados de libertad.

Ecuación 25 Grados de Libertad

$$v = 2\gamma$$

La probabilidad está en función del periodo de retorno:

Ecuación 26 Probabilidad de Excedencia

$$P = \frac{1}{T}$$

Con los Grados de libertad y la probabilidad ya calculados ingresamos a la tabla Distribución Chi – Cuadrado X^2 , para obtener el valor de X^2 que servirá para calcular la magnitud de la precipitación.

Ecuación 27 Magnitud de la Precipitación

$$X_T = Y\alpha_1 + \delta_1$$

Ecuación 28 Variable reducida

$$y = \frac{X^2}{2}$$

CUADRO 68 Datos Distribución Pearson Tipo III - Cuenca del Río
Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h mm)	y=ln(Prec Máx 24 h)
1	1997	48.12	3.87
2	2000	41.97	3.74
3	2001	39.17	3.67
4	2002	27.36	3.31
5	2003	41.13	3.72
6	2004	27.56	3.32
7	2005	42.12	3.74
8	2006	44.16	3.79
9	2007	37.82	3.63
10	2008	25.31	3.23
11	2009	35.88	3.58
12	2010	41.05	3.71
13	2011	38.29	3.65
14	2012	32.11	3.47
15	2013	47.99	3.87
16	2014	22.95	3.13
17	2015	67.27	4.21
18	2016	43.08	3.76
19	2017	67.85	4.22

Media	40.59
Desviación Estándar	11.99
Coficiente de Asimetría	0.93

β_1	4.63
α_1	5.58
δ_1	14.80
G.D.L.	9.25

CUADRO 69 Distribución Pearson Tipo III - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Probabilida de Excedencia	X ²	y	Prec. Máx mm
2	0.5000	8.591	4.295	38.744
5	0.2000	13.047	6.524	51.168
10	0.1000	15.774	7.887	58.770
50	0.0200	21.498	10.749	74.726
100	0.0100	23.407	11.704	80.050
200	0.0050	25.483	12.741	85.835
500	0.0020	28.343	14.171	93.807
1000	0.0010	30.062	15.031	98.600
5000	0.0002	67.704	33.852	203.536
10000	0.0001	78.543	39.272	233.754

4.2.3.2.8. Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros

Se calculará los logaritmos en base 10 de cada uno de los datos, para luego obtener la media, desviación estándar y el Coeficiente de Asimetría.

Seguidamente se calcula la variable estándar Z, a partir de la Probabilidad de Excedencia.

Ecuación 29 Probabilidad de Excedencia

$$P = \frac{1}{T}$$

Si $0 < p \leq 0.5$

$$w = \sqrt{\ln \frac{1}{p^2}}$$

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

Si $p > 0.5$

$$w = \sqrt{\ln \frac{1}{(1-p)^2}}$$

$$z = - \left(w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right)$$

Luego, se calcula el valor K_T (Ecuación de Kite, 1977)

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{(z^3 - 6z)k^2}{3} - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{k^5}{3}$$

$$k = \frac{C_S}{6}$$

$$Y = \bar{Y} + K_T S_Y$$

Por último, se calcula la magnitud de la precipitación.

$$X_T = 10^Y$$

CUADRO 70 Datos Distribución Log Pearson Tipo III - Cuenca del Río

Chalhuanca

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24 h.(mm)	y=log(Prec Máx 24 h)
1	1997	48.12	1.68
2	2000	41.97	1.62
3	2001	39.17	1.59
4	2002	27.36	1.44
5	2003	41.13	1.61
6	2004	27.56	1.44
7	2005	42.12	1.62
8	2006	44.16	1.64
9	2007	37.82	1.58
10	2008	25.31	1.40
11	2009	35.88	1.55
12	2010	41.05	1.61
13	2011	38.29	1.58
14	2012	32.11	1.51
15	2013	47.99	1.68
16	2014	22.95	1.36
17	2015	67.27	1.83
18	2016	43.08	1.63
19	2017	67.85	1.83

Media	1.59
Desviación Estándar	0.13
Coficiente de Asimetría	0.07
K	0.01

CUADRO 71 Distribución Log Pearson Tipo III - Cuenca del Río Chalhuanca

Periodo de Retorno T	Probabilidad de Excedencia	W	Z	K_T	y	Prec. Máx mm
2	0.5000	1.1774	0.0000	-0.012	1.590	38.881
5	0.2000	1.7941	0.8415	0.838	1.696	49.664
10	0.1000	2.1460	1.2817	1.289	1.753	56.562
50	0.0200	2.7971	2.0542	2.093	1.853	71.296
100	0.0100	3.0349	2.3268	2.380	1.889	77.444
200	0.0050	3.2552	2.5762	2.645	1.922	83.573
500	0.0020	3.5255	2.8785	2.967	1.962	91.708
1000	0.0010	3.7169	3.0905	3.195	1.991	97.920
5000	0.0002	4.1273	3.5402	3.681	2.052	112.647
10000	0.0001	4.2919	3.7191	3.876	2.076	119.152

4.2.3.2.9. Resultados

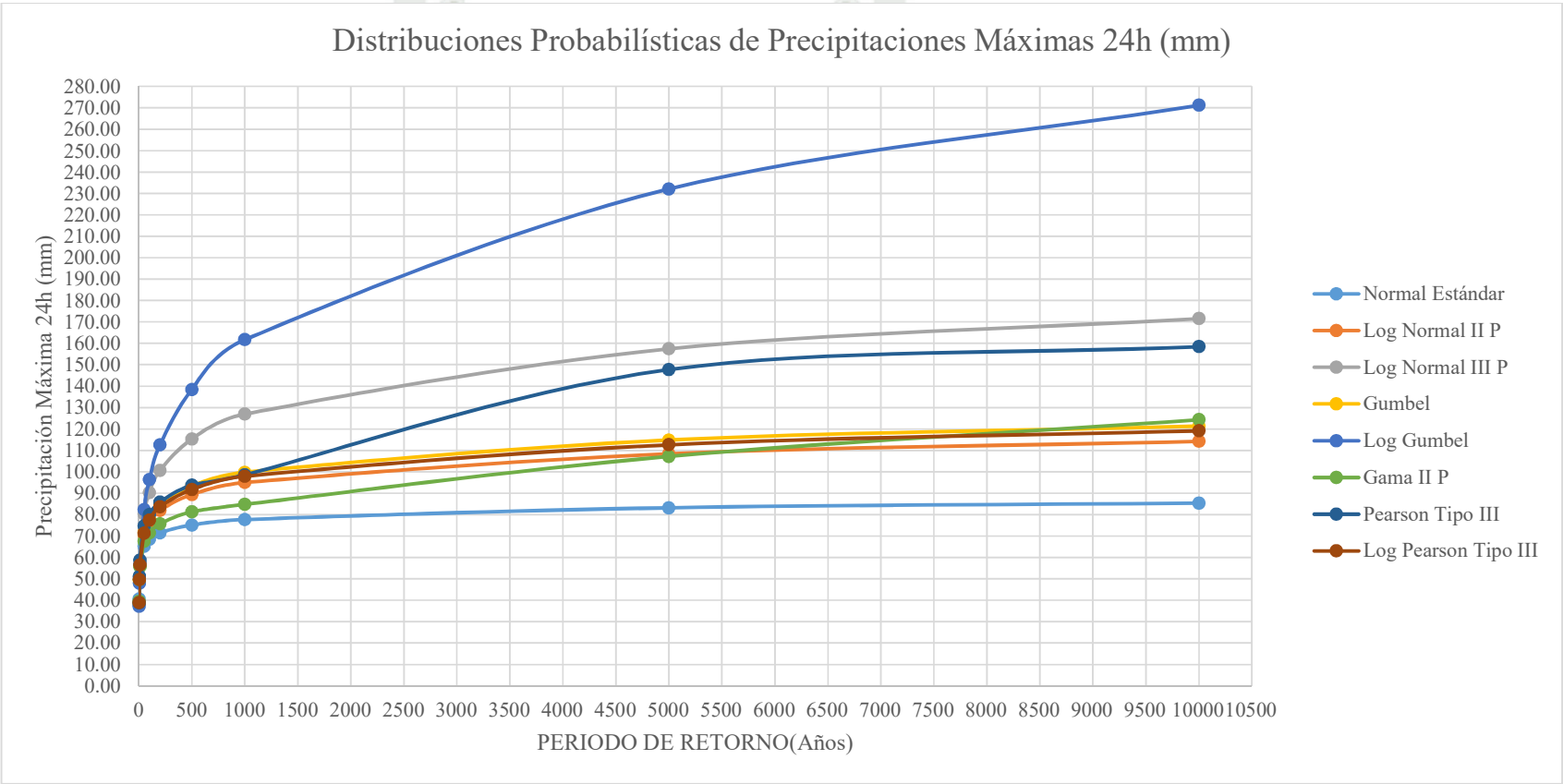
A continuación, se presenta una tabla resumen de todas las distribuciones calculadas:

CUADRO 72 Distribuciones de Probabilidad Precipitación Máximas 24h

T/Distribución	Normal Estándar	Log Normal II P	Log Normal III P	Gumbel	Log Gumbel	Gama II P	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III
2	40.59	39.02	37.80	38.62	37.21	39.54	38.74	38.88
5	50.68	49.72	49.93	49.22	48.00	49.69	51.17	49.66
10	55.96	56.44	58.78	56.23	56.81	55.62	58.77	56.56
50	65.22	70.49	80.26	71.68	82.32	67.59	74.73	71.30
100	68.49	76.25	90.19	78.20	96.30	71.49	80.05	77.44
200	71.48	81.93	100.61	84.71	112.58	75.66	85.84	83.57
500	75.11	89.39	115.26	93.29	138.35	81.36	93.81	91.71
1000	77.64	95.01	126.98	99.78	161.67	84.74	98.60	97.92
5000	83.16	108.47	157.46	114.83	232.08	107.15	203.54	112.65
10000	85.32	114.24	171.55	121.31	271.18	124.31	233.75	119.15

Para poder determinar cuál de la Distribuciones de Probabilidad, se realizará Pruebas de Ajuste , lo cual se realizará en el siguiente ítem.

Ilustración 35 Distribuciones de Probabilidad Precipitaciones Máximas 24h



4.2.3.3. Pruebas Bondad de Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste, consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuye según una cierta función de probabilidades.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son:

- Ajuste Estadístico
 - Chi – cuadrado
 - Smirnov - Kolmogorov

4.2.3.3.1. Prueba de Chi – Cuadrado

Esta prueba se basa en el cálculo de frecuencias, tanto de valores observados como de valores esperados, para un número determinado de intervalos.

Fue propuesta por Karl Pearson en 1900. (Mijares, 2015)

La expresión general de la prueba Chi-cuadrado está dada por:

Ecuación 30 Prueba Chi-Cuadrado

$$X_c^2 = \sum \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

Para esta prueba se siguieron los siguientes pasos:

- a) Primero se calcula el número de Intervalos.

$$k = 1 + 3.33\log(n)$$

Donde n representa la cantidad de datos.

- b) Luego, se calcula la Amplitud de cada intervalo.

$$\Delta X = \frac{X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}}{k - 1}$$

- c) Seguidamente, se calcula la frecuencia acumulada, es decir que para cada intervalo de clase se calcula el Valor Observado(θ_i).

- d) Se procede a calcular la Frecuencia Esperada:

$$\epsilon_i = n * (F(S_i) - F(l_i))$$

Donde:

$F(S_i)$: Función de distribución probabilística del límite superior del intervalo de clase.

$F(l_i)$: Función de distribución probabilística del límite inferior del intervalo de clase.

- e) Calcular el valor de chi cuadrado con la ecuación Ecuación 30 Prueba Chi-Cuadrado.
- f) Para obtener el valor tabulado del Chi - Cuadrado(X^2_t), se debe usar la tabla Prueba Chi Cuadrado, para los cual se necesitarán los siguientes valores:

- Grados de Libertad:

$$v = k - 1 - h$$

Donde:

h: Número de parámetros utilizados en cada distribución probabilística.

- Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

- g) El criterio de decisión se basa en comparar el valor calculado del Chi-cuadrado es menor o igual que el valor tabular, es decir:

$$X_c^2 \leq X_t^2$$

Entonces, se acepta la hipótesis que el ajuste es bueno al nivel de significación seleccionado, caso contrario se deduce que el ajuste es malo y se rechaza la hipótesis.

CUADRO 73 Datos - Prueba Chi Cuadrado

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24	ln(x)	log(x)
		h. mm		
1	2014	22.95	3.13	1.36
2	2008	25.31	3.23	1.40
3	2002	27.36	3.31	1.44
4	2004	27.56	3.32	1.44
5	2012	32.11	3.47	1.51
6	2009	35.88	3.58	1.55
7	2007	37.82	3.63	1.58
8	2011	38.29	3.65	1.58
9	2001	39.17	3.67	1.59
10	2010	41.05	3.71	1.61

ITEM	AÑO	Prec. Máx 24	ln(x)	log(x)
		h mm		
11	2003	41.13	3.72	1.61
12	2000	41.97	3.74	1.62
13	2005	42.12	3.74	1.62
14	2016	43.08	3.76	1.63
15	2006	44.16	3.79	1.64
16	2013	47.99	3.87	1.68
17	1997	48.12	3.87	1.68
18	2015	67.27	4.21	1.83
19	2017	67.85	4.22	1.83

n	19.00	19.00	19.00
Media	40.59	3.66	1.59
Desv. Estándar	11.99	0.29	0.13
Coef. Asimetría	0.93	0.07	0.07

Número de Intervalos:

k	5.26
---	------

Amplitud de cada intervalo:

Δx	10.54
------------	-------

Frecuencia Acumulada:

CUADRO 74 Frecuencia Acumulada - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Valor Observado
				θ
17.68	-	28.22	22.95	4
28.22	-	38.77	33.50	4
38.77	-	49.31	44.04	9
49.31	-	59.85	54.58	0
59.85	-	70.40	65.13	2
70.40	-	80.94	75.67	0
			SUMA	19

CUADRO 75 Distribución Normal Estándar - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Z sup	Z inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.952	-1.03	-1.91	0.152	0.028	2.345	3.00	4	0.33
28.22	-	38.77	33.495	-0.15	-1.03	0.440	0.152	5.489	5.00	4	0.20
38.77	-	49.31	44.039	0.73	-0.15	0.767	0.440	6.211	6.00	9	1.50
49.31	-	59.85	54.582	1.61	0.73	0.946	0.767	3.401	4.00	0	4.00
59.85	-	70.40	65.126	2.49	1.61	0.994	0.946	0.899	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.669	3.36	2.49	1.000	0.994	0.114	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	7.03

Parámetros	
Media	40.59
Desv Est.	11.99

CUADRO 76 Distribución Log Normal II P - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Z sup	Z inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	-1.12	-2.75	0.13	0.00	2.44	3.00	4	0.33
28.22	-	38.77	33.50	-0.02	-1.12	0.49	0.13	6.85	7.00	4	1.29
38.77	-	49.31	44.04	0.81	-0.02	0.79	0.49	5.68	6.00	9	1.50
49.31	-	59.85	54.58	1.49	0.81	0.93	0.79	2.68	2.00	0	2.00
59.85	-	70.40	65.13	2.05	1.49	0.98	0.93	0.91	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	2.53	2.05	0.99	0.98	0.28	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	6.12

Parámetros	
Media	3.66
Desv Est.	0.29

CUADRO 77 Distribución Log Normal III P - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Z sup	Z inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	-1.10	-4.97	0.14	0.00	2.58	3.00	4	0.33
28.22	-	38.77	33.50	0.08	-1.10	0.52	0.14	7.38	7.00	4	1.29
38.77	-	49.31	44.04	0.81	0.08	0.79	0.52	5.58	6.00	9	1.50
49.31	-	59.85	54.58	1.33	0.81	0.91	0.79	1.49	1.00	0	1.00
59.85	-	70.40	65.13	1.74	1.33	0.96	0.91	1.97	2.00	2	0.00
70.40	-	80.94	75.67	2.07	1.74	0.98	0.96	0.41	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	4.12

Parámetros	
Media	3.08
Desv Estándar	0.53

Xo	16.11
----	-------

CUADRO 78 Distribución Gumbel - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Yt sup	Yt inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	-0.75	-1.87	0.12	0.00	2.28	2.00	4	2.00
28.22	-	38.77	33.50	0.38	-0.75	0.51	0.12	7.29	7.00	4	1.29
38.77	-	49.31	44.04	1.51	0.38	0.80	0.51	5.63	6.00	9	1.50
49.31	-	59.85	54.58	2.64	1.51	0.93	0.80	2.45	2.00	0	2.00
59.85	-	70.40	65.13	3.77	2.64	0.98	0.93	0.88	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	4.89	3.77	0.99	0.98	0.29	1.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	7.79

Parámetros	
μ	35.19

α	9.35
----------	------

CUADRO 79 Distribución Log Gumbel - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	Yt sup	Yt inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	-0.86	-2.95	0.09	0.00	1.77	2.00	4	2.00
28.22	-	38.77	33.50	0.55	-0.86	0.56	0.09	8.89	9.00	4	2.78
38.77	-	49.31	44.04	1.62	0.55	0.82	0.56	4.93	5.00	9	3.20
49.31	-	59.85	54.58	2.48	1.62	0.92	0.82	1.89	2.00	0	2.00
59.85	-	70.40	65.13	3.21	2.48	0.96	0.92	0.77	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	3.83	3.21	0.98	0.96	0.35	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	10.98

Parámetros	
μ	3.53

α	0.22
----------	------

CUADRO 80 Distribución Gama II P - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	x2 sup	x2 inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	17.83	11.17	0.853	0.993	2.66	3.00	4	0.33
28.22	-	38.77	33.50	24.49	17.83	0.499	0.853	6.72	6.00	4	0.67
38.77	-	49.31	44.04	31.16	24.49	0.209	0.499	5.52	6.00	9	1.50
49.31	-	59.85	54.58	37.82	31.16	0.013	0.209	3.73	3.00	0	3.00
59.85	-	70.40	65.13	44.48	37.82	0.025	0.013	0.23	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	51.14	44.48	0.020	0.025	0.10	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	Xc ²	6.50

Parámetros	
γ	12.82
β	3.17

v	25.65
-----	-------

CUADRO 81 Distribución Gama III P - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	x^2 sup	x^2 inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
17.68	-	28.22	22.95	4.82	1.03	0.85	1.00	2.82	3.00	4	0.33
28.22	-	38.77	33.50	8.60	4.82	0.47	0.85	7.15	7.00	4	1.29
38.77	-	49.31	44.04	12.38	8.60	0.22	0.47	4.78	5.00	9	3.20
49.31	-	59.85	54.58	16.16	12.38	0.07	0.22	2.97	3.00	0	3.00
59.85	-	70.40	65.13	19.95	16.16	0.02	0.07	0.93	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	23.73	19.95	0.01	0.02	0.24	0.00	0	0.00
								SUMA	19.000	χ^2	8.82

Parámetros	
δ_1	14.80
α_1	5.58
β_1	4.63

v	9.25
-----	------

CUADRO 82 Distribución Log Pearson Tipo III - Prueba Chi Cuadrado

Intervalos de Clase			Marcas de clase	K_1 sup	K_1 inf	Fsi	Fli	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Observada	
1.05	-	9.05	22.95	-5.93	-15.52	0.85	0.35	9.49	9.00	4	2.78
28.22	-	38.77	33.50	0.55	-0.86	1.66	1.48	3.36	3.00	4	0.33
38.77	-	49.31	44.04	1.62	0.55	1.79	1.66	2.55	3.00	9	12.00
49.31	-	59.85	54.58	2.48	1.62	1.90	1.79	2.05	2.00	0	2.00
59.85	-	70.40	65.13	3.21	2.48	1.99	1.90	1.42	1.00	2	1.00
70.40	-	80.94	75.67	3.83	3.21	2.07	1.99	1.48	1.00	0	0.00
								SUMA	19.000	χ^2	18.11

Parámetros	
Media	1.59

Des. Est.	0.13
-----------	------

Cs	0.07
----	------

A continuación, se presenta un cuadro resumen de todas las distribuciones analizadas:

CUADRO 83 Resumen - Prueba Chi Cuadrado

DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	X_c^2		X_t^2	Conclusión
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR	7.03	<	7.81	Aceptado
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II P	6.12	<	7.81	Aceptado
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III P	4.12	<	5.99	Aceptado
DISTRIBUCIÓN GUMBEL	7.79	<	7.81	Aceptado
DISTRIBUCION LOG GUMBEL	10.98	>	7.81	Rechazado
DISTRIBUCIÓN GAMA II P	6.50	<	7.81	Aceptado
DISTRIBUCIÓN GAMA III P	8.82	>	5.99	Rechazado
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III P	18.11	>	5.99	Rechazado

4.2.3.3.2. Prueba de Smirnov Kolmogorov

El estadístico de Smirnov Kolmogorov Δ considera la desviación de la función de distribución de probabilidades.

La prueba requiere que el $\Delta_{m\acute{a}x}$ calculado sea menor que el Δ_t tabulado.

Esta prueba sigue los siguientes pasos:

- a. Los datos se ordenan de forma descendente.

CUADRO 84 Prueba Smirnov Kolmogorov – Datos ordenados en forma descendente

N Orden	Prec. Max.
m	mm
(1)	(2)
1	67.85
2	67.27
3	48.12
4	47.99
5	44.16
6	43.08
7	42.12
8	41.97
9	41.13
10	41.05
11	39.17
12	38.29
13	37.82
14	35.88
15	32.11
16	27.56
17	27.36
18	25.31
19	22.95

b. Calcular la Función de Distribución Observada.

$$F_o(X_m) = 1 - \frac{m}{n - 1}$$

Donde:

n: Cantidad de datos

m: Número de orden asignado

c. Se calcula las variables de cada una de las Distribuciones de Probabilidad, al igual que en la prueba anterior:

d. Se calcula las variables $F(X_m)$, para cada una de las Distribuciones de probabilidad.

e. Seguidamente, se calcula el máximo valor absoluto:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \acute{m}ax |F_o(X_m) - F(X_m)|$$

f. Obtener el valor crítico de la Tabla de valores críticos, para los cual se necesitará:

○ Nivel de significancia:0.05

○ n: Cantidad de datos

g. Por último se compara $\Delta_{m\acute{a}x}$ con Δ_t :

Si:

$$\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_t$$

Entonces, la prueba de ajuste es aceptable a nivel de significancia

CUADRO 85 Prueba Smirnov Kolmogorov - Distribuciones Probabilísticas

N Orden	Prec. Máx.	Prob. Obs.	Normal Estándar			Log Normal II P			Log Normal III P			Gumbel		
m	mm	Fo	z	Fx	Fo-Fx	z	Fx	Fo-Fx	z	Fx	Fo-Fx	z	Fx	Fo-Fx
1	67.85	0.94	2.27	0.99	0.04	1.92	0.97	0.03	1.65	0.95	0.01	3.49	0.97	0.03
2	67.27	0.89	2.23	0.99	0.10	1.89	0.97	0.08	1.63	0.95	0.06	3.43	0.97	0.08
3	48.12	0.83	0.63	0.74	0.10	0.73	0.77	0.07	0.74	0.77	0.06	1.38	0.78	0.06
4	47.99	0.78	0.62	0.73	0.05	0.72	0.76	0.01	0.73	0.77	0.01	1.37	0.78	0.00
5	44.16	0.72	0.30	0.62	0.10	0.43	0.67	0.06	0.49	0.69	0.03	0.96	0.68	0.04
6	43.08	0.67	0.21	0.58	0.08	0.34	0.63	0.03	0.41	0.66	0.01	0.84	0.65	0.02
7	42.12	0.61	0.13	0.55	0.06	0.27	0.61	0.00	0.34	0.63	0.02	0.74	0.62	0.01
8	41.97	0.56	0.12	0.55	0.01	0.25	0.60	0.04	0.33	0.63	0.07	0.72	0.62	0.06
9	41.13	0.50	0.04	0.52	0.02	0.183	0.57	0.07	0.27	0.61	0.11	0.63	0.59	0.09
10	41.05	0.44	0.04	0.52	0.07	0.176	0.57	0.12	0.26	0.60	0.15	0.63	0.59	0.14
11	39.17	0.39	-0.12	0.45	0.06	0.01	0.50	0.12	0.12	0.55	0.16	0.43	0.52	0.13
12	38.29	0.33	-0.19	0.42	0.09	-0.07	0.47	0.14	0.04	0.52	0.18	0.33	0.49	0.15
13	37.82	0.28	-0.23	0.41	0.13	-0.11	0.46	0.18	0.00	0.50	0.23	0.28	0.47	0.19
14	35.88	0.22	-0.39	0.35	0.13	-0.29	0.39	0.16	-0.18	0.43	0.21	0.07	0.39	0.17
15	32.11	0.17	-0.71	0.24	0.07	-0.68	0.25	0.08	-0.58	0.28	0.11	-0.33	0.25	0.08
16	27.56	0.11	-1.09	0.14	0.03	-1.21	0.11	0.00	-1.21	0.11	0.00	-0.82	0.10	0.01
17	27.36	0.06	-1.10	0.14	0.08	-1.23	0.11	0.05	-1.24	0.11	0.05	-0.84	0.10	0.04
18	25.31	0.00	-1.27	0.10	0.10	-1.50	0.07	0.07	-1.62	0.05	0.05	-1.06	0.06	0.06
19	22.95	-0.06	-1.47	0.07	0.13	-1.84	0.03	0.09	-2.18	0.01	0.07	-1.31	0.02	0.08
				$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.13		$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.18		$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.23		$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.19

CUADRO 86 Prueba Smirnov Kolmogorov - Distribuciones Probabilísticas

N Orden	Prec. Máx.	Prob. Obs.	Log Gumbel			Gama II P			Gama III P			Gama III P					
m	mm	Fo	yt	Fx	Fo-Fx	X2	Fx	Fo-Fx	z	Fx	Fo-Fx	Kt	z	Fx	Fo-Fx		
1	67.85	0.94	3.04	0.95	0.01	42.87	0.03	0.92	19.03	0.03	0.92	1.921	0.101	0.005	0.939		
2	67.27	0.89	3.00	0.95	0.06	42.50	0.02	0.87	18.82	0.03	0.86	1.891	0.100	0.005	0.884		
3	48.12	0.83	1.51	0.80	0.03	30.41	0.23	0.61	11.96	0.21	0.62	0.728	0.038	0.002	0.831		
4	47.99	0.78	1.50	0.80	0.02	30.32	0.23	0.55	11.91	0.22	0.55	0.719	0.038	0.002	0.776		
5	44.16	0.72	1.13	0.72	0.00	27.90	0.24	0.48	10.53	0.31	0.41	0.430	0.023	0.001	0.721		
6	43.08	0.67	1.02	0.70	0.03	27.22	0.35	0.32	10.15	0.34	0.33	0.344	0.018	0.001	0.666		
7	42.12	0.61	0.92	0.67	0.06	26.62	0.37	0.25	9.80	0.37	0.24	0.266	0.014	0.001	0.610		
8	41.97	0.56	0.90	0.67	0.11	26.52	0.38	0.18	9.75	0.38	0.18	0.253	0.013	0.001	0.555		
9	41.13	0.50	0.81	0.64	0.14	25.99	0.41	0.09	9.45	0.39	0.11	0.183	0.010	0.001	0.499		
10	41.05	0.44	0.80	0.64	0.19	25.93	0.39	0.05	9.42	0.40	0.04	0.176	0.009	0.000	0.444		
11	39.17	0.39	0.59	0.58	0.19	24.75	0.47	0.08	8.74	0.47	0.08	0.013	0.001	0.000	0.389		
12	38.29	0.33	0.49	0.54	0.21	24.19	0.49	0.16	8.43	0.49	0.16	-0.066	-0.003	0.000	0.333		
13	37.82	0.28	0.44	0.52	0.25	23.90	0.52	0.24	8.26	0.51	0.24	-0.108	-0.006	0.000	0.277		
14	35.88	0.22	0.20	0.44	0.22	22.67	0.61	0.39	7.56	0.58	0.36	-0.291	-0.015	0.001	0.221		
15	32.11	0.17	-0.29	0.26	0.10	20.29	0.76	0.59	6.21	0.72	0.55	-0.676	-0.036	0.002	0.165		
16	27.56	0.11	-0.97	0.07	0.04	17.41	0.86	0.75	4.58	0.87	0.76	-1.207	-0.064	0.003	0.108		
17	27.36	0.06	-1.00	0.07	0.01	17.29	0.87	0.82	4.51	0.88	0.83	-1.232	-0.065	0.003	0.052		
18	25.31	0.00	-1.35	0.02	0.02	15.99	0.91	0.91	3.77	0.92	0.92	-1.503	-0.079	0.004	0.004		
19	22.95	-0.06	-1.79	0.00	0.06	14.50	0.95	1.01	2.93	0.96	1.02	-1.842	-0.097	0.005	0.061		
				$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.25			$\Delta_{m\acute{a}x}$	1.01			$\Delta_{m\acute{a}x}$	1.02			$\Delta_{m\acute{a}x}$	0.94

Para obtener el Δ_t se utiliza la siguiente tabla:

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5.00	0.51	0.56	0.67
10.00	0.37	0.41	0.49
15.00	0.30	0.34	0.40
20.00	0.26	0.29	0.35
25.00	0.24	0.26	0.32
30.00	0.22	0.24	0.29
40.00	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Al momento de tabular se obtiene el siguiente valor:

$$\Delta_t = 0.3$$

A continuación, se presenta un cuadro resumen de todas las distribuciones de probabilidad, con sus respectivos valores obtenidos.

CUADRO 87 Prueba Smirnov Kolmogorov - Distribuciones de Probabilísticas

DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	$\Delta_{m\acute{a}x}$		Δ_t		Preferencia
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR	0.13	<	0.300	Aceptado	1
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II P	0.18	<	0.300	Aceptado	2
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III P	0.23	<	0.300	Aceptado	4
DISTRIBUCIÓN GUMBEL	0.19	<	0.300	Aceptado	3
DISTRIBUCION LOG GUMBEL	0.25	<	0.300	Aceptado	5
DISTRIBUCIÓN GAMA II P	1.01	>	0.300	Rechazado	-
DISTRIBUCIÓN GAMA III P	1.02	>	0.300	Rechazado	-
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III P	0.94	>	0.300	Rechazado	-

4.2.3.3.3. Selección del Método Estadístico Apropriado

A continuación, se presenta un cuadro resumen de todas las pruebas efectuadas anteriormente:

CUADRO 88 Pruebas de Bondad de Ajuste

DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA	Xc^2	Smirnov Kolmogorov
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR	Aceptado	1
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL II P	Aceptado	2
DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL III P	Aceptado	4
DISTRIBUCIÓN GUMBEL	Aceptado	3
DISTRIBUCION LOG GUMBEL	Rechazado	5
DISTRIBUCIÓN GAMA II P	Aceptado	-
DISTRIBUCIÓN GAMA III P	Rechazado	-
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III P	Rechazado	-

Para el caso de la Prueba de Smirnov Kolmogorov se han calificado las funciones según el orden de preferencia, dando 1 a la “mejor” y 5 a la “peor”.

Según Morlat recomienda el uso de Distribuciones de tres parámetros debido a que se toma en cuenta la forma asimétrica de su gráfica. Entonces se elige la Distribución Log Normal III P, esta se ajusta y representa mejor los valores registrados de la información hidrometereológica de la cuenca del Río Chalhuanca.

4.2.4. Intensidad Máxima y Hietograma de Diseño

Para el diseño de un sistema hidrológico se necesita un hietograma de diseño. Normalmente este es utilizado para el cálculo de caudal máximo y el análisis de lluvia – escorrentía.

Para el Hietograma de Diseño se necesita la intensidad máxima de lluvia de diseño y el tiempo de concentración para el área de la cuenca, dado que la escorrentía alcanza su mayor valor en el tiempo de concentración, cuando el área está contribuyendo.

A continuación, se presenta los pasos para la obtención del Hietograma de Diseño. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

4.2.4.1. Intensidad Máxima – Método de Dick Peschke

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Comúnmente se utiliza la intensidad promedio:

$$I = \frac{P}{T_d}$$

Donde:

P : Profundidad de lluvia

T_d : Duración

A continuación, se presenta los pasos para la obtención de la Intensidad Máxima:

- a) Las Intensidades Máximas, son calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara,1991) que relaciona la duración de la tormenta con la Precipitación Máxima en 24 horas.

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1400} \right)^{0.25}$$

Donde:

P_d Precipitación Total(mm)

d : Duración(min)

P_{24h} : Precipitación máxima de 24 horas(mm)

A continuación, se presenta los Cuadros donde se usó la metodología de Dick Peschke, usando la Distribución Probabilística escogida la cual fue Log Normal III P.

CUADRO 89 Precipitación Total (mm) para diferentes duraciones – Intervalos de 10 minutos

Periodo de Retorno	Prec. Máx	Duración en Minutos																				
		T	mm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
2	37.80		10.9	13.0	14.4	15.4	16.3	17.1	17.7	18.4	18.9	19.4	19.9	20.3	20.7	21.1	21.5	21.8	22.2	22.5	22.8	23.1
5	49.93		14.4	17.1	19.0	20.4	21.6	22.6	23.4	24.2	25.0	25.6	26.3	26.8	27.4	27.9	28.4	28.8	29.3	29.7	30.1	30.5
10	58.78		17.0	20.2	22.3	24.0	25.4	26.6	27.6	28.5	29.4	30.2	30.9	31.6	32.2	32.8	33.4	33.9	34.5	35.0	35.4	35.9
50	80.26		23.2	27.6	30.5	32.8	34.6	36.3	37.7	39.0	40.1	41.2	42.2	43.1	44.0	44.8	45.6	46.3	47.0	47.7	48.4	49.0
100	90.19		26.0	31.0	34.3	36.8	38.9	40.7	42.3	43.8	45.1	46.3	47.4	48.5	49.4	50.4	51.2	52.1	52.9	53.6	54.4	55.1
200	100.61		29.0	34.5	38.2	41.1	43.4	45.5	47.2	48.8	50.3	51.7	52.9	54.1	55.2	56.2	57.2	58.1	59.0	59.8	60.6	61.4
500	115.26		33.3	39.6	43.8	47.1	49.8	52.1	54.1	56.0	57.6	59.2	60.6	61.9	63.2	64.4	65.5	66.5	67.6	68.5	69.5	70.4
1000	126.98		36.7	43.6	48.2	51.8	54.8	57.4	59.6	61.6	63.5	65.2	66.8	68.2	69.6	70.9	72.1	73.3	74.4	75.5	76.5	77.5
5000	157.46		45.5	54.1	59.8	64.3	68.0	71.1	73.9	76.4	78.7	80.8	82.8	84.6	86.3	87.9	89.5	90.9	92.3	93.6	94.9	96.1
10000	171.55		49.5	58.9	65.2	70.0	74.1	77.5	80.6	83.3	85.8	88.1	90.2	92.2	94.0	95.8	97.5	99.0	100.6	102.0	103.4	104.7

b) Las Intensidad Máxima se obtiene dividiendo la Precipitación entre la duración en horas.

CUADRO 90 Intensidades Máximas (mm/h) para diferentes duraciones (Intervalos 10)

Periodo de Retorno	Prec. Máx	Duración en Minutos																			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
T	mm																				
2	37.80	65.5	38.9	28.7	23.1	19.6	17.1	15.2	13.8	12.6	11.6	10.8	10.2	9.6	9.0	8.6	8.2	7.8	7.5	7.2	6.9
5	49.93	86.5	51.4	37.9	30.6	25.9	22.6	20.1	18.2	16.6	15.4	14.3	13.4	12.6	11.9	11.3	10.8	10.3	9.9	9.5	9.1
10	58.78	101.8	60.5	44.7	36.0	30.4	26.6	23.7	21.4	19.6	18.1	16.9	15.8	14.9	14.1	13.4	12.7	12.2	11.7	11.2	10.8
50	80.26	139.0	82.7	61.0	49.1	41.6	36.3	32.3	29.2	26.8	24.7	23.0	21.6	20.3	19.2	18.2	17.4	16.6	15.9	15.3	14.7
100	90.19	156.2	92.9	68.5	55.2	46.7	40.7	36.3	32.8	30.1	27.8	25.9	24.2	22.8	21.6	20.5	19.5	18.7	17.9	17.2	16.5
200	100.61	174.3	103.6	76.5	61.6	52.1	45.5	40.5	36.6	33.5	31.0	28.9	27.0	25.5	24.1	22.9	21.8	20.8	19.9	19.1	18.4
500	115.26	199.6	118.7	87.6	70.6	59.7	52.1	46.4	42.0	38.4	35.5	33.1	31.0	29.2	27.6	26.2	25.0	23.8	22.8	21.9	21.1
1000	126.98	219.9	130.8	96.5	77.8	65.8	57.4	51.1	46.2	42.3	39.1	36.4	34.1	32.1	30.4	28.9	27.5	26.3	25.2	24.2	23.3
5000	157.46	272.7	162.2	119.6	96.4	81.6	71.1	63.4	57.3	52.5	48.5	45.2	42.3	39.8	37.7	35.8	34.1	32.6	31.2	30.0	28.8
10000	171.55	297.1	176.7	130.3	105.1	88.9	77.5	69.0	62.5	57.2	52.8	49.2	46.1	43.4	41.1	39.0	37.1	35.5	34.0	32.7	31.4

4.2.4.2. Método del Bloque Alterno

Sirve para obtener el Hietograma de Diseño, en el cual se especifica la Profundidad de la precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración de $T_d = n\Delta t$.

Para el periodo de retorno de 50 años, se calcula las intensidades máximas para duraciones o intervalos de tiempo de 10 minutos. Seguidamente, se multiplica la intensidad máxima con su respectiva duración en horas, obteniendo así la precipitación acumulada o profundidad de precipitación.

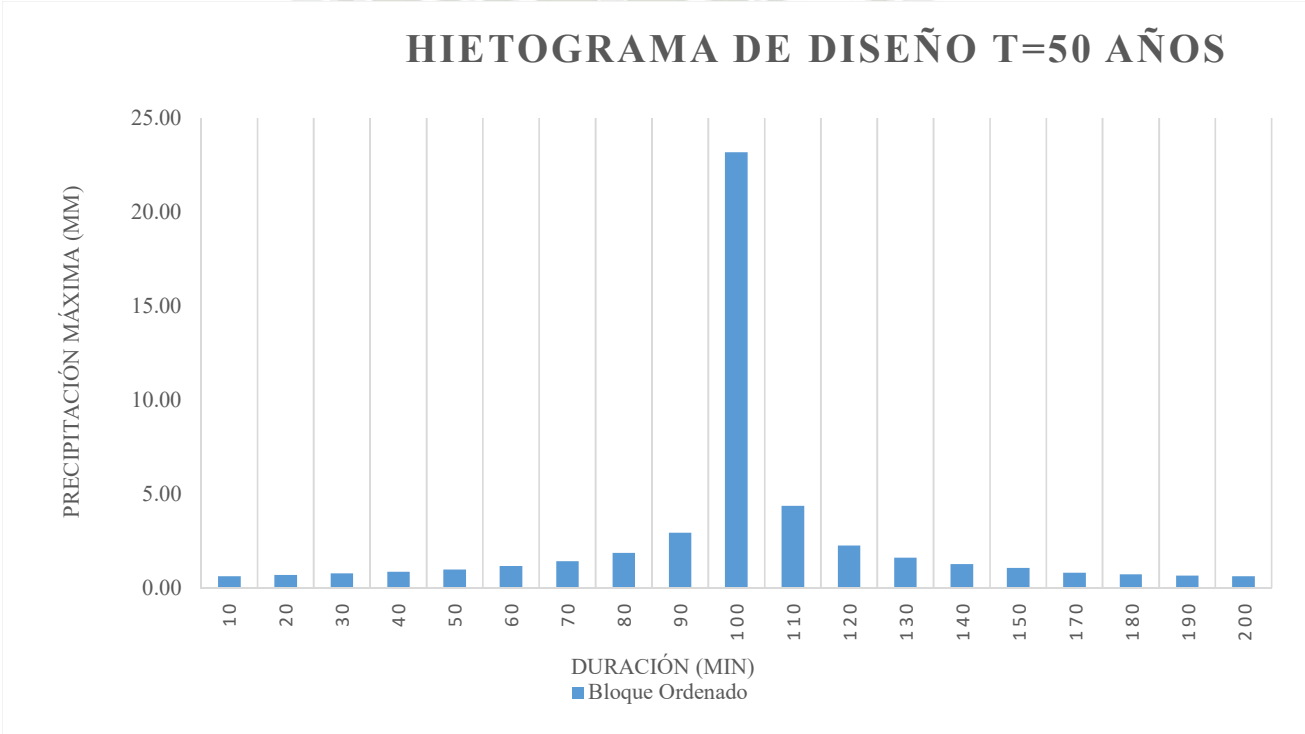
Después se determina la diferencia entre los valores sucesivos de la precipitación acumulada, la cual representa la cantidad de precipitación que deberá asignarse a cada unidad adicional de tiempo Δt . Estos bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de duración requerida T_d y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para obtener el hietograma del diseño (Villón Béjar, 2002).

CUADRO 91 Método del Bloque Alterno

Duración	Intensidad	Prec. Acum.	Prec.Incre.	Tiempo			Bloque Ordenado
min	mm/h	mm	mm	min			
10	139.01	23.17	23.17	0	-	10	0.65
20	82.66	27.55	4.38	10	-	20	0.71
30	60.98	30.49	2.94	20	-	30	0.78
40	49.15	32.77	2.27	30	-	40	0.87
50	41.57	34.65	1.88	40	-	50	0.99
60	36.26	36.26	1.62	50	-	60	1.16
70	32.30	37.69	1.42	60	-	70	1.42
80	29.22	38.97	1.28	70	-	80	1.88
90	26.75	40.13	1.16	80	-	90	2.94
100	24.72	41.20	1.07	90	-	100	23.17
110	23.01	42.19	0.99	100	-	110	4.38
120	21.56	43.12	0.93	110	-	120	2.27
130	20.30	43.99	0.87	120	-	130	1.62
140	19.21	44.82	0.82	130	-	140	1.28
150	18.24	45.60	0.78	140	-	150	1.07
160	17.38	46.34	0.74	150	-	160	0.93
170	16.60	47.05	0.71	160	-	170	0.82
180	15.91	47.72	0.68	170	-	180	0.74
190	15.28	48.37	0.65	180	-	190	0.68
200	14.70	49.00	0.62	190	-	200	0.62

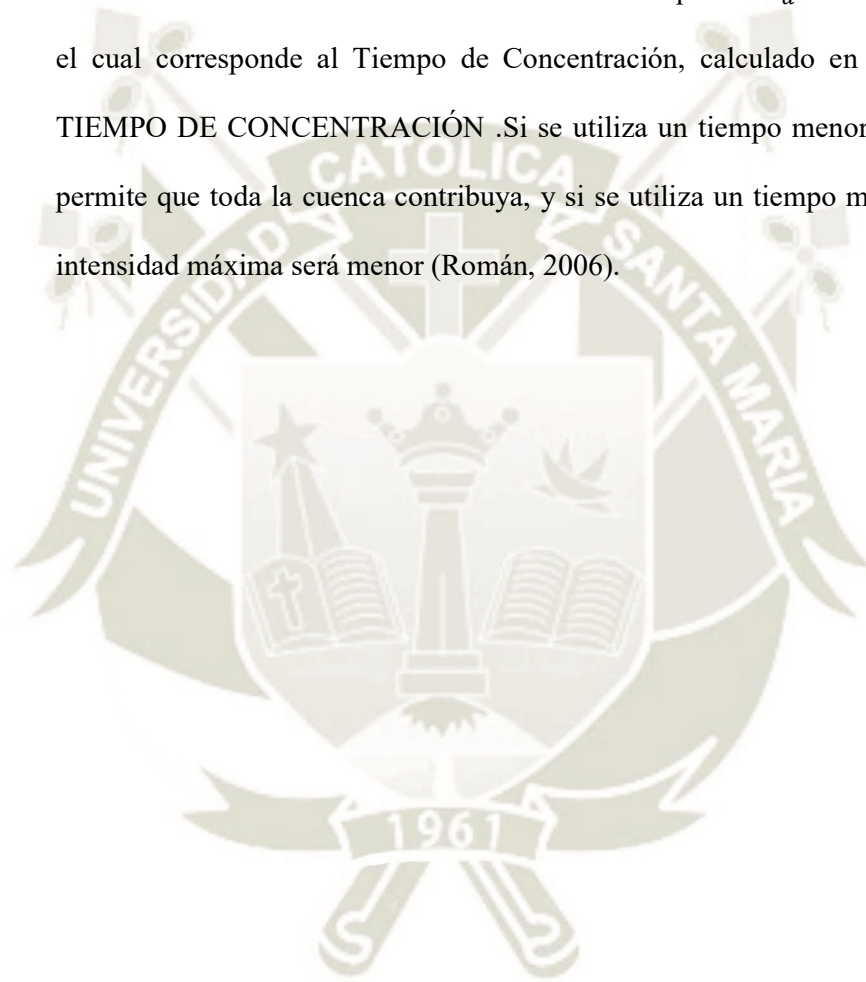
Para la estimación del Caudal Máxima de Diseño, utilizará la columna de Bloque Ordenado, cuando se esté desarrollando el sistema de modelamiento hidrológico HEC-HMS.

Ilustración 36 Método de Bloque Alterno



Se puede apreciar en la Ilustración 36 Método de Bloque Alterno que el mayor bloque corresponde a la Precipitación Incremental de 23.17 mm, correspondiente a una Intensidad Máxima de 139.0 mm/h para un intervalo de duración de 10 minutos o su equivalente de 0.167 horas.

Este valor se encuentra en el centro de duración requerida $T_d = 200 \text{ min}$, el cual corresponde al Tiempo de Concentración, calculado en el ítem TIEMPO DE CONCENTRACIÓN. Si se utiliza un tiempo menor, no se permite que toda la cuenca contribuya, y si se utiliza un tiempo mayor, la intensidad máxima será menor (Román, 2006).





CAPÍTULO V

5. ESTIMACIÓN DE CAUDAL MÁXIMO

Para la estimación del Caudal Máximo de Diseño del Río Chalhuanca, se requiere los siguientes parámetros:

- Hietograma de Diseño
- Tiempo de Concentración que será igual al tiempo de duración de la lluvia de tormenta.
- Número de Curva el cual es un parámetro característico de la capacidad del uso del suelo y el grado ó nivel de Impermeabilidad expresado en porcentaje de cada cuenca.

Los parámetros listados son utilizados en el Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS 4.1 en este ítem se desarrolla el procedimiento adecuado para determinar el Caudal Máximo de Diseño, utilizando el mencionado software. Luego el valor obtenido se compara con el del Método Racional Modificado de Témez y se concluye con el valor definitivo del Caudal Máximo de Diseño del Río Chalhuanca.

5.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

También denominado tiempo de respuesta o de equilibrio (Llamas, 1993), lo define como el tiempo requerido para que, durante una lluvia uniforme, se alcance el estado estacionario, es decir, el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya eficazmente a la generación del flujo de desagüe.

Se atribuye al tiempo de concentración al tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto de la cuenca más alejado (según el recorrido del drenaje) del desagüe en llegar a este.

Esto no se corresponde con el fenómeno real, ya que puede haber puntos de la cuenca en que el agua caída tarde más en llegar al desagüe que el más alejado (Llamas, 1993).

Además, debe tenerse claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante, depende de la intensidad de la lluvia, aunque muy ligeramente (Reyes, 1992).

Por tener el tiempo de concentración un cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de las características morfológicas y geométricas de la cuenca, las cuales ya han sido calculadas y son presentadas en resumen en el ítem 4.2.1.7 Resumen de los Parámetros Fisiográficos de la Cuenca del Río Chalhuanca, de los cuales solo se necesitarán los siguiente parámetros:

CUADRO 92 Datos Cauce y Cuenca del Río Chalhuanca

Parámetros	Símbolo	Valor
Longitud Total del Cauce Principal	L	25 300.49 m
Pendiente del Cauce Principal	S	0.02 m/m
Desnivel del Cauce Principal	H	630 m
Área total de la cuenca	A	214.60 Km ²

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas:

5.1.1. Fórmula de Kirpich

Calcula el tiempo de concentración en horas, según la expresión:

$$T_c = 0.06628L^{0.77}S^{-0.385}$$

Donde:

L : Longitud del cauce principal (Kilómetros)

S : Pendiente promedio del recorrido principal(m/m)

$$T_c = 3.31 \text{ horas}$$

$$T_c = 198.34 \text{ min}$$

5.1.2. Fórmula de California (del U.S.B.R.)

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Donde:

L : Longitud del cauce principal (Kilómetros)

S : Pendiente promedio del recorrido principal(m/m)

$$T_c = 3.31 \text{ horas}$$

$$T_c = 198.56 \text{ min}$$

5.1.3. Fórmula de Giandotti

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca en horas:

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3\sqrt{SL}}$$

Donde:

- A*: Área total de la cuenca(Km²)
- L*: Longitud del cauce principal (Kilómetros)
- S*: Pendiente promedio del recorrido principal(m/m)

$$T_c = 4.81 \text{ horas}$$

$$T_c = 288.47 \text{ min}$$

5.1.4. Fórmula de Témez

Se deriva de la fórmula del U.S. Army Corps of Engineers.

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Donde:

- L*: Longitud del cauce principal (Kilómetros)
- S*: Pendiente promedio del recorrido principal(m/m)

$$T_c = 7.05 \text{ horas}$$

$$T_c = 423.03 \text{ min}$$

5.1.5. Fórmula de California Culvert Practice

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

- L*: Longitud del cauce principal (metros)
- H*: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y el desagüe de la cuenca (metros)

$$T_c = 423.03 \text{ min}$$

$$T_c = 7.05 \text{ horas}$$

5.1.6. Hathaway

$$T_c = \frac{36.36(L * n)^{0.467}}{S^{0.243}}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal (kilómetros)

S: Pendiente promedio del recorrido principal(m/m)

n: Factor de rugosidad

CUADRO 93 Factor *n* rugosidad - Fórmula Hathaway

Tipos de Superficie	<i>n</i>
Bosques de Coníferas, Bosques Talados, con gran cantidad de escombros o hierbas	0.80
Montes secos, Bosques Talados	0.60
Pastizales	0.40
Poca Hierba, cultivos cosechados, suelos desnudos moderadamente rugosos.	0.20
Suelos medianamente removidos.	0.10
Suelos moderadamente removidos.	0.02

$$T_c = 262.89 \text{ min}$$

$$T_c = 4.38 \text{ horas}$$

El Método de Kirpich está desarrollado a partir de la información del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), el cual es el Método que utiliza el Software HEC-HMS 4.1 para poder estimar o calcular el caudal máximo,

por lo tanto, se concluye que el Tiempo de Concentración para la Cuenca del Río Chalhuanca, será el tiempo de concentración obtenido con el Método de Kirpich, siendo este valor igual a 200 min.

5.2. NÚMERO DE CURVA E IMPERMEABILIDAD

También llamado número adimensional de curva o número de curva que corresponde al área específica de estudio.

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelo:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limo agregados
 - Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
 - Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
 - Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.
- (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Para la generación del número de curva de las cuencas ó áreas de estudio, se determinó las capacidades y tipos de usos de suelos que dichas áreas presentan. Basándonos en la Generación del Mapa

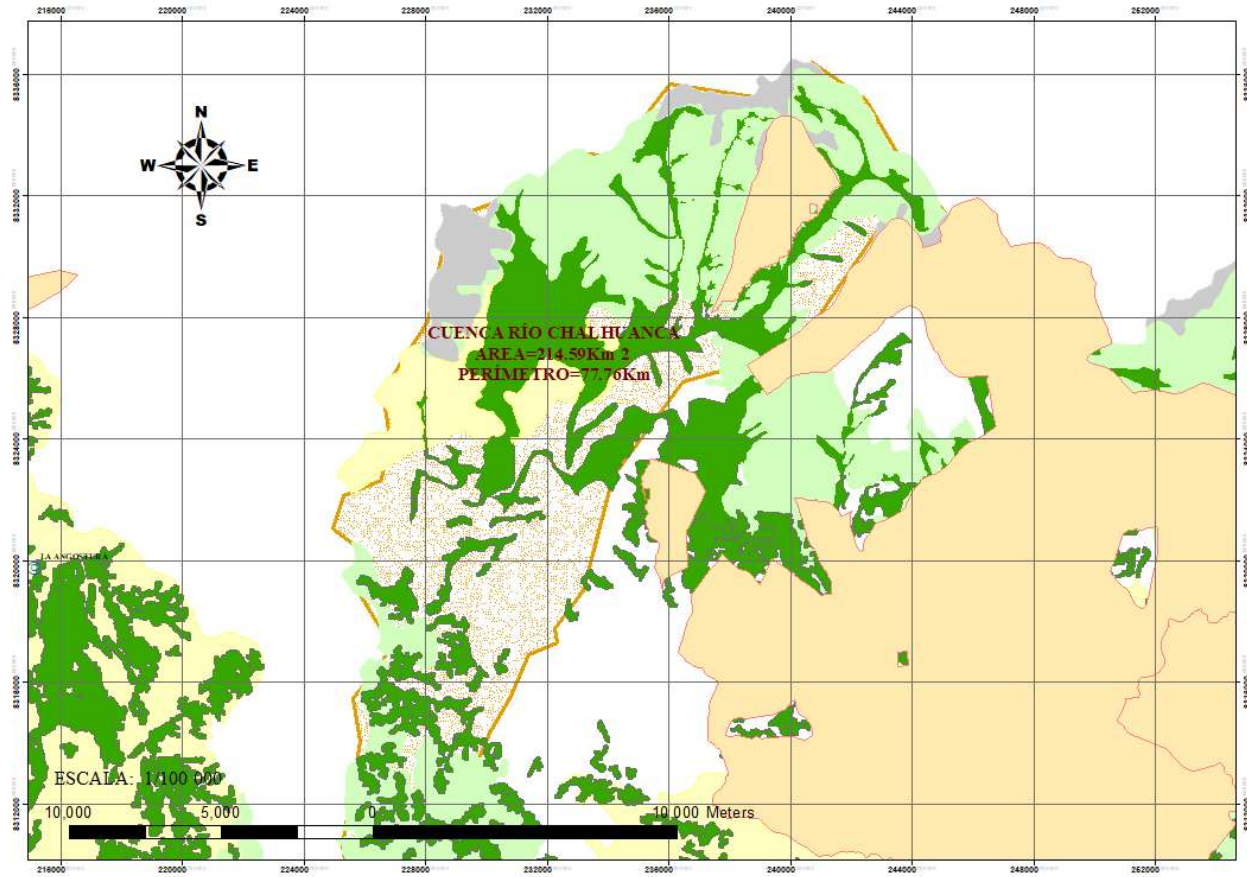
Temático de Curva Número (CN) realizado por la Autoridad Nacional del Agua (2015) de donde podemos resumir la siguiente tabla:

CUADRO 94 Número de Curva

ITÉM	Símbolo	Descripción	A	B	C	D
1	AR	Área Rural	54	70	80	85
2	SA v	Suelo Andino sin vegetación	77	86	91	94
3	PL osv	Planicies onduladas sin vegetación	77	86	91	94
4	PL ocp	Planicies onduladas con vegetación	68	79	86	89
5	Ht	Herbazal de Tundra	48	67	77	83
6	Pj	Pajonal de Puna	68	79	86	89
7	Nev	Nevados	100	100	100	100

Además, se usó el mapa de ecosistemas agrarios el cual forma parte de los mapas temáticos del Medio Socio Económico comprendidos dentro la Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca Camaná-Majes -Colca

Ilustración 37 Número de Curva - Cuenca del Río Chalhuanca



Para el cálculo de porcentaje de impermeabilidad se utilizaron imágenes satelitales, donde se asignaron las respectivas áreas impermeables de la Cuenca del Río Chalhuanca, para todo esto se usó el software ARCGIS 10.3.

$$Imp \% = \frac{Pj + Nev + B}{Área Cuenca} * 100\%$$

$$Imp \% = 39.91\%$$

CUADRO 95 Determinación del Número de Curva - Cuenca del río Chalhuanca

Descripción	Área(km2)	%Imp	Área*%Imp
Pajonal de Puna	15.82	0.79	12.50
Nevados	13.87	1.00	13.87
Bofedales	65.85	0.90	46.75
Área de Cuenca	214.59		
Porcentaje de Impermeabilización			39.91%

De acuerdo a libro Turberas Altoandina – Proyecto Peatlands in the Tropical andes, en la página 44 indica que la característica de las turberas o bofedales en los Andes peruanos tienen una gran capacidad para almacenar carbono y agua, debido al drenaje limitado se encuentran permanentemente húmedas o inundadas. (Izurieta, 2005)

En la guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal publicada por el Ministerio del Ambiente en el subtítulo 5.3 Servicios de regulación que proveen los bofedales, indica que los bofedales se caracterizan:

-Almacén de agua: La turba funciona como una esponja que permite retener con más fuerza el agua almacenada en su interior, lo que también permite reducir la velocidad en el movimiento del agua al interior del bofedal.

-Regulación hídrica: Si la turba actúa como una esponja entonces no se liberará agua en la época de estiaje, sino solo durante las lluvias (el excedente que no puede ser almacenado en el bofedal). (Ambiente, 2019)

A continuación, se presenta un cuadro donde se encuentran las capacidades de suelo de la Cuenca del Río Chalhuanca y sus respectivas áreas, gracias a la generación de polígonos en el Software ARC GIS 10.3, correspondientes al Mapa de Cobertura Vegetal y Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca Camaná-Majes -Colca de la Región de Arequipa.

Las áreas a considerarse dentro del cálculo de porcentaje de impermeabilización fueron seleccionadas de acuerdo al libro de Hidrología de Andrés Eduardo Torres Abello.

CUADRO 96 Determinación del Número de Curva - Cuenca del río
Chalhuanca

ITÉM	Símbolo	Descripción	Área(Km2)	CN	Área*CN
1	AR	Área Rural	12.96	80	1037.14
2	PL ocp	Planicies onduladas con vegetación	40.28	68	2739.04
3	Ht	Herbazal de Tundra	65.80	48	3158.47
4	Pj	Pajonal de Puna	15.82	79	1249.98
5	Nev	Nevados	13.87	100	1386.85
6	B	Bofedales	65.85	90	5926.43
Área de Cuenca			214.59		15497.91
CN Cuenca Media			72		
Porcentaje de Impermeabilización			39.91%		

5.3. SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO HEC-HMS 4.1

El software HEC-HMS 4.1 (Hydrologic Modeling System) utiliza el Modelo del número de curva del SCS (SCS Curver Number) , para lo cual requiere los siguientes parámetros de la cuenca:

- Número de Curva
- Porcentaje de Impermeabilidad

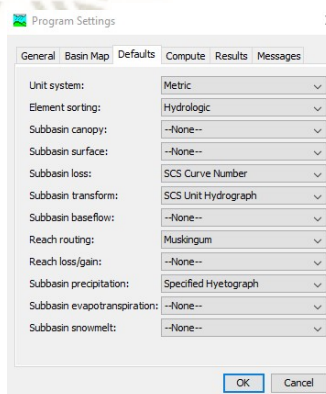
A continuación, se presenta el procedimiento utilizado en el software HEC-HMS 4.1 (Flumen Dinamica Fluvial, 2014)

A. Se deberán ingresar los siguientes parámetros al Software.

CUADRO 97 Parámetros de Cuenca Río Chalhuanca - HEC HMS

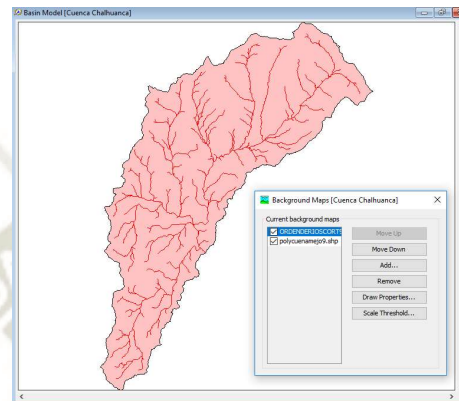
Área de Cuenca	214.59
CN Cuenca Media	72
Porcentaje de Impermeabilización	39.91%
Tiempo de retardo	119.00 Min

B. Seguidamente, se realiza la siguiente configuración en el Software HEC-HMS.




C. Seguidamente, se crea un nuevo proyecto y se generan un Basin Model Manager

D. Luego importamos los archivos en formato shape de la cuenca del Río Chalhuanca y el de orden de ríos, para esto en la ficha View hacemos click en Background maps añadiremos los archivos descritos.



E. Seguidamente creamos los siguientes elementos:

a. Una Cuenca con Subbasin Creation Tool 


b. Una salida con Sink Creation Tool 

Ilustración 38 Sistema Hidrológico



F. Ahora se procede a enrutar el sistema, entonces en la opción downstream del elemento cuenca se enlaza con el elemento de salida.

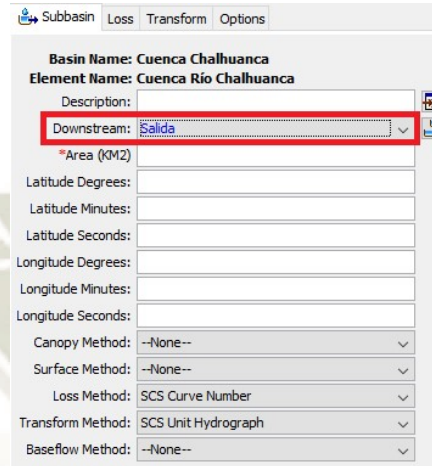
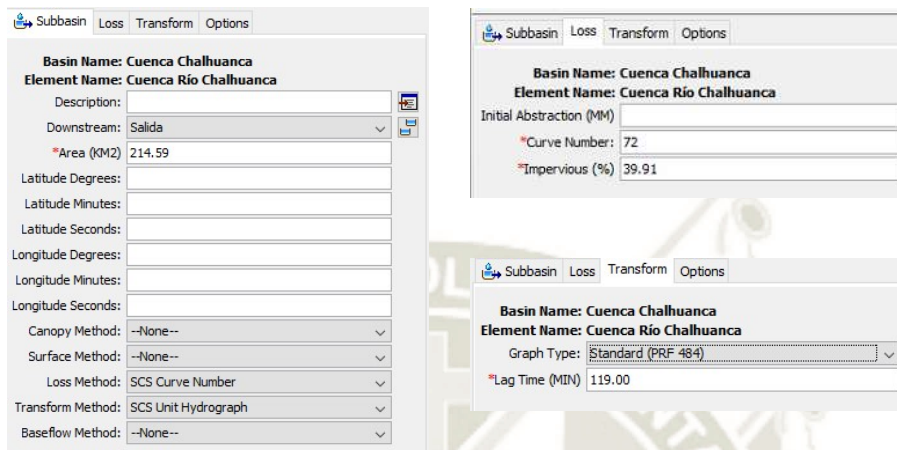


Ilustración 39 Sistema Hidrológico conectado - Cuenca Río Chalhuauca



G. A continuación, se colocan los parámetros de la cuenca, calculados en los capítulos anteriores.

Ilustración 40 Parámetros - Cuenca del Río Chalhuanca

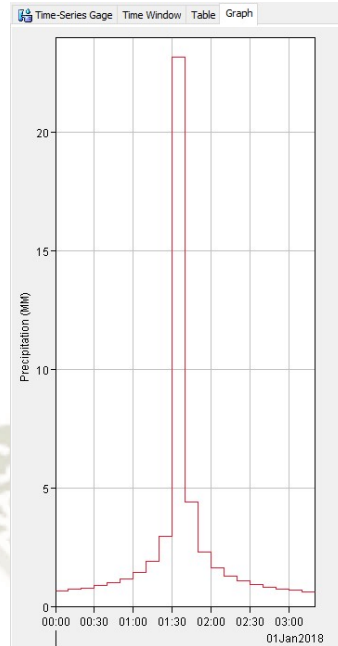


H. Luego, se inserta los valores del Hietograma de Diseño el cual se calculo con el Método del Bloque Alterno, en Components – haciendo click en Time Series Data Manager.

Ilustración 41 Datos - Método Bolque Alterno

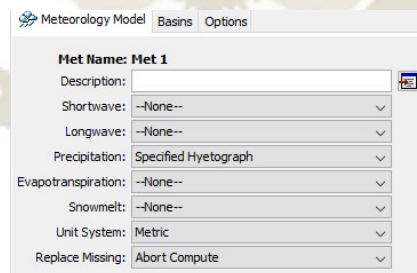
Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01ene2018, 00:00	
01ene2018, 00:10	0.65
01ene2018, 00:20	0.71
01ene2018, 00:30	0.78
01ene2018, 00:40	0.87
01ene2018, 00:50	0.99
01ene2018, 01:00	1.16
01ene2018, 01:10	1.42
01ene2018, 01:20	1.88
01ene2018, 01:30	2.94
01ene2018, 01:40	23.17
01ene2018, 01:50	4.38
01ene2018, 02:00	2.27
01ene2018, 02:10	1.62
01ene2018, 02:20	1.28
01ene2018, 02:30	1.07
01ene2018, 02:40	0.93
01ene2018, 02:50	0.82
01ene2018, 03:00	0.74
01ene2018, 03:10	0.68
01ene2018, 03:20	0.62

Ilustración 42 Hietograma de Diseño



I. Después se ingresa el Modelo Meteorológicos , en Componentes y haciendo click en Meteoreology Model Manager

Ilustración 43 Parámetros del modelo meteorológico



Meteorology Model Basins Options

Met Name: Met 1

Description:

Shortwave: --None--

Longwave: --None--

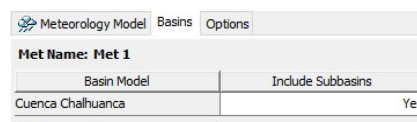
Precipitation: Specified Hyetograph

Evapotranspiration: --None--

Snowmelt: --None--

Unit System: Metric

Replace Missing: Abort Compute



Meteorology Model Basins Options

Met Name: Met 1

Basin Model	Include Subbasins
Cuenca Chalhuanca	Yes

J. Se crea el Control de Tiempo, en el cual se especificará el tiempo en el cual se hará el análisis.

El caudal máximo obtenido para un periodo de retorno de 50 años es de $424.40 \frac{m^3}{s}$.

5.4. APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO DE TEMEZ

El Método Racional modificado de Témez se usa para el cálculo de caudales máximos en cuencas con tiempo de concentración entre 0.25 y 24 horas y áreas menores a 770 Km^2 .

Ecuación 31 Fórmula Método Racional modificado de Témez

$$Q = \frac{C * I * A * K}{3.6}$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)
- C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (Km^2)
- K : Coeficiente de Uniformidad

5.4.1. Tiempo de Concentración (T_c)

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

- T_c : Tiempo de Concentración (horas)
- L: Longitud del cauce mayor (Km)
- S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

CUADRO 98 Datos y resultado Tiempo de Concentración

L	25300.49 M
S	0.02 m/m
Tc	7.05 Horas

5.4.2. Coeficiente de Uniformidad (K)

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

CUADRO 99 Datos y resultado Coeficiente de Uniformidad

Tc	7.05	Horas
K	1.45	

5.4.3. Coeficiente de Simultaneidad (KA)

$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

CUADRO 100 Datos y resultado Coeficiente de Simultaneidad

A	214.60	Km ²
Ka	0.84	

5.4.4. Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (P)

$$P = K_A * P_d$$

Donde:

P_d : Precipitación Máxima 24 horas (mm)

CUADRO 101 Datos y resultado Precipitación Máxima Corregida sobre la
Cuenca

Pd	80.26 Mm
P	67.78 Mm

5.4.5. Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \frac{P}{24} * 11^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

CUADRO 102 Datos y resultado Intensidad de Precipitación

Tc	7.05 Horas
P	67.78 mm
I	8.40 mm/h

5.4.6. Umbral de Escorrentía (Po)

CUADRO 103 Umbral de Escorrentía

ITÉM	Símbolo	Descripción	Área(Km2)	Po	Área*Po
1	AR	Área Rural	12.96	14	181.50
2	PL ocp	Planicies onduladas con vegetación	40.28	10	402.80
3	Ht	Herbazal de Tundra	65.80	14	921.22
4	Pj	Pajonal de Puna	15.82	14	221.52
5	Nev	Nevados	13.87	0	0.00
Área de Cuenca			214.59	Km	1727.04
Po media de Cuenca			8.05	Mm	

5.4.7. Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P - P_0) * (P + 23 * P_0)}{(P + 11 * P_0)^2}$$

CUADRO 104 Datos y resultado Coeficiente de Escorrentía

P	67.7835697 mm
Po	8.05 mm
C	0.62

5.4.8. Caudal Máximo (Q)

$$Q = \frac{C * I * A * K}{3.6}$$

CUADRO 105 Caudal Máximo - Método Racional modificado de Témez

C	0.62	
I	8.40	mm/h
A	214.60	Km2
K	1.45	
Q	449.15	m3/s

5.5. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se presentan los caudales obtenidos mediante el programa HEC HMS 4.1 y el Método Racional modificado de Témez.

CUADRO 106 Resultados de Caudales Máximos

Método	Resultado	Unidad
HEC HMS 4.1	424.40	m3/s
Método Racional modificado de Témez	449.15	m3/s

Por lo cual se utilizará un promedio de ambos siendo este 436.78 m³/s para un periodo de retorno de 50 años.



CAPÍTULO VI

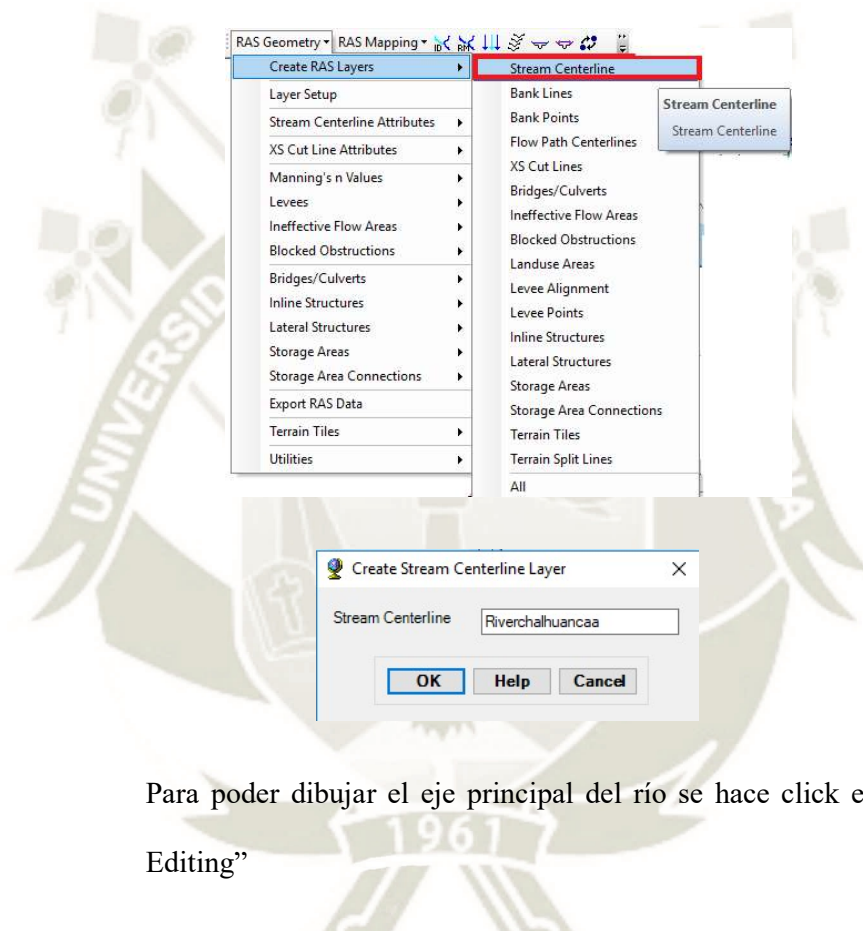
6. MODELAMIENTO DEL CAUDAL MÁXIMO - INUNDACIÓN Y DELIMITACIÓN DE FAJA MARGINAL

A continuación se realizará el modelamiento para obtener el mapa de inundación del Río Chalhuanca, y con este se obtendrá la delimitación de la faja marginal en dos casos en los cuales la variable será el caudal de trasvase proveniente de los Ríos Apurímac y Hornillos que serán transportados por los túneles Pucará y Trasandino, este caudal será de $30 \text{ m}^3/\text{s}$, para uno de los casos se considerará el caudal calculado en el capítulo V, más el caudal que será transportado por los túneles Pucará y Trasandino, y de esta forma apreciar la magnitud con la cual la faja marginal cambia con el aporte de los dos ríos previamente mencionados y alertar a los poblados cercanos de la futura faja marginal que tendría una vez terminado el Proyecto Especial Majes Siguan II.

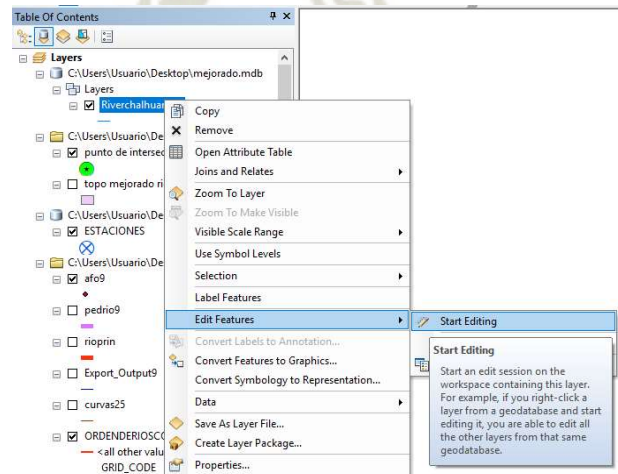
En este capítulo se usarán tres programas los cuales son ARC GIS 10.3, HEC RAS 4.1 y la extensión del programa ARC GIS 10.3 la cual es el HEC GEO RAS 5.0.3 (Villanueva, 2016).

6.1. DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES HIDRÁULICAS DEL RÍO CHALHUANCA CON ARC GIS 10.3

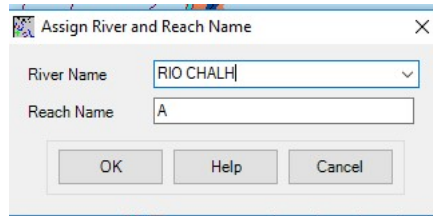
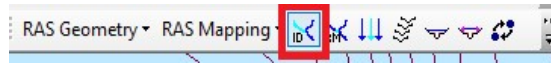
- I. Creamos el cauce del río, por lo cual se hace click en “Stream Centerline”



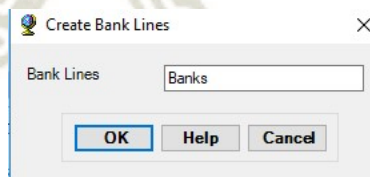
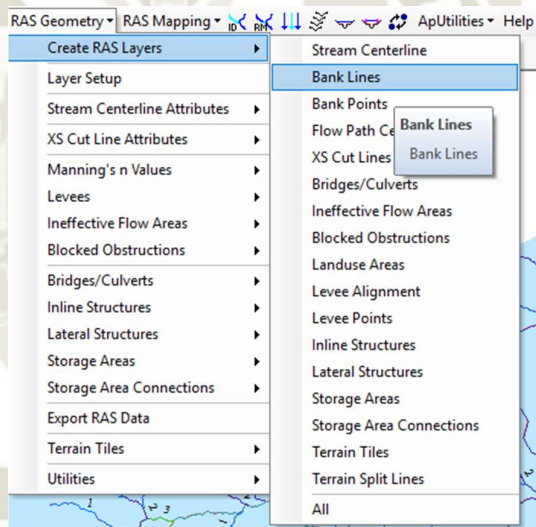
- Para poder dibujar el eje principal del río se hace click en “Start Editing”



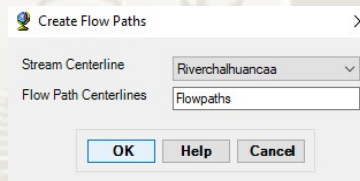
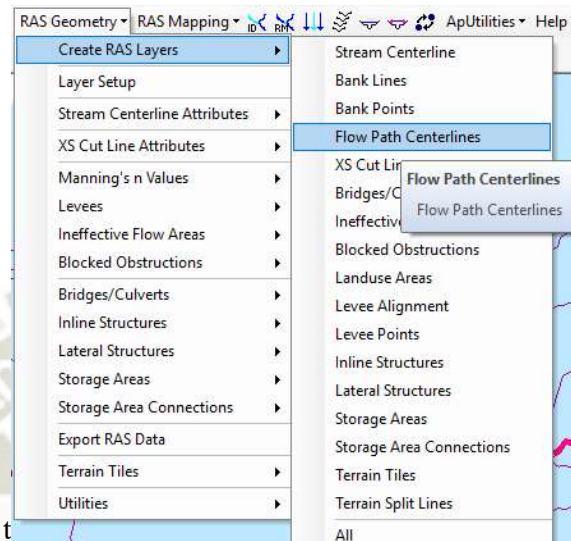
II. Se procede a asignar el nombre del río y del tramo correspondiente.



III. Luego creamos los márgenes derecho e izquierdo del Río Chalhuanca, para lo cual se hace click en “Bank lines”



IV. Seguidamente creamos el espacio de modelación , haciendo click en “Flow Path Centerline”



Realizamos la asignación de los Márgenes derecho e izquierdo del río en “Select Flowpath and Assign LineType Attributes”

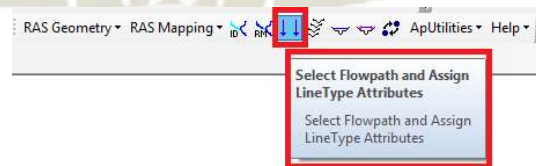


Ilustración 44 Asignación Margen Derecho Río Chahuanca

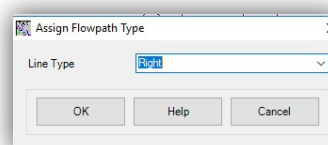
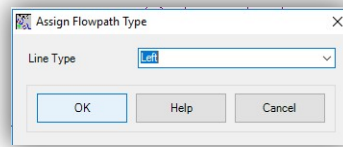
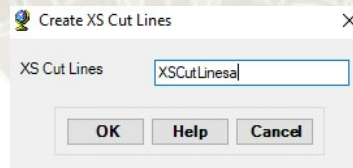
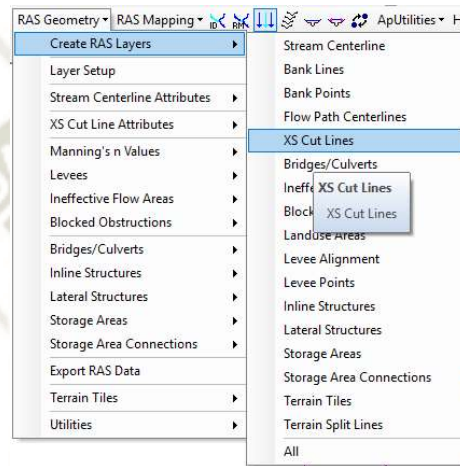


Ilustración 45 Asignación Margen Izquierdo Río Chalhuanca



V. Se procede a crear las secciones transversales con



VI. Finalmente exportamos el archivo creado.

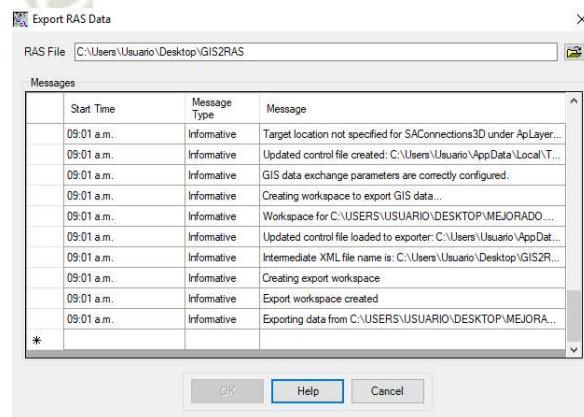
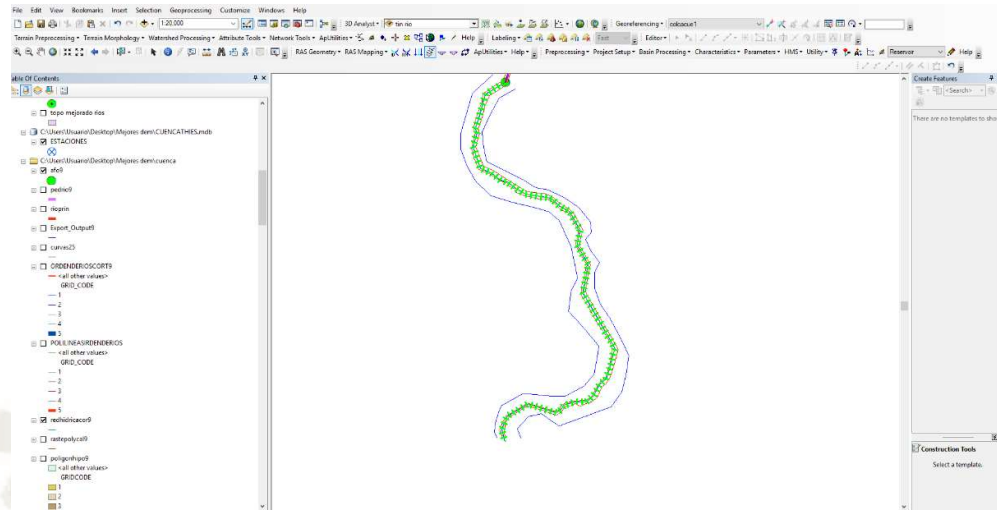


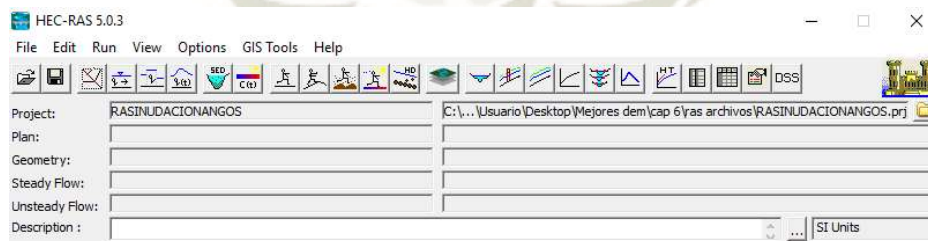
Ilustración 46 Elemento de Geometría - Río Chalhuanca

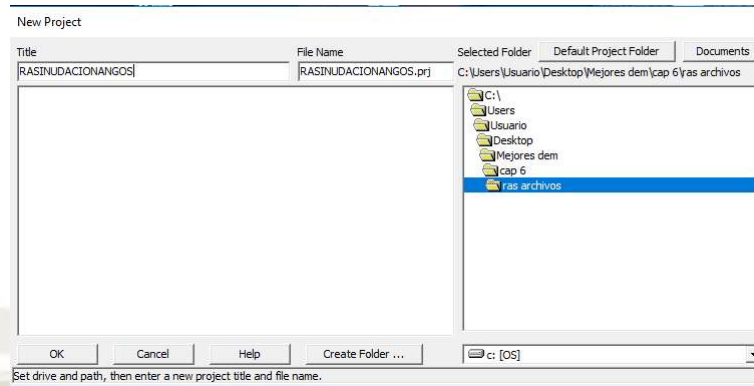


6.2. MODELAMIENTO DE LAS SECCIONES HIDRÁULICAS DEL RÍO CHALHUANCA CON HEC-RAS 5.0.3

- I. En el programa HEC-RAS 5.0.3 , se creará un nuevo archivo , en la misma dirección donde se guardó el archivos GIS10.3 que fue exportado

Ilustración 47 Archivo en HEC RAS 5.0.3 - Río Chalhuanca





II. Seguidamente, para exportar las secciones transversales , se hace click en el ícono “View/Edit Geometric Data ”

Ilustración 48 Ícono View/ Edit Geometric Data

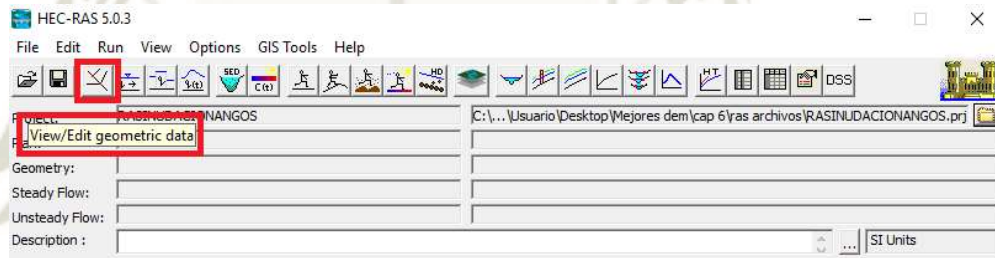
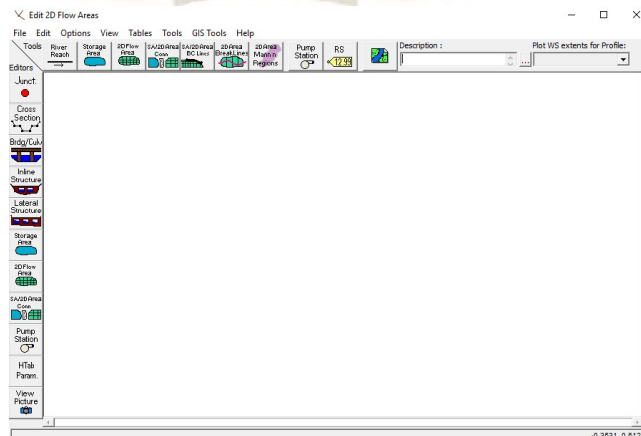


Ilustración 49 Ventana Emergente al hacer click en Ícono View/ Edit Geometric Data



En esta última ventana emergente, es donde se importa el archivo en formato GIS que se guardó.

Ilustración 50 Dirección GIS format

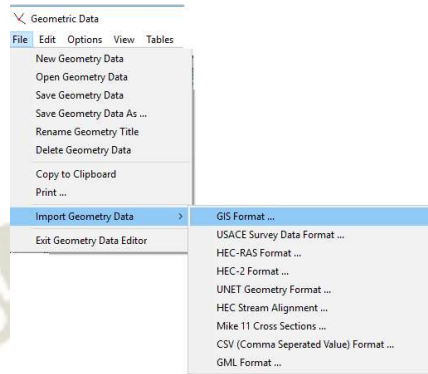


Ilustración 51 Ventana Emergente al hacer click en GIS format

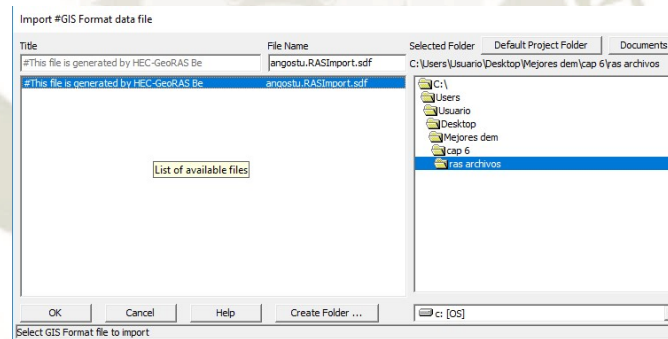
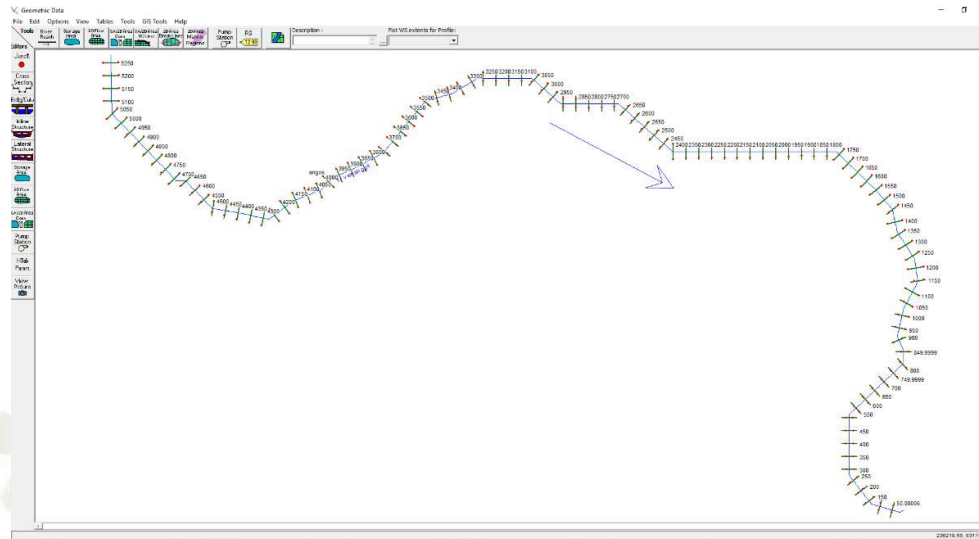


Ilustración 52 Archivo GIS de secciones transversales en HEC RAS 5.0.3 - Río Chalhuanca



6.2.1. Determinación de coeficiente de Rugosidad del Río Chalhuanca

6.2.1.1. Método Cowan

Este método usa la siguiente ecuación:

Ecuación 32 Ecuación - Método Cowan

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

Dónde:

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme y liso en los materiales involucrados.

n_1 : Rugosidad adicional debido a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo de estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debido a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo de estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debido a obstrucciones existentes en el cauce.

n_4 : Rugosidad adicional equivalente debido a la presencia de vegetación

m_5 : Factor de corrección para incorporar efectos de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

CUADRO 107 Valores de Cowan

Condiciones de Canal		Valores			
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020		
	Corte en Roca		0.025		
	Grava Fina		0.024		
	Grava Gruesa		0.028		
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000		
	Menor		0.005		
	Moderado		0.010		
	Severo		0.020		
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000		
	Ocasionalmente Alternante		0.005		
	Frecuentemente Alternante		0.010	-	0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000		
	Menor		0.010	-	0.015
	Apreciable		0.020	-	0.030
	Severo		0.040	-	0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.050	-	0.010
	Media		0.010	-	0.025
	Alta		0.025	-	0.050
	Muy Alta		0.050	-	0.100
Grado de los Efectos de Meandro	Menor	m_5	1		
	Apreciable		1.15		
	Severo		1.3		

CUADRO 108 Valores de Manning - Río Chalhuanca

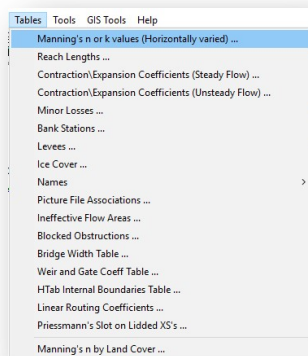
Progresiva	Izquierda							Centro							Derecha						
	no	n1	n2	n3	n4	m5	n	no	n1	n2	n3	n4	m5	n	no	n1	n2	n3	n4	m5	n
0.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
250.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
500.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
750.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
1000.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
1250.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
1500.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
1750.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
2000.00	0.028	0.000	0.005	0.010	0.005	1.000	0.048	0.028	0.010	0.005	0.000	0.000	1.000	0.043	0.028	0.000	0.005	0.015	0.005	1.000	0.053
2250.00	0.028	0.000	0.010	0.010	0.005	1.000	0.053	0.028	0.010	0.010	0.000	0.000	1.000	0.048	0.028	0.000	0.010	0.015	0.005	1.000	0.058
2500.00	0.028	0.000	0.010	0.010	0.005	1.000	0.053	0.028	0.010	0.010	0.000	0.010	1.000	0.058	0.028	0.000	0.010	0.015	0.010	1.000	0.063
2750.00	0.028	0.000	0.010	0.010	0.005	1.000	0.053	0.028	0.010	0.010	0.000	0.010	1.000	0.058	0.028	0.000	0.010	0.015	0.010	1.000	0.063
3000.00	0.028	0.005	0.010	0.015	0.010	1.000	0.068	0.028	0.010	0.010	0.000	0.010	1.000	0.058	0.028	0.005	0.010	0.010	0.010	1.000	0.063
3250.00	0.028	0.005	0.010	0.015	0.010	1.000	0.068	0.028	0.010	0.010	0.000	0.010	1.000	0.058	0.028	0.005	0.010	0.010	0.010	1.000	0.063
3500.00	0.028	0.005	0.010	0.015	0.010	1.000	0.068	0.028	0.010	0.010	0.000	0.010	1.000	0.058	0.028	0.005	0.010	0.010	0.010	1.000	0.063
3750.00	0.028	0.005	0.010	0.015	0.010	1.000	0.068	0.028	0.010	0.010	0.000	0.005	1.000	0.053	0.028	0.005	0.010	0.010	0.010	1.000	0.063
4000.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.010	0.000	0.005	1.000	0.053	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068
4250.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.010	0.000	0.005	1.000	0.053	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068
4500.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.015	0.000	0.005	1.000	0.058	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068
4750.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.015	0.000	0.005	1.000	0.058	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068
5000.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.015	0.000	0.005	1.000	0.058	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068
5150.00	0.028	0.005	0.015	0.015	0.010	1.000	0.073	0.028	0.010	0.015	0.000	0.005	1.000	0.058	0.028	0.005	0.015	0.010	0.010	1.000	0.068



III. Procedemos a colocar los coeficientes de Manning, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento

- a. Click en Tables
- b. Luego elegir la opción de Manning's n o k values

Ilustración 53 HEC RAS 5.0.3 - Valores de Manning - Río Chalhuanca



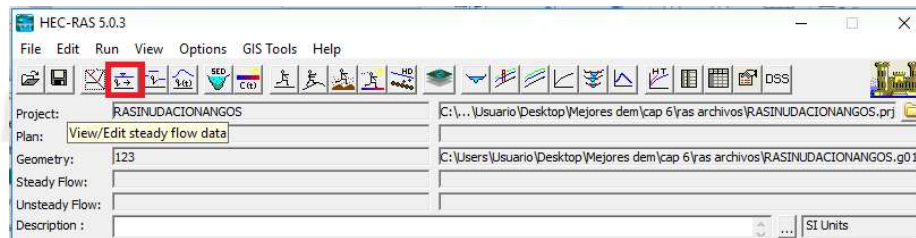
- c. Seguidamente aparecerá una ventana en la que se debe colocar los valores de Manning calculados.

Ilustración 54 Ventana Emergente al hacer click en Manning's n o k values

Reach	Friction (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 5250	n	0.073	0.058	0.068
2 1200	n	0.073	0.058	0.068
3 5150	n	0.073	0.058	0.068
4 5100	n	0.073	0.058	0.068
5 5050	n	0.073	0.058	0.068
6 3000	n	0.073	0.058	0.068
7 4950	n	0.073	0.058	0.068
8 4900	n	0.073	0.058	0.068
9 4850	n	0.073	0.058	0.068
10 4800	n	0.073	0.058	0.068
11 4750	n	0.073	0.058	0.068
12 4700	n	0.073	0.058	0.068
13 4650	n	0.073	0.058	0.068
14 4600	n	0.073	0.058	0.068
15 4550	n	0.073	0.058	0.068
16 4500	n	0.073	0.058	0.068
17 4450	n	0.073	0.053	0.068
18 4400	n	0.073	0.053	0.068
19 4350	n	0.073	0.053	0.068
20 4300	n	0.073	0.053	0.068
21 4250	n	0.073	0.053	0.068
22 4200	n	0.073	0.053	0.068
23 4150	n	0.073	0.053	0.068
24 4100	n	0.073	0.053	0.068
25 4050	n	0.073	0.053	0.068
26 4000	n	0.073	0.053	0.068
27 3950	n	0.068	0.053	0.063
28 3900	n	0.068	0.053	0.063
29 3850	n	0.068	0.053	0.063
30 3800	n	0.068	0.053	0.063
31 3750	n	0.068	0.048	0.063
32 3700	n	0.053	0.048	0.058
33 3650	n	0.053	0.048	0.058
34 3600	n	0.053	0.048	0.058
35 3550	n	0.053	0.048	0.058
36 3500	n	0.053	0.048	0.058
37 3450	n	0.053	0.048	0.058
38 3400	n	0.053	0.048	0.058
39 3350	n	0.053	0.048	0.058
40 3300	n	0.053	0.048	0.058
41 3250	n	0.053	0.048	0.058
42 3200	n	0.053	0.048	0.058
43 3150	n	0.053	0.048	0.058
44 3100	n	0.053	0.048	0.058
45 3050	n	0.053	0.048	0.058
46 3000	n	0.053	0.048	0.058
47 2950	n	0.053	0.048	0.058
48 2900	n	0.053	0.048	0.058
49 2850	n	0.053	0.048	0.058
50 2800	n	0.053	0.048	0.058

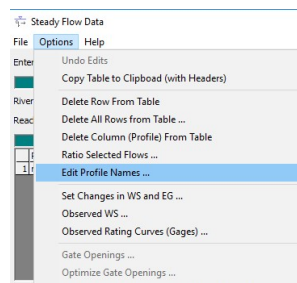
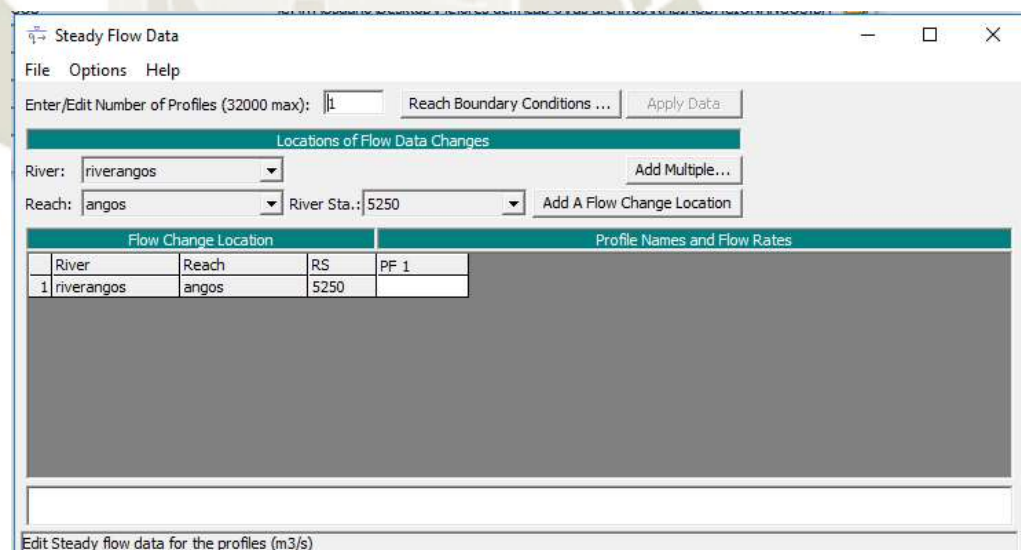
IV. En la Ventana principal del HEC-RAS 5.0.3 Click en Steady Flow data

Ilustración 55 Ventana Principal – HEC RAS 5.0.3 – Steady Flow Data



Seguidamente, en la ventana emergente “Steady Flow Data ” editar el nombre del perfil haciendo click en Options y en Edit Profile Names.

Ilustración 56 Ventana Emergente de Steady Flow Data - Río Chaluhanca



V. Luego, se establece la simulación del flujo.

Ilustración 57 Comando para establecer una simulación del flujo -
HEC RAS 5.0.3 - Río Chalhuanca

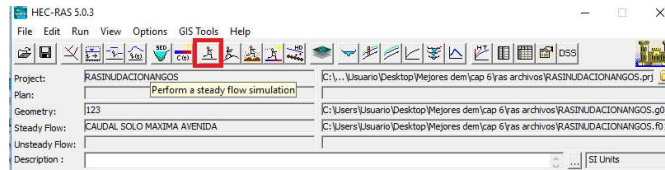


Ilustración 58 Ventana emergente para ejecutar la simulación del
flujo

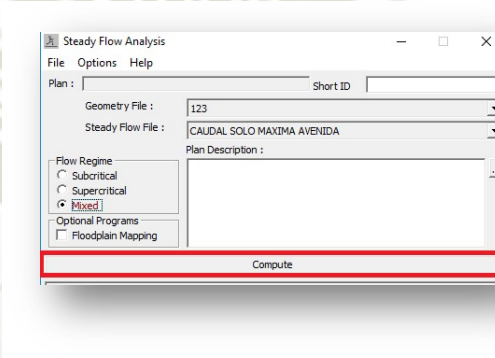
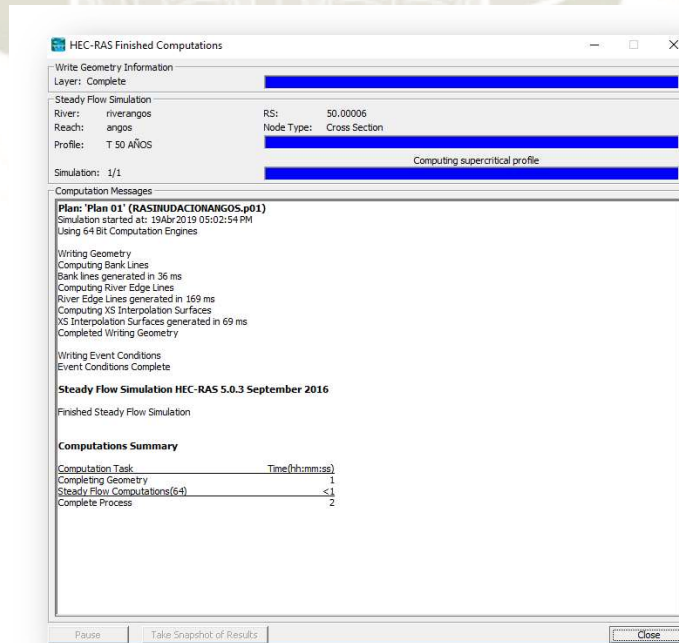


Ilustración 59 Ventana que establece el estado de computación de la simulación
del flujo – Río Chalhuanca



VI. Finalmente, se exportará este último archivo para modelarlo en el
ARC GIS 10.3

Ilustración 60 Dirección para exportar simulación de flujo a
formato GIS

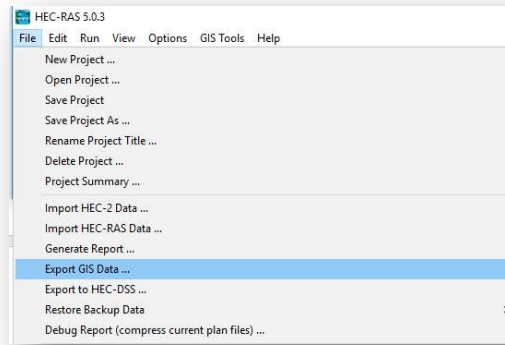
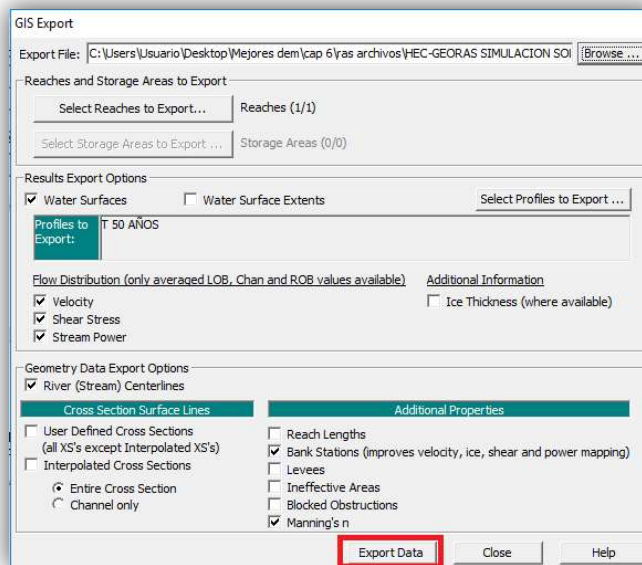


Ilustración 61 Ventana Emergente para exportar la simulación del
Flujo de Máximo de Diseño – Río Chalhuanca

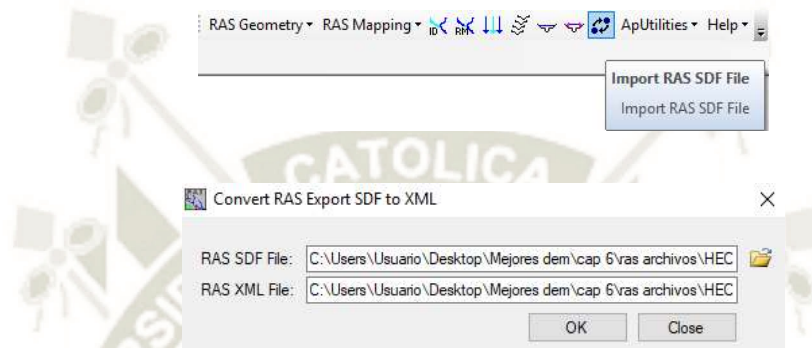


Este mismo procedimiento se seguirá para el caudal de trasvase de
la Represa Angostura más el caudal máximo de diseño.

6.3. MODELAMIENTO DE LA INUNDACIÓN CON ARC GIS 10.3

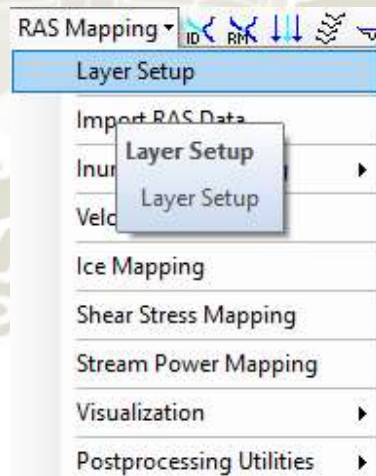
- I. Se procede a abrir el archivo en el software ARC GIS 10.3 , para lo cual se hace click en Import RAS SDF File

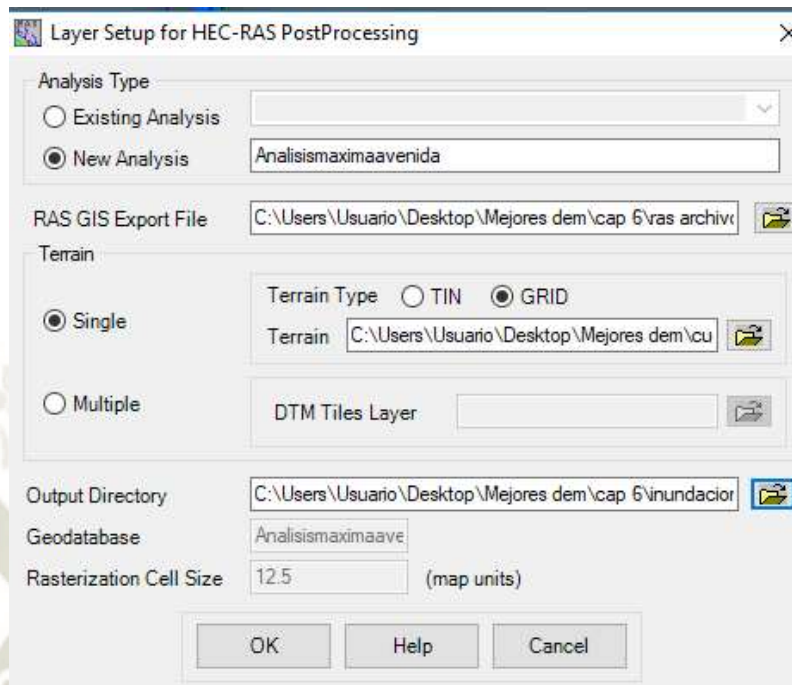
Ilustración 62 Comando para exportar archivo de simulación de flujo



- II. Seguidamente se procede a crear un análisis de inundación, haciendo click en Layer Setup

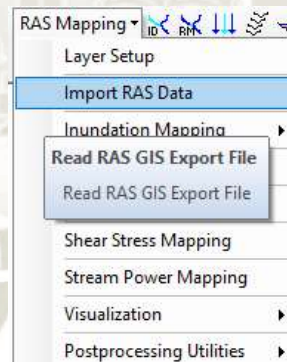
Ilustración 63 Ventana Emergente para realizar el análisis de inundación - Río Chalhuanca





III. Posteriormente, se debe importar la geometría, haciendo click al comando Import RAS Data

Ilustración 64 Importación de Geometría - Río Chalhuanca



IV. Para generar la superficie de inundación se debe seleccionar el comando Water Surface Generation

Ilustración 65 Comando para generar la superficie de Inundación -
Río Chalhuanca

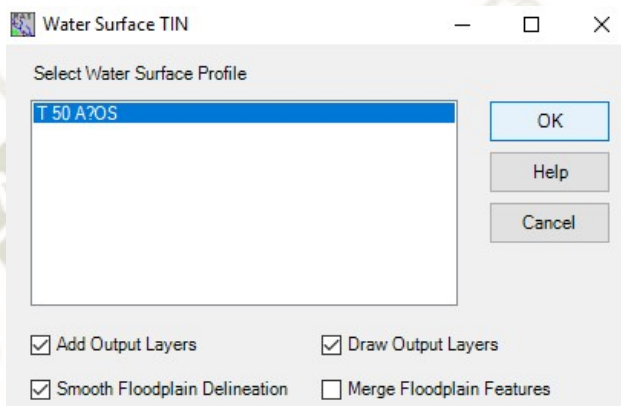
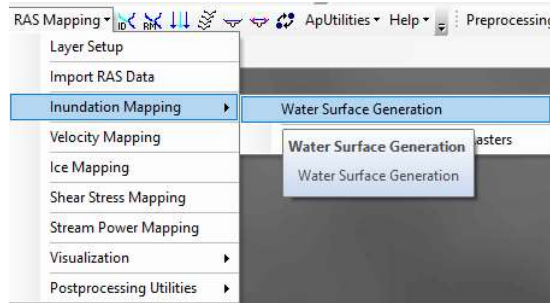
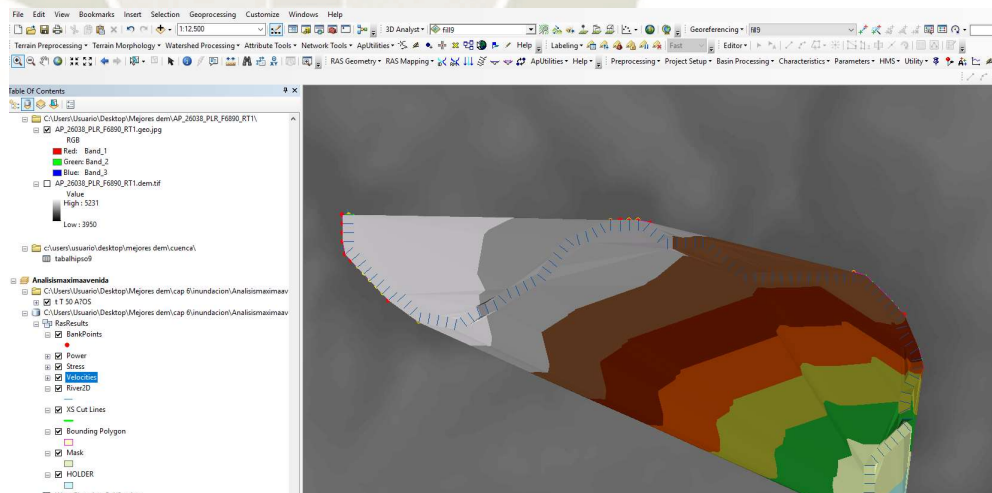


Ilustración 66 Superficie de Inundación de Río Chalhuanca



- V. Finalmente, se crea el plano de inundación , para lo cual se selecciona el comando Floodplain Delineation Using Rasters

Ilustración 67 Comando para generar el plano de inundación - Río Chalhuanca

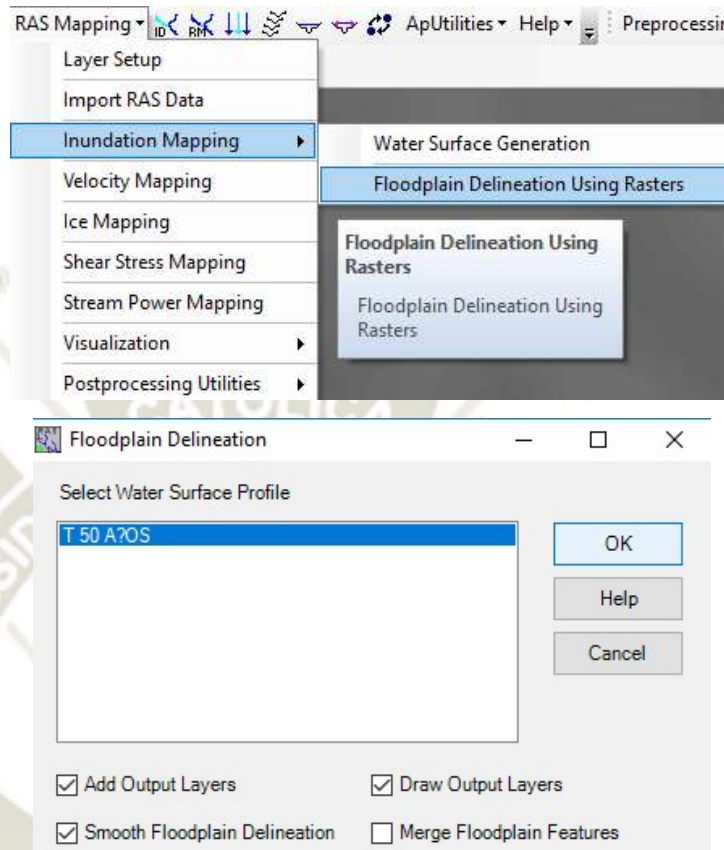
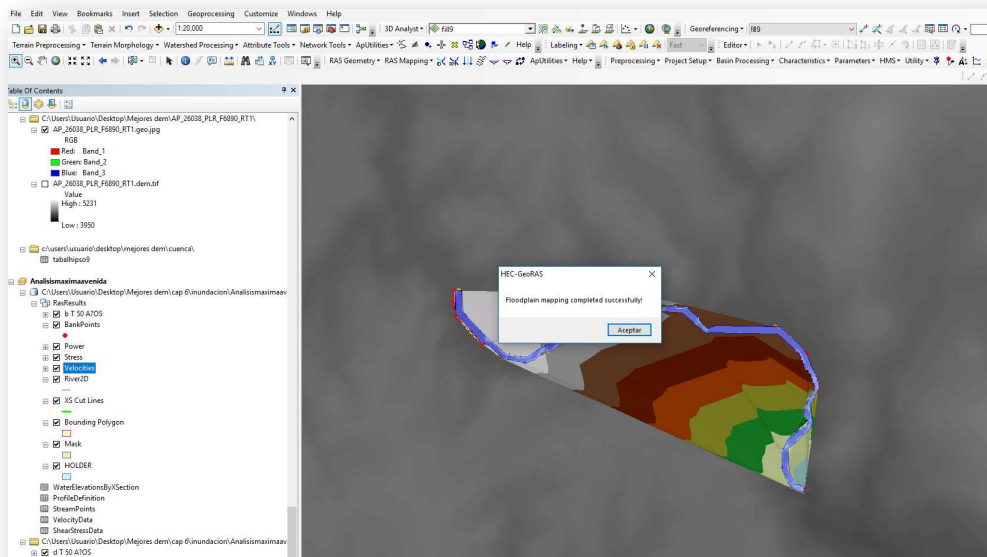


Ilustración 68 Plano de inundación - Río Chalhuanca



El procedimiento realizado, debe ejecutarse para el caso del caudal de Traslase de la Represa Angostura.

Los planos de inundación se muestran en los anexos Planos de Delimitación de la Faja Marginal.

6.4. DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

De acuerdo al Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, indica que es la Autoridad Administrativa del Agua, la entidad competente para aprobar la Delimitación de la faja marginal. (Villanueva, 2016)

La faja marginal es el área inmediatamente superior al nivel alcanzado por la máxima avenida, es decir la línea determinada por las cotas de la máxima avenida en secciones transversales continuas.

De acuerdo al Cuadro N°01 del Reglamento, recomienda que, para tramos de río con pendiente media, aquella que esta entre 1% - 2%, el ancho mínimo sea de 5 metros, se opta por tomar el valor de 10 metros con el motivo de salvaguardar la salud de las poblaciones cercanas y de sus actividades.

Se han obtenido dos mapas de inundación de los cuales el que se tomará será el que considera el de trasvase de la Represa Angostura con los $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.5. GEOREFERENCIACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

Las coordenadas de los hitos que se mostrarán a continuación están georreferenciadas en coordenadas UTM y en el sistema WGS84:

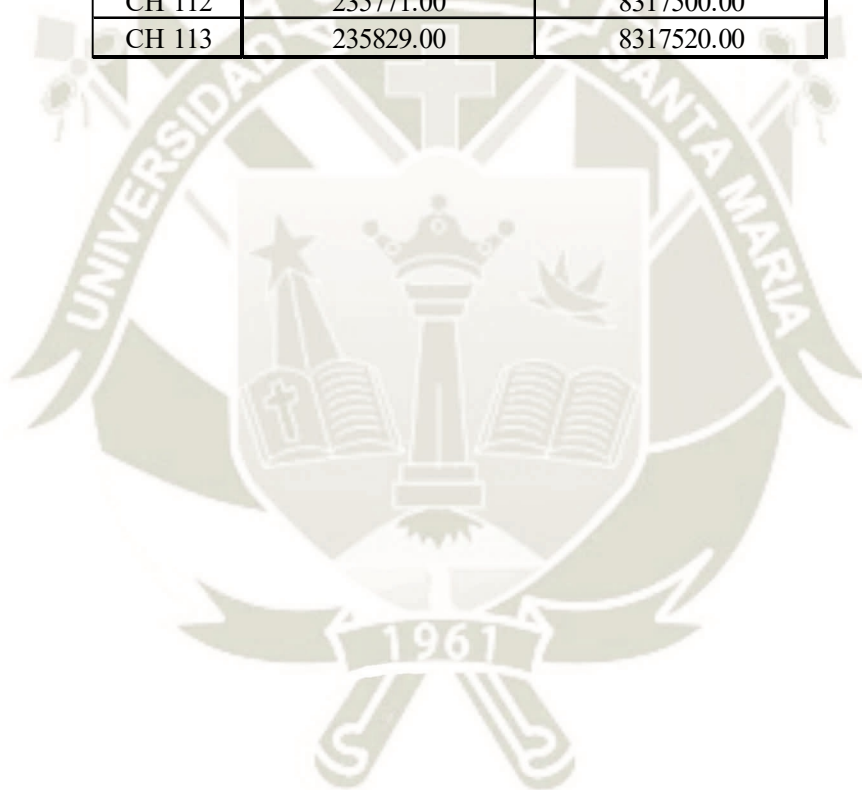
CUADRO 109 HITOS DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO
CHALHUANCA

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 1	232737.00	8319148.00
CH 2	232839.00	8319109.00
CH 3	232787.00	8319050.00
CH 4	232877.00	8319066.00
CH 5	232869.00	8318995.00
CH 6	232893.00	8318949.00
CH 7	232910.00	8318890.00
CH 8	232937.00	8318849.00
CH 9	232970.00	8318814.00
CH 10	233032.00	8318745.00
CH 11	233059.00	8318706.00
CH 12	233118.00	8318677.00
CH 13	233174.00	8318654.00
CH 14	233221.00	8318633.00
CH 15	233263.00	8318623.00
CH 16	233320.00	8318612.00
CH 17	233373.00	8318635.00
CH 18	233432.00	8318642.00
CH 19	233441.00	8318714.00
CH 20	233505.00	8318703.00
CH 21	233545.00	8318735.00
CH 22	233634.00	8318784.00
CH 23	233670.00	8318814.00
CH 24	233762.00	8318853.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 25	233802.00	8318875.00
CH 27	233902.00	8318929.00
CH 28	233941.00	8318961.00
CH 29	233980.00	8318998.00
CH 30	234005.00	8319039.00
CH 31	234040.00	8319074.00
CH 32	234033.00	8319146.00
CH 33	234105.00	8319165.00
CH 34	234132.00	8319206.00
CH 35	234150.00	8319244.00
CH 36	234180.00	8319274.00
CH 37	234160.00	8319314.00
CH 38	234216.00	8319293.00
CH 39	234226.00	8319339.00
CH 40	234265.00	8319295.00
CH 41	234299.00	8319333.00
CH 42	234323.00	8319301.00
CH 43	234369.00	8319323.00
CH 44	234377.00	8319281.00
CH 45	234398.00	8319255.00
CH 46	234408.00	8319208.00
CH 47	234431.00	8319116.00
CH 48	234461.00	8319075.00
CH 49	234497.00	8319069.00
CH 50	234549.00	8319061.00
CH 51	234592.00	8319055.00
CH 52	234648.00	8319056.00
CH 53	234698.00	8319050.00
CH 54	234744.00	8319050.00
CH 55	234766.00	8319040.00
CH 56	234807.00	8319012.00
CH 57	234837.00	8318976.00
CH 58	234875.00	8318945.00
CH 59	234896.00	8318903.00
CH 60	234909.00	8318866.00
CH 61	234975.00	8318858.00
CH 62	235022.00	8318875.00
CH 63	235060.00	8318920.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 64	235093.00	8318957.00
CH 65	235119.00	8318990.00
CH 66	235133.00	8319025.00
CH 67	235158.00	8319052.00
CH 68	235190.00	8319069.00
CH 69	235226.00	8319060.00
CH 70	235264.00	8319015.00
CH 71	235304.00	8318981.00
CH 72	235343.00	8318950.00
CH 73	235371.00	8318930.00
CH 74	235417.00	8318913.00
CH 75	235454.00	8318912.00
CH 76	235487.00	8318895.00
CH 77	235523.00	8318872.00
CH 78	235554.00	8318844.00
CH 79	235579.00	8318828.00
CH 80	235602.00	8318806.00
CH 81	235634.00	8318796.00
CH 82	235682.00	8318780.00
CH 83	235706.00	8318765.00
CH 84	235738.00	8318736.00
CH 84	235774.00	8318698.00
CH 85	235804.00	8318662.00
CH 86	235821.00	8318628.00
CH 87	235842.00	8318574.00
CH 88	235889.00	8318547.00
CH 89	235904.00	8318495.00
CH 90	235909.00	8318451.00
CH 91	235919.00	8318400.00
CH 92	235908.00	8318356.00
CH 93	235879.00	8318314.00
CH 94	235854.00	8318274.00
CH 95	235839.00	8318221.00
CH 96	235852.00	8318130.00
CH 98	235870.00	8318078.00
CH 99	235843.00	8318031.00
CH 100	235794.00	8318010.00
CH 101	235760.00	8317970.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 102	235702.00	8317957.00
CH 103	235694.00	8317897.00
CH 104	235644.00	8317865.00
CH 105	235686.00	8317812.00
CH 106	235658.00	8317766.00
CH 107	235689.00	8317716.00
CH 108	235661.00	8317668.00
CH 109	235702.00	8317640.00
CH 110	235694.00	8317574.00
CH 111	235757.00	8317557.00
CH 112	235771.00	8317500.00
CH 113	235829.00	8317520.00





CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los parámetros fisiográficos de la cuenca del río Chalhuanca son:

CUADRO 110 Parámetros de la cuenca del río Chalhuanca

	Párametros	Símbolo	Valor	Unidad
Físicos	Área	A	214.60	Km ²
	Perímetro	P	77.76	Km
	Índice de Gravelius	Kc	1.5	
Geomorfológicos	Pendiente Media de la Cuenca	Sc	11.23	%
	Altitud media de la cuenca	Hm	4621.26	m.s.n.m.
	Altitud más frecuente	Hf	4305.26 - 4347.28	m.s.n.m.
	Altitud de Frecuencia 1/2	Hfm	4662 – 4663	m.s.n.m.
	Pendiente del Cauce Principal	Sp	2.22	%
Hidráulicos	Número de orden	N	5	
	Densidad de drenaje	Dd	1.26	Km/Km ²
	Constante de Estabilidad del Río	C	0.8	Km ² /Km

- ✓ Se determinó las precipitaciones máxima de 24h de la Cuenca del Río Chalhuanca, mediante el análisis completo de consistencia y Método de la Media Aritmética, Thiessen e Isoyetas. Al ser el método de las isoyetas el más preciso de los tres presentados se utilizará los valores obtenidos para la Precipitación Máxima de 24 horas.

CUADRO 111 Precipitación Máxima de 24 h - Cuenca del Río

Chalhuanca

ITEM	AÑO	Precipitación Máxima de 24 h (mm)
		Método Isoyetas
1	1997	48.12
2	2000	41.97
3	2001	39.17
4	2002	27.36
5	2003	41.13
6	2004	27.56
7	2005	42.12
8	2006	44.16
9	2007	37.82
10	2008	25.31
11	2009	35.88
12	2010	41.05
13	2011	38.29
14	2012	32.11
15	2013	47.99
16	2014	22.95
17	2015	67.27
18	2016	43.08
19	2017	67.85

- ✓ Para el análisis de frecuencia se ha usado 08 Distribuciones Probabilísticas y su verificación con las pruebas de ajuste, se determinó que la Distribución Log Normal Pearson III P es la distribución que mejor representa y se ajusta a los valores de las precipitaciones de la Cuenca del Río Chalhuanca.
- ✓ Se obtuvo el Caudal Máximo Ordinario de la Cuenca del Río Chalhuanca para un periodo de Retorno de 50 años, y se tiene como resultado un caudal de 436.78 m³/s

- ✓ Además, se ha simulado también la faja marginal del Río Chalhuanca añadiendo los 30 m³/s del aporte de la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos el cual da un valor de 466.78 m³/s.
- ✓ Se determinó la Faja Marginal del Río Chalhuanca con el aporte de la Represa Angostura en la zona de estudio, a una distancia adecuada de 10 metros a partir del Borde de Inundación que se muestran en el plano.

CUADRO 112 HITOS DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 1	232737.00	8319148.00
CH 2	232839.00	8319109.00
CH 3	232787.00	8319050.00
CH 4	232877.00	8319066.00
CH 5	232869.00	8318995.00
CH 6	232893.00	8318949.00
CH 7	232910.00	8318890.00
CH 8	232937.00	8318849.00
CH 9	232970.00	8318814.00
CH 10	233032.00	8318745.00
CH 11	233059.00	8318706.00
CH 12	233118.00	8318677.00
CH 13	233174.00	8318654.00
CH 14	233221.00	8318633.00
CH 15	233263.00	8318623.00
CH 16	233320.00	8318612.00
CH 17	233373.00	8318635.00
CH 18	233432.00	8318642.00
CH 19	233441.00	8318714.00
CH 20	233505.00	8318703.00
CH 21	233545.00	8318735.00
CH 22	233634.00	8318784.00
CH 23	233670.00	8318814.00
CH 24	233762.00	8318853.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 25	233802.00	8318875.00
CH 27	233902.00	8318929.00
CH 28	233941.00	8318961.00
CH 29	233980.00	8318998.00
CH 30	234005.00	8319039.00
CH 31	234040.00	8319074.00
CH 32	234033.00	8319146.00
CH 33	234105.00	8319165.00
CH 34	234132.00	8319206.00
CH 35	234150.00	8319244.00
CH 36	234180.00	8319274.00
CH 37	234160.00	8319314.00
CH 38	234216.00	8319293.00
CH 39	234226.00	8319339.00
CH 40	234265.00	8319295.00
CH 41	234299.00	8319333.00
CH 42	234323.00	8319301.00
CH 43	234369.00	8319323.00
CH 44	234377.00	8319281.00
CH 45	234398.00	8319255.00
CH 46	234408.00	8319208.00
CH 47	234431.00	8319116.00
CH 48	234461.00	8319075.00
CH 49	234497.00	8319069.00
CH 50	234549.00	8319061.00
CH 51	234592.00	8319055.00
CH 52	234648.00	8319056.00
CH 53	234698.00	8319050.00
CH 54	234744.00	8319050.00
CH 55	234766.00	8319040.00
CH 56	234807.00	8319012.00
CH 57	234837.00	8318976.00
CH 58	234875.00	8318945.00
CH 59	234896.00	8318903.00
CH 60	234909.00	8318866.00
CH 61	234975.00	8318858.00
CH 62	235022.00	8318875.00
CH 63	235060.00	8318920.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 64	235093.00	8318957.00
CH 65	235119.00	8318990.00
CH 66	235133.00	8319025.00
CH 67	235158.00	8319052.00
CH 68	235190.00	8319069.00
CH 69	235226.00	8319060.00
CH 70	235264.00	8319015.00
CH 71	235304.00	8318981.00
CH 72	235343.00	8318950.00
CH 73	235371.00	8318930.00
CH 74	235417.00	8318913.00
CH 75	235454.00	8318912.00
CH 76	235487.00	8318895.00
CH 77	235523.00	8318872.00
CH 78	235554.00	8318844.00
CH 79	235579.00	8318828.00
CH 80	235602.00	8318806.00
CH 81	235634.00	8318796.00
CH 82	235682.00	8318780.00
CH 83	235706.00	8318765.00
CH 84	235738.00	8318736.00
CH 84	235774.00	8318698.00
CH 85	235804.00	8318662.00
CH 86	235821.00	8318628.00
CH 87	235842.00	8318574.00
CH 88	235889.00	8318547.00
CH 89	235904.00	8318495.00
CH 90	235909.00	8318451.00
CH 91	235919.00	8318400.00
CH 92	235908.00	8318356.00
CH 93	235879.00	8318314.00
CH 94	235854.00	8318274.00
CH 95	235839.00	8318221.00
CH 96	235852.00	8318130.00
CH 98	235870.00	8318078.00
CH 99	235843.00	8318031.00
CH 100	235794.00	8318010.00
CH 101	235760.00	8317970.00

DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA		
HITO	ESTE	NORTE
CH 102	235702.00	8317957.00
CH 103	235694.00	8317897.00
CH 104	235644.00	8317865.00
CH 105	235686.00	8317812.00
CH 106	235658.00	8317766.00
CH 107	235689.00	8317716.00
CH 108	235661.00	8317668.00
CH 109	235702.00	8317640.00
CH 110	235694.00	8317574.00
CH 111	235757.00	8317557.00
CH 112	235771.00	8317500.00
CH 113	235829.00	8317520.00

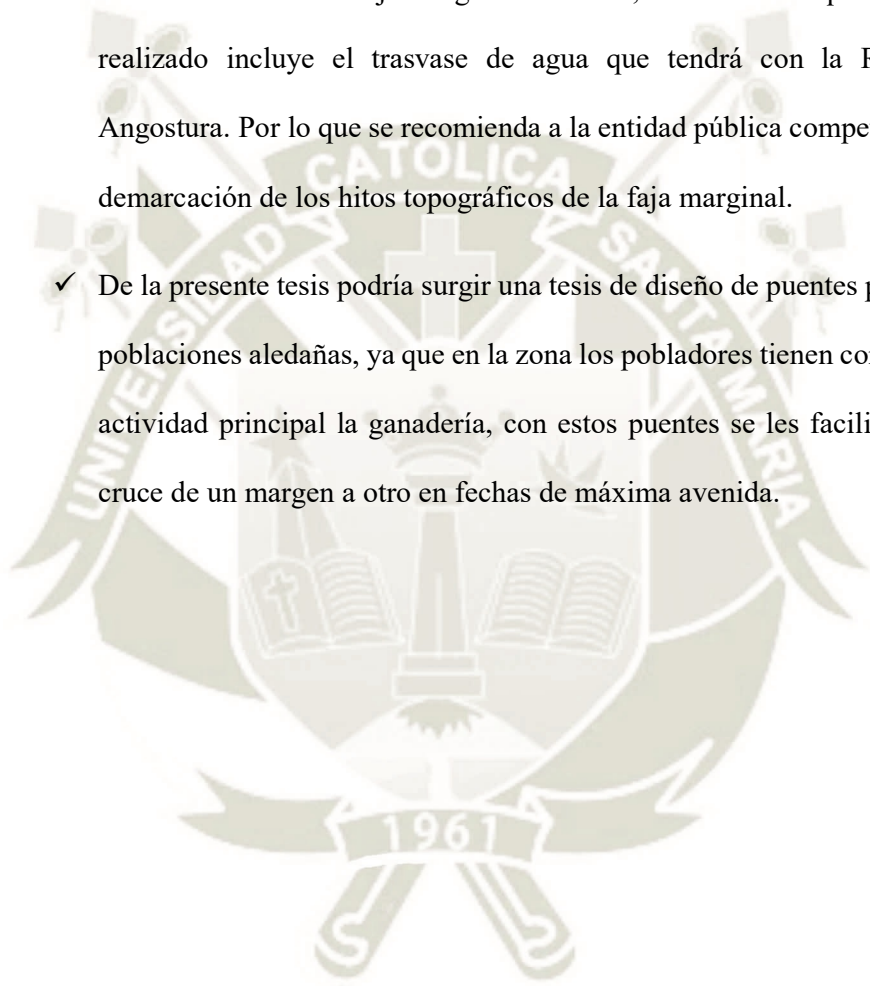
- ✓ De la comparación de las secciones transversales para el caudal máximo ordinario y el añadido de la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos, se tiene que existe una diferencia de 2.5% en relación a los niveles de las secciones transversales que alcanzan.
- ✓ De la comparación de las secciones transversales para el caudal máximo ordinario y el añadido de la descarga de los ríos Apurímac y Hornillos, se tiene que existe una diferencia de 0.33% en relación al ancho del río de ambas fajas marginales.

7.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Los datos de precipitaciones usados en la presente Tesis fueron otorgados de manera gratuita por SENAMHI, la misma que se agradece a esta institución y se recomienda continuar y difundir este mecanismo de otorgamiento de información a estudiantes para ser usados con carácter académico, de esta forma incentivamos a otros tesis y/o estudiantes universitarios a desarrollar estudios similares a las de la

presente tesis con el fin del proteger y preservar los territorios a nivel nacional.

- ✓ La Municipalidad Provincial de Caylloma debe concientizar a todas las poblaciones cercanas a la zona de estudio analizada teniendo en cuenta la delimitación de la faja marginal realizada, cabe destacar que estudio realizado incluye el trasvase de agua que tendrá con la Represa Angostura. Por lo que se recomienda a la entidad pública competente la demarcación de los hitos topográficos de la faja marginal.
- ✓ De la presente tesis podría surgir una tesis de diseño de puentes para las poblaciones aledañas, ya que en la zona los pobladores tienen como una actividad principal la ganadería, con estos puentes se les facilitaría el cruce de un margen a otro en fechas de máxima avenida.





CAPÍTULO VIII

Ilustración 71 Progresiva 2+850 del río Chaluánca

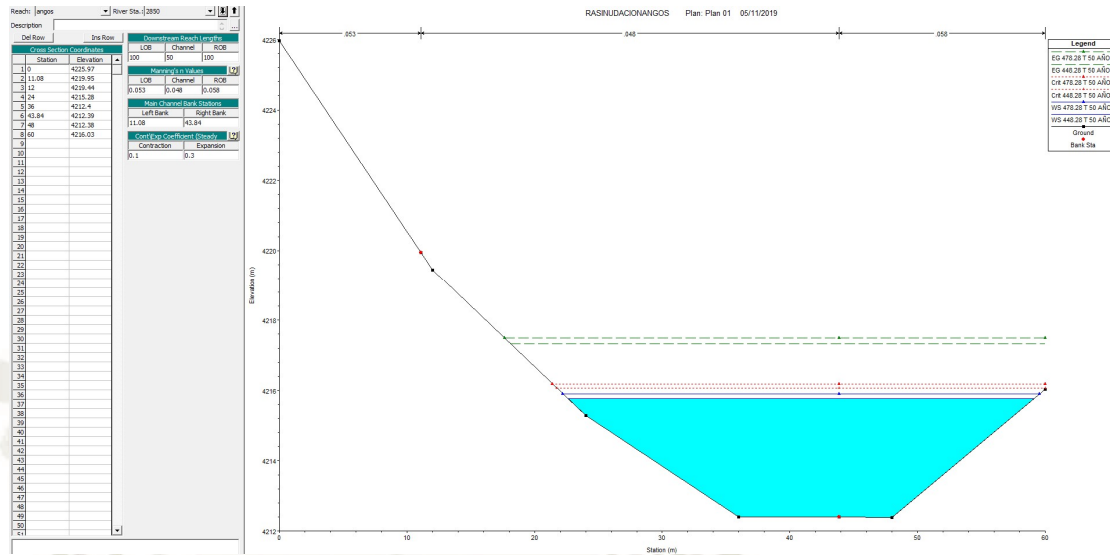


Ilustración 72 Progresiva 2+500 del río Chaluánca

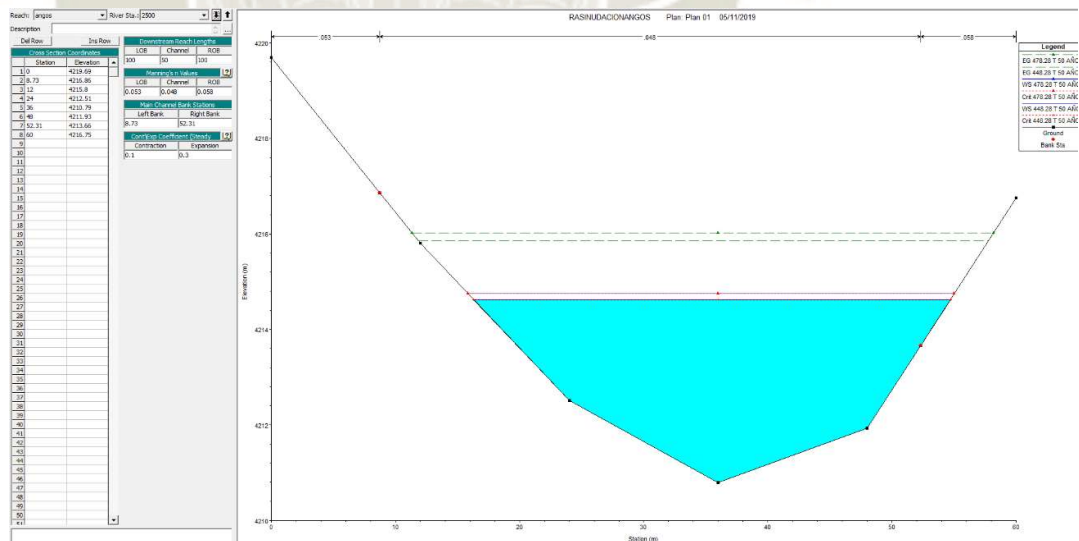


Ilustración 73 Progresiva 1+150 del río Chalhuanca

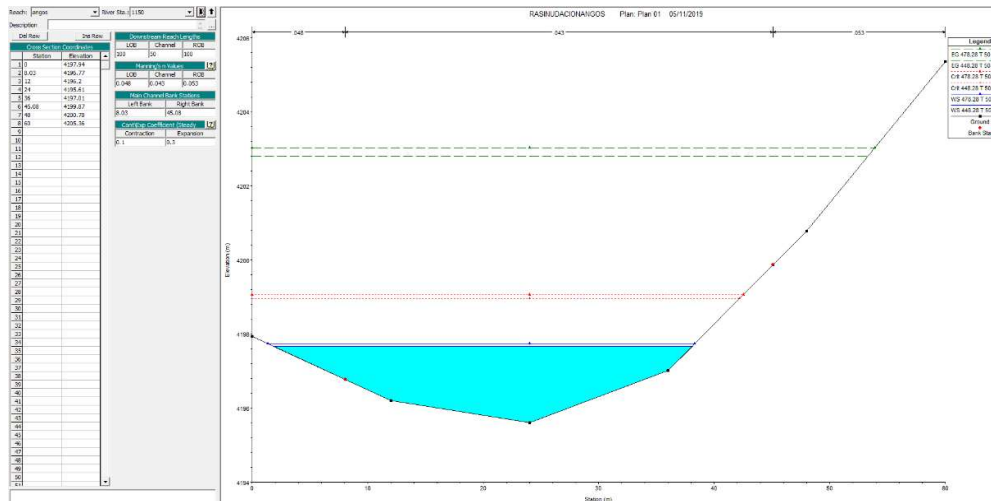


Ilustración 74 Progresiva 1+000 del río Chalhuanca

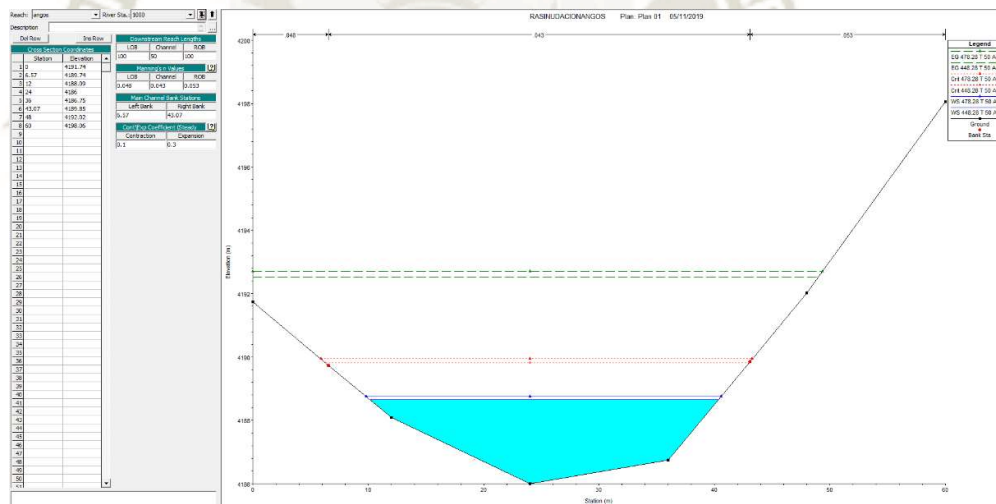


Ilustración 75 Progresiva 0+950 del río Chalhuanca

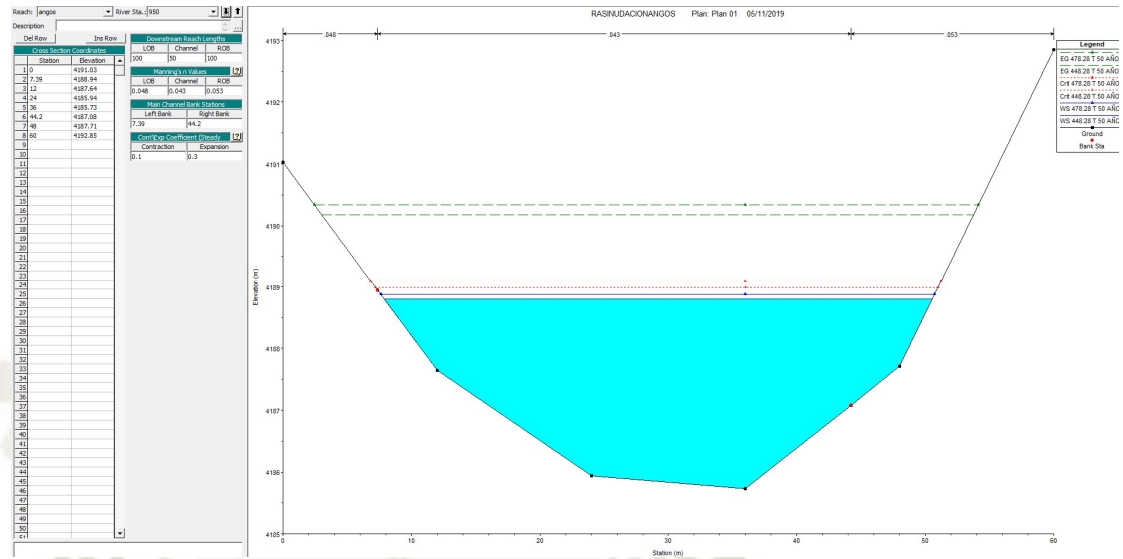


Ilustración 76 Progresiva 0+850 del río Chalhuanca

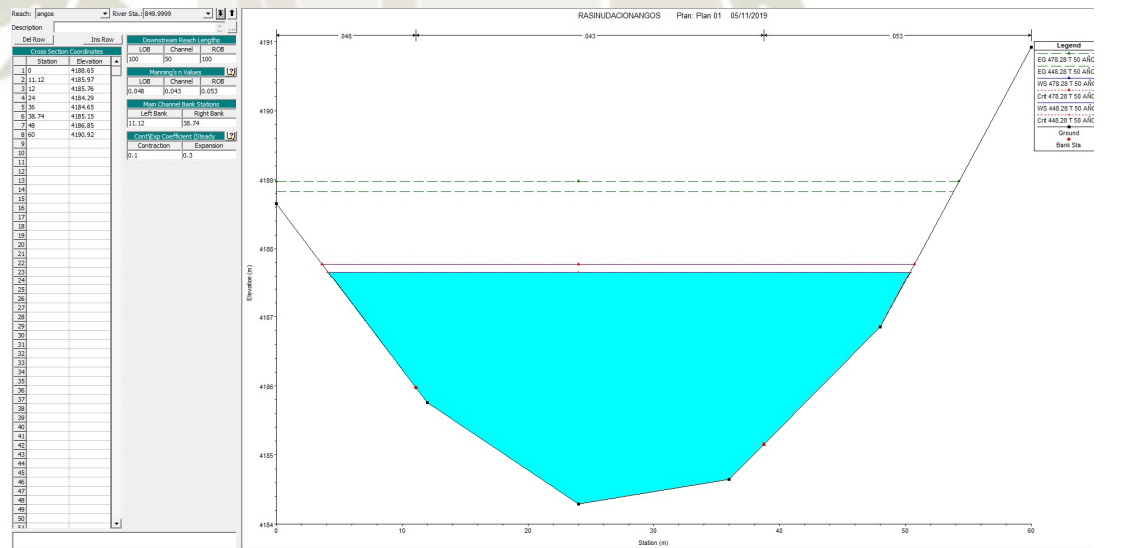


Ilustración 77 Progresiva 0+500 del río Chaluánca

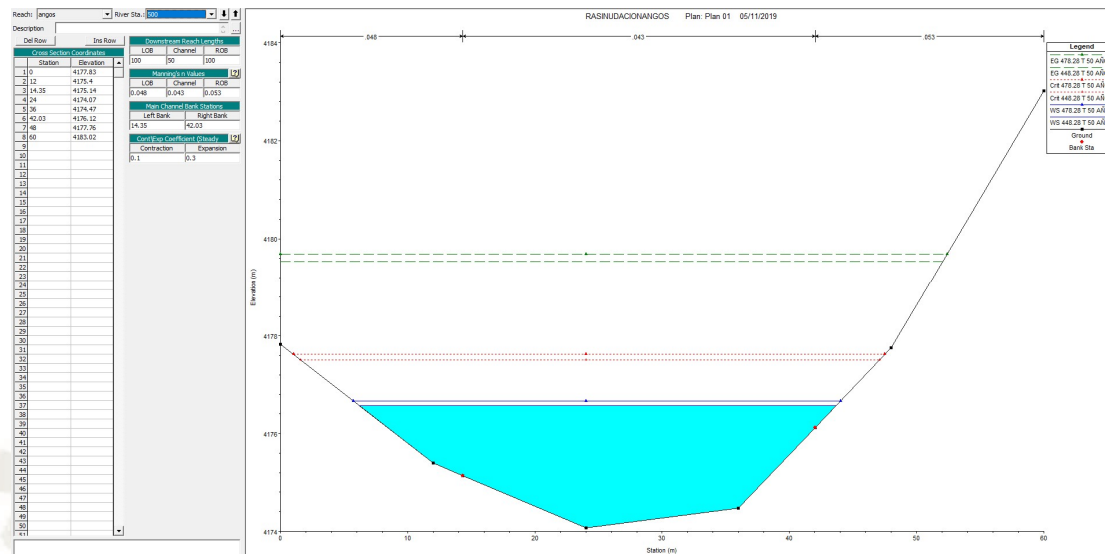


Ilustración 78 Progresiva 0+200 del río Chaluánca

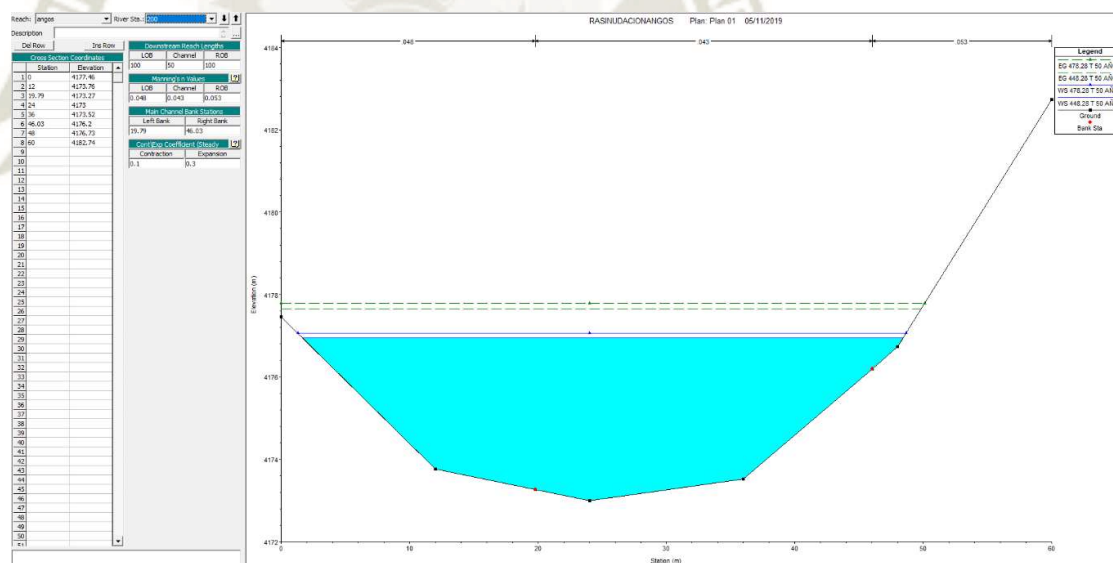


Ilustración 79 Progresiva 0+100 del río Chalhuanca

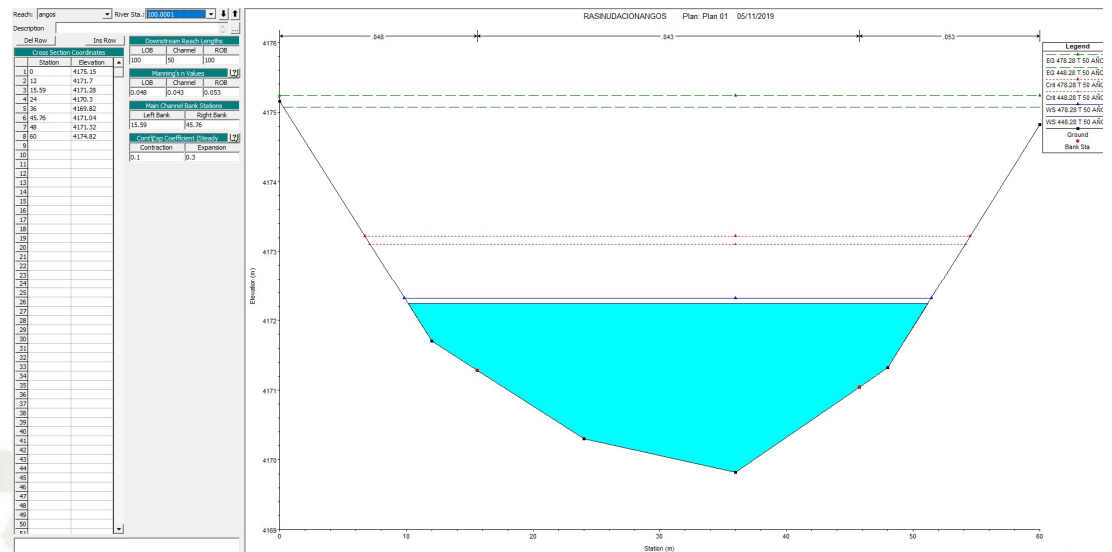
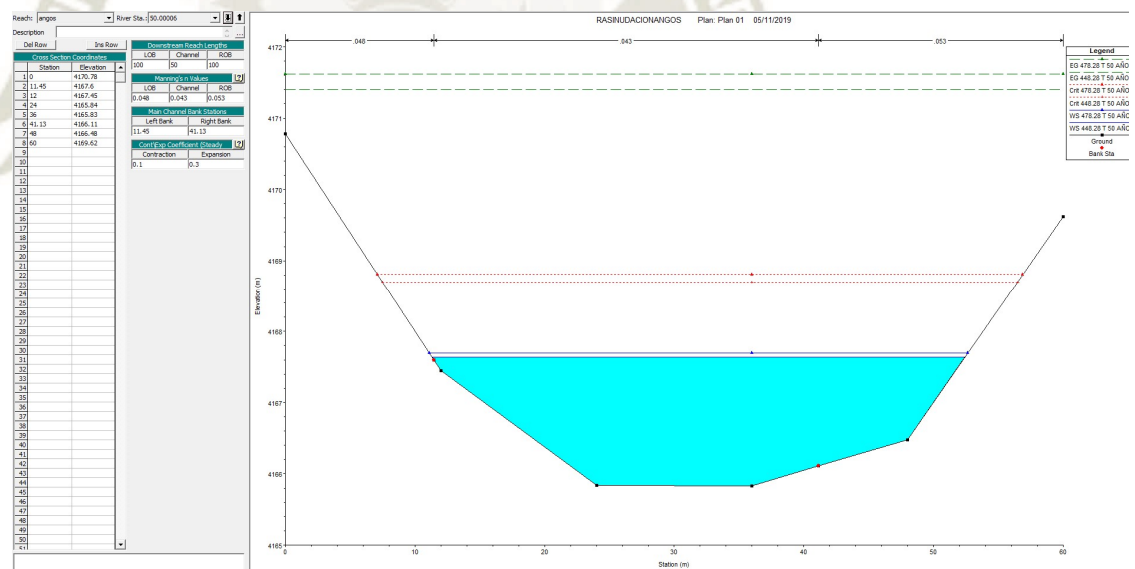


Ilustración 80 Progresiva 0+50 del río Chalhuanca

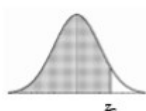


8.2. ANEXO A: TABLAS ESTADÍSTICAS

8.2.1. Distribución Normal Estándar Acumulada

DISTRIBUCION NORMAL ESTANDAR ACUMULADA

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

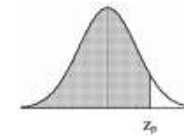


z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
- .0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
- .1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
- .2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
- .3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
- .4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
- .5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
- .6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
- .7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
- .8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
- .9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
- 1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
- 1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
- 1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
- 1.3	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08691	.08534	.08379	.08226
- 1.4	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
- 1.5	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
- 1.6	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
- 1.7	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03754	.03673
- 1.8	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
- 1.9	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
- 2.0	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
- 2.1	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
- 2.2	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
- 2.3	.01072	.01044	.01017	.009903	.009642	.009387	.009137	.008894	.008656	.008424
- 2.4	.008198	.007976	.007760	.007549	.007344	.007143	.006947	.006756	.006569	.006387
- 2.5	.006210	.006037	.005868	.005703	.005543	.005386	.005234	.005085	.004940	.004799
- 2.6	.004661	.004527	.004396	.004269	.004145	.004025	.003907	.003793	.003681	.003573
- 2.7	.003467	.003364	.003264	.003167	.003072	.002980	.002890	.002803	.002718	.002635
- 2.8	.002555	.002477	.002401	.002327	.002256	.002186	.002118	.002052	.001988	.001926
- 2.9	.001866	.001807	.001750	.001695	.001641	.001589	.001538	.001489	.001441	.001395
- 3.0	.001350	.001306	.001264	.001223	.001183	.001144	.001107	.001070	.001035	.001001
- 3.1	.009676	.009354	.009043	.008740	.008447	.008164	.007888	.007622	.007364	.007114
- 3.2	.006871	.006637	.006410	.006190	.005976	.005770	.005571	.005377	.005190	.005009
- 3.3	.004834	.004665	.004501	.004342	.004189	.004041	.003897	.003758	.003624	.003495
- 3.4	.003369	.003248	.003131	.003018	.002909	.002803	.002701	.002602	.002507	.002415
- 3.5	.002326	.002241	.002158	.002078	.002001	.001926	.001854	.001785	.001718	.001653
- 3.6	.001591	.001531	.001473	.001417	.001363	.001311	.001261	.001213	.001166	.001121
- 3.7	.001078	.001036	.009961	.009574	.009201	.008842	.008496	.008162	.007841	.007532
- 3.8	.007235	.006948	.006673	.006407	.006152	.005906	.005669	.005442	.005223	.005012
- 3.9	.004810	.004615	.004427	.004247	.004074	.003908	.003747	.003594	.003446	.003304
- 4.0	.003167	.003036	.002910	.002789	.002673	.002561	.002454	.002351	.002252	.002157
- 4.1	.002066	.001978	.001894	.001814	.001737	.001662	.001591	.001523	.001458	.001395
- 4.2	.001335	.001277	.001222	.001168	.001118	.001069	.001022	.009774	.009345	.008934
- 4.3	.008540	.008163	.007801	.007455	.007124	.006807	.006503	.006212	.005934	.005668
- 4.4	.005413	.005169	.004935	.004712	.004498	.004294	.004098	.003911	.003732	.003561
- 4.5	.003398	.003241	.003092	.002949	.002813	.002682	.002558	.002439	.002325	.002216
- 4.6	.002112	.002013	.001919	.001828	.001742	.001660	.001581	.001506	.001434	.001366
- 4.7	.001301	.001239	.001179	.001123	.001069	.001017	.009680	.009211	.008765	.008328
- 4.8	.007933	.007547	.007178	.006827	.006492	.006173	.005869	.005580	.005304	.005042
- 4.9	.004792	.004454	.004127	.003811	.003506	.003211	.002925	.002648	.002379	.002119

Ejemplo: $P(Z < -3.57) = \Phi(-3.57) = .0011785 = 0.00011785$

DISTRIBUCION NORMAL ESTANDAR ACUMULADA

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7703	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99009	.99035	.99061	.99086	.99110	.99134	.99157
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99265	.99285	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99429	.99445	.99461	.99476	.99491	.99506	.99520
2.6	.99533	.99547	.99560	.99573	.99585	.99597	.99609	.99620	.99631	.99642
2.7	.99653	.99663	.99673	.99683	.99692	.99702	.99711	.99719	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99759	.99767	.99774	.99781	.99788	.99794	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99830	.99835	.99841	.99846	.99851	.99855	.99860
3.0	.99865	.99869	.99873	.99877	.99881	.99885	.99889	.99893	.99896	.99899
3.1	.99903	.99906	.99909	.99912	.99915	.99918	.99921	.99924	.99927	.99929
3.2	.99932	.99935	.99938	.99941	.99944	.99947	.99950	.99953	.99956	.99959
3.3	.99962	.99965	.99968	.99971	.99974	.99977	.99980	.99983	.99986	.99989
3.4	.99992	.99995	.99998	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.5	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.6	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.7	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.8	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
3.9	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.0	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.1	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.2	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.3	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.4	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.5	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.6	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.7	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.8	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999
4.9	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999	.99999

Fuente : (Hald, 1952)

8.2.2. Distribución Chi – Cuadrado X^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3349
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340
140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

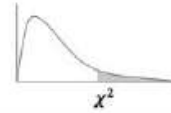
v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3251	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407
15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6975	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6437	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
30	28,3858	27,4416	26,4881	25,5078	24,4776	23,3641	22,1103	20,5992	18,4927	16,7908	14,9535	13,7867	12,7646	11,5876
31	29,3694	28,4087	27,4381	26,4397	25,3901	24,2551	22,9762	21,4336	19,2806	17,5387	15,6555	14,4577	13,4073	12,1961
32	30,3533	29,3763	28,3889	27,3728	26,3041	25,1478	23,8442	22,2706	20,0719	18,2908	16,3622	15,1340	14,0555	12,8104
33	31,3375	30,3444	29,3405	28,3069	27,2194	26,0422	24,7143	23,1102	20,8665	19,0467	17,0735	15,8152	14,7092	13,4312
34	32,3219	31,3130	30,2928	29,2421	28,1361	26,9383	25,5864	23,9522	21,6643	19,8062	17,7891	16,5013	15,3679	14,0568
35	33,3065	32,2821	31,2458	30,1782	29,0540	27,8359	26,4604	24,7966	22,4650	20,5694	18,5089	17,1917	16,0315	14,6881
36	34,2913	33,2517	32,1995	31,1152	29,9730	28,7350	27,3363	25,6433	23,2686	21,3359	19,2326	17,8868	16,7000	15,3243
37	35,2764	34,2216	33,1539	32,0532	30,8933	29,6355	28,2138	26,4921	24,0749	22,1056	19,9603	18,5859	17,3730	15,9652
38	36,2617	35,1920	34,1089	32,9919	31,8146	30,5373	29,0931	27,3430	24,8839	22,8785	20,6914	19,2888	18,0501	16,6109
39	37,2472	36,1628	35,0645	33,9315	32,7369	31,4405	29,9739	28,1958	25,6954	23,6543	21,4261	19,9958	18,7318	17,2612
40	38,2328	37,1340	36,0207	34,8719	33,6603	32,3449	30,8563	29,0505	26,5093	24,4331	22,1642	20,7066	19,4171	17,9166
45	43,1638	41,9950	40,8095	39,5847	38,2910	36,8844	35,2895	33,3504	30,6123	28,3662	25,9012	24,3110	22,8994	21,2509
50	48,0986	46,8638	45,6100	44,3133	42,9421	41,4492	39,7539	37,6886	34,7642	32,3574	29,7067	27,9908	26,4636	24,6736
55	53,0367	51,7391	50,4204	49,0554	47,6105	46,0356	44,2448	42,0596	38,9581	36,3981	33,5705	31,7349	30,0974	28,1731
60	57,9775	56,6200	55,2394	53,8091	52,2938	50,6406	48,7587	46,4589	43,1880	40,4817	37,4848	35,5344	33,7909	31,7381
70	67,8664	66,3961	64,8990	63,3460	61,6983	59,8978	57,8443	55,3289	51,7393	48,7575	45,4417	43,2753	41,3323	39,0358
80	77,7631	76,1879	74,5825	72,9153	71,1445	69,2070	66,9938	64,2778	60,3915	57,1532	53,5400	51,1719	49,0430	46,5197
90	87,6661	85,9925	84,2854	82,5111	80,6247	78,5584	76,1954	73,2911	69,1260	65,6466	61,7540	59,1963	56,8918	54,1559
100	97,5744	95,8078	94,0046	92,1290	90,1332	87,9453	85,4406	82,3581	77,9294	74,2219	70,0650	67,3275	64,8571	61,9182
120	117,4041	115,4646	113,4825	111,4186	109,2197	106,8056	104,0374	100,6236	95,7046	91,5726	86,9233	83,8517	81,0726	77,7555
140	137,2476	135,1491	133,0028	130,7657	128,3800	125,7580	122,7476	119,0293	113,6594	109,1368	104,0343	100,6547	97,5908	93,9253
160	157,1019	154,8555	152,5564	150,1583	147,5988	144,7834	141,5475	137,5457	131,7560	126,8700	121,3457	117,6791	114,3496	110,3592
180	176,9652	174,5799	172,1373	169,5879	166,8653	163,8682	160,4206	156,1526	149,9687	144,7413	138,8205	134,8843	131,3050	127,0114
200	196,8359	194,3193	191,7409	189,0486	186,1717	183,0028	179,3550	174,8353	168,2785	162,7280	156,4321	152,2408	148,4262	143,8420
250	246,5387	243,7202	240,8297	237,8085	234,5768	231,0128	226,9048	221,8059	214,3915	208,0978	200,9387	196,1604	191,8020	186,5537
300	296,2700	293,1786	290,0062	286,6878	283,1353	279,2143	274,6901	269,0679	260,8781	253,9122	245,9727	240,6631	235,8126	229,9620
500	495,3734	491,3709	487,2569	482,9462	478,3231	473,2099	467,2962	459,9261	449,1467	439,9360	429,3874	422,3034	415,8081	407,9458
600	594,9938	590,6057	586,0930	581,3623	576,2859	570,6681	564,1661	556,0560	544,1801	534,0185	522,3654	514,5285	507,3385	498,6219

Fuente : (Hald, 1952)

8.2.3. Prueba Chi Cuadrado

Valores de χ^2 en función de la proporción del área que queda a la derecha de la ordenada levantada por ellos.



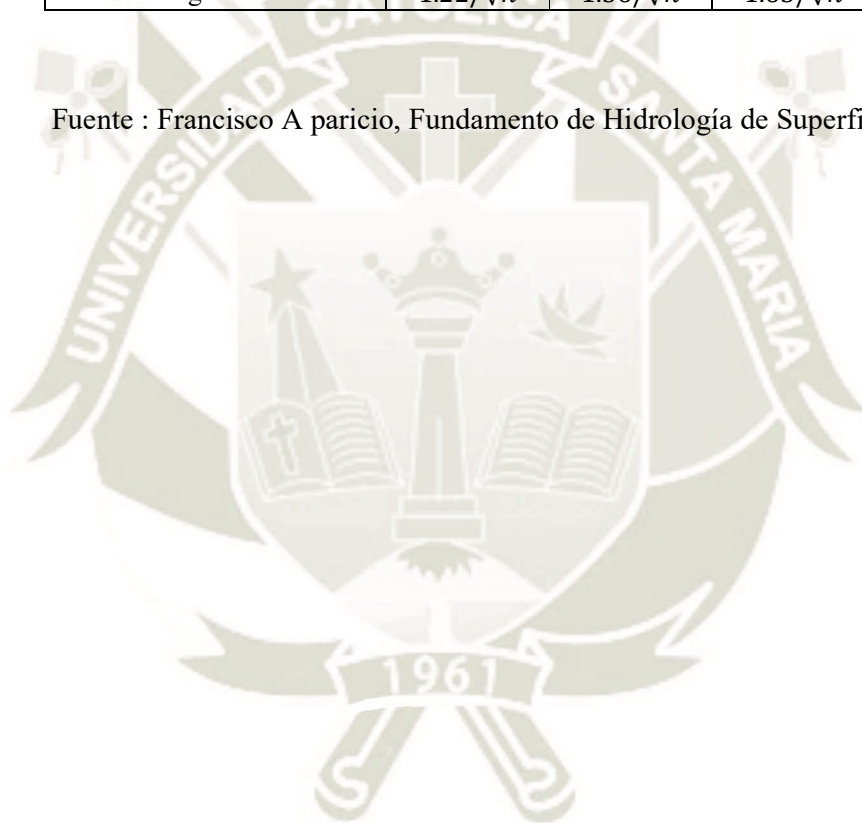
ν	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0158	0.102	0.455	1.32	2.71	3.81	5.02	6.63	7.88
2	0.211	0.575	1.39	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.584	1.21	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.30	12.80
4	1.06	1.92	33.60	5.39	7.78	9.49	11.10	13.30	14.90
5	1.61	2.67	4.35	6.63	9.24	11.10	12.80	15.10	16.70
6	2.20	3.45	5.35	7.84	10.60	12.60	14.40	16.80	18.50
7	2.83	4.25	6.35	9.04	12.00	14.10	16.00	18.50	20.30
8	3.49	5.07	7.34	10.20	13.40	15.50	17.50	20.10	22.00
9	4.17	5.90	8.34	11.40	14.70	16.90	19.00	21.70	23.60
10	4.87	6.74	9.34	12.50	16.00	18.30	20.50	23.20	25.20
11	5.58	7.58	10.30	13.70	17.30	19.70	21.90	24.70	26.80
12	6.30	8.44	11.30	14.80	18.50	21.00	23.30	26.20	28.30
13	7.04	9.30	12.30	16.00	19.80	22.40	24.70	27.70	29.80
14	7.79	10.20	13.30	17.10	21.10	23.70	26.10	29.10	31.30
15	8.55	11.00	14.30	18.20	22.30	25.00	27.50	30.60	32.80
16	9.31	11.90	15.30	19.40	23.50	26.30	28.80	32.00	34.30
17	10.10	12.80	16.30	20.50	24.80	27.60	30.20	33.40	35.70
18	10.90	13.70	17.30	21.60	26.00	28.90	31.50	34.80	37.20
19	11.70	14.60	18.30	22.70	27.20	30.10	32.90	36.20	38.60
20	12.40	15.50	19.30	23.80	28.40	31.40	34.20	37.60	40.00
21	13.20	16.30	20.30	24.90	29.60	32.70	35.50	38.90	41.40
22	14.00	17.20	21.30	26.00	30.80	33.90	36.80	40.30	42.80
23	14.80	18.10	22.30	27.10	32.00	35.20	38.10	41.60	44.20
24	15.70	19.00	23.30	28.20	33.20	36.40	39.40	43.00	45.60
25	16.50	19.90	24.30	29.30	34.40	37.70	40.60	44.30	46.90
26	17.30	20.80	25.30	30.40	35.60	38.90	41.90	45.60	48.30
27	18.10	21.70	26.30	31.50	36.70	40.10	43.20	47.00	49.60
28	18.90	22.70	27.30	32.60	37.90	41.30	44.50	48.30	51.00
29	19.80	23.60	28.30	33.70	39.10	42.60	45.70	49.60	52.30
30	20.60	24.50	29.30	34.80	40.30	43.80	47.00	50.90	53.70
40	29.10	33.70	39.30	45.60	51.80	55.80	59.30	63.70	66.80
50	37.30	42.90	49.30	56.30	63.20	67.50	71.40	76.20	79.50
60	46.50	52.30	59.30	67.00	74.40	79.10	83.30	88.40	92.00
70	55.30	61.70	69.30	77.60	85.50	90.50	95.00	100.40	104.20
80	64.30	71.10	79.30	88.10	96.60	101.90	106.60	112.30	116.30
90	73.30	80.60	89.30	98.60	107.60	113.10	118.10	124.10	128.30
100	82.40	90.10	99.30	109.10	118.30	124.30	129.60	135.80	140.20

Fuente : Máximo Villón Béjar, Hidrología Estadística

8.2.4. Tabla de valores críticos de Smirnov Kolmogorov

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.1$	$\alpha =0.05$	$\alpha =0.01$
5.00	0.51	0.56	0.67
10.00	0.37	0.41	0.49
15.00	0.30	0.34	0.40
20.00	0.26	0.29	0.35
25.00	0.24	0.26	0.32
30.00	0.22	0.24	0.29
40.00	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente : Francisco A paricio, Fundamento de Hidrología de Superficie



8.3. ANEXO B: BIBLIOGRAFÍA

- Agua, M. d.-A. (Enero de 2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338. Lima, Perú.
- Ambiente, M. d. (noviembre de 2019). Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal. Lima, Perú: Ministerio del ambiente.
- Autodema. (12 de mayo de 2017). *Autodema*. Obtenido de <https://www.autodema.gob.pe/zonificacion-ecologica/>
- Béjar, M. V. (s.f.). *Hidrología Estadística*.
- Benayas, R. (12 de Abril de 2015). *Grupo TyC GIS*. Obtenido de <https://www.cursosgis.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Chereque, W. (2005). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Flumen Dinamica Fluvial. (2014). *Manual de Utilización del Programa HEC-HMS*. España.
- Hald, A. (1952). *Statistical Tables and Formulas*.
- Izurietta, X. (2005). Turberas Altoandinas. Espacios frágiles de vida y Cultura. Quito, Ecuador: Grupo Páramo.
- Llamas. (1993). *Hidrología General*. Lejona: Universidad del País Vasco.
- Mijares, F. A. (2015). *Fundamentos de la Hidrología de Superficie*. México: Limusa.
- Ministerio de Agricultura - ANA. (2012). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima: MTC Perú.
- Resources, A. (2011). <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>.
- Reyes, M. y. (1992).
- Román, F. J. (2006). *Aplicación Método Racional*. Salamanca: Departamento de Geología - Universidad de Salamanca. Obtenido de Departamento de Geología : <http://web.usal.es/javisan/hidro>
- Tapia, I. G. (2010). Meso Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca Camaná Colca Majes .
- Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays. (1994). *Hidrología Aplicada*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Villanueva, A. d. (2016). *Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales*. Lima: Autoridad Nacional del Agua .
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.

8.4. ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO

Ilustración 81 Toma Aérea del Río Chalhuanca realizada en dron

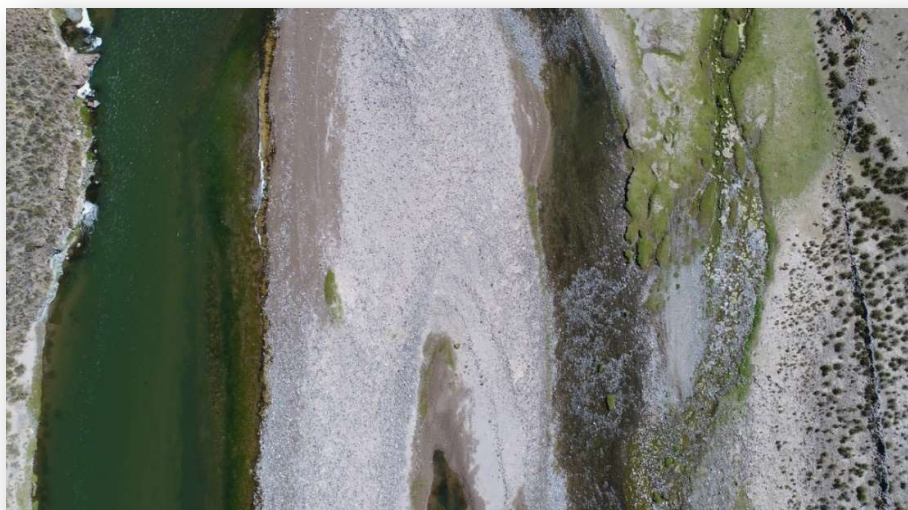
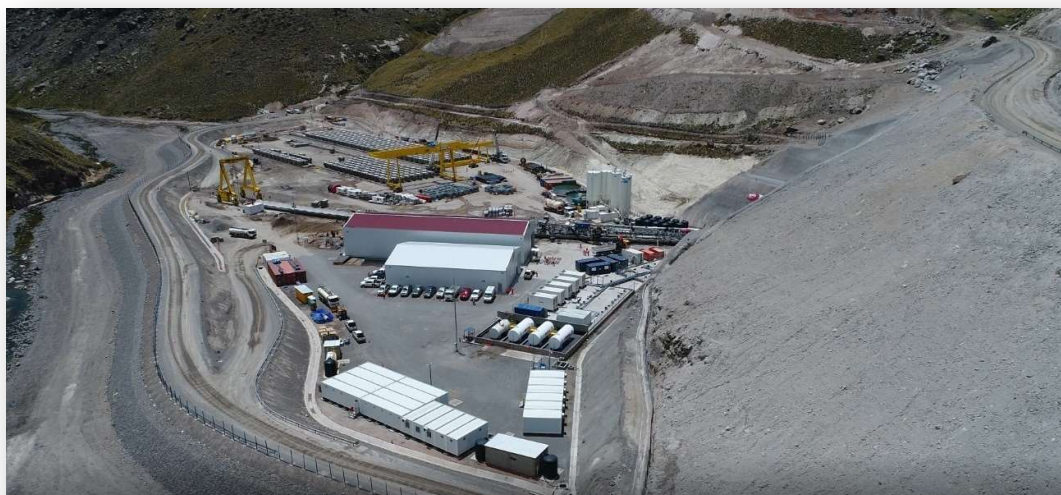
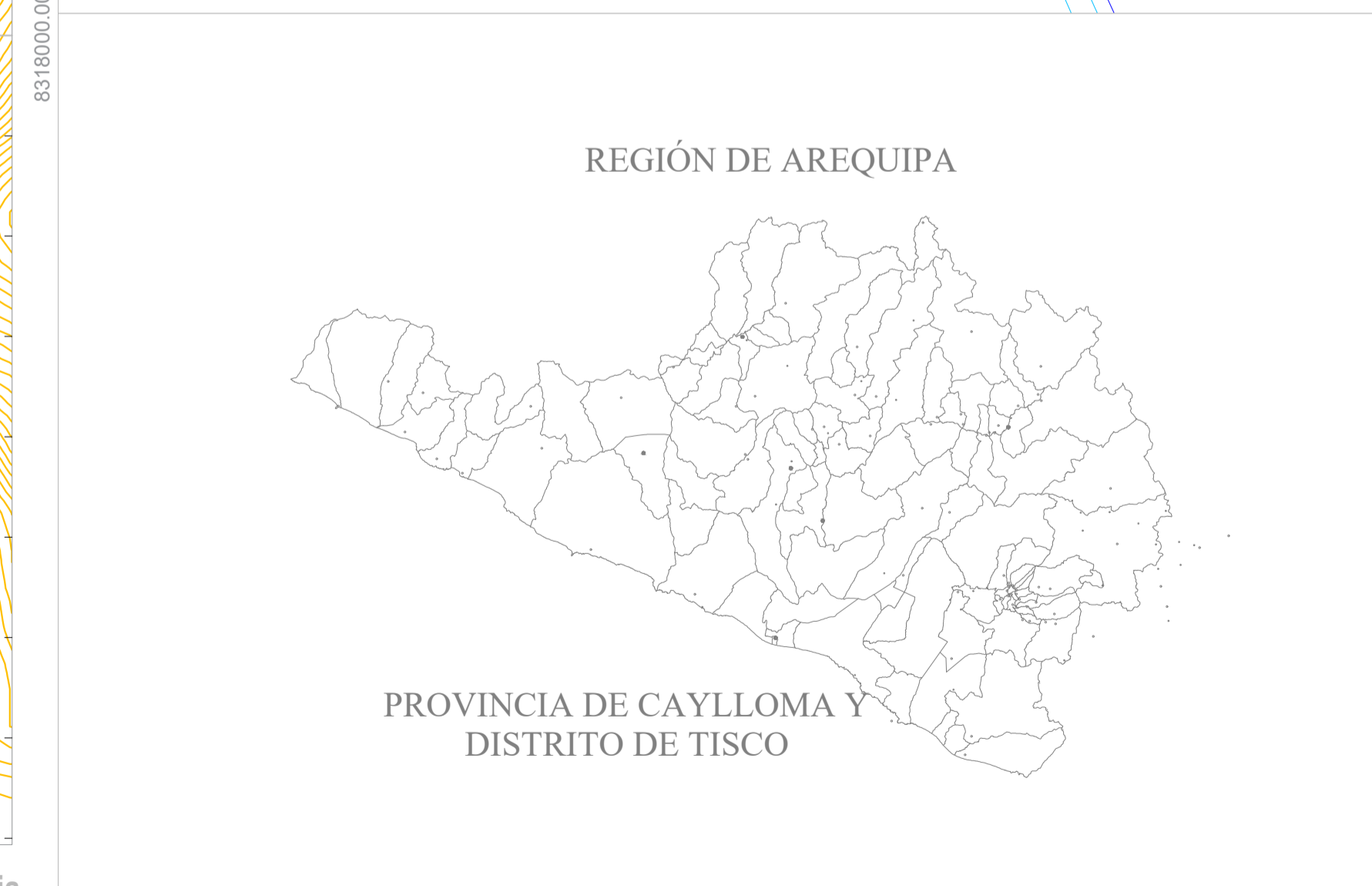
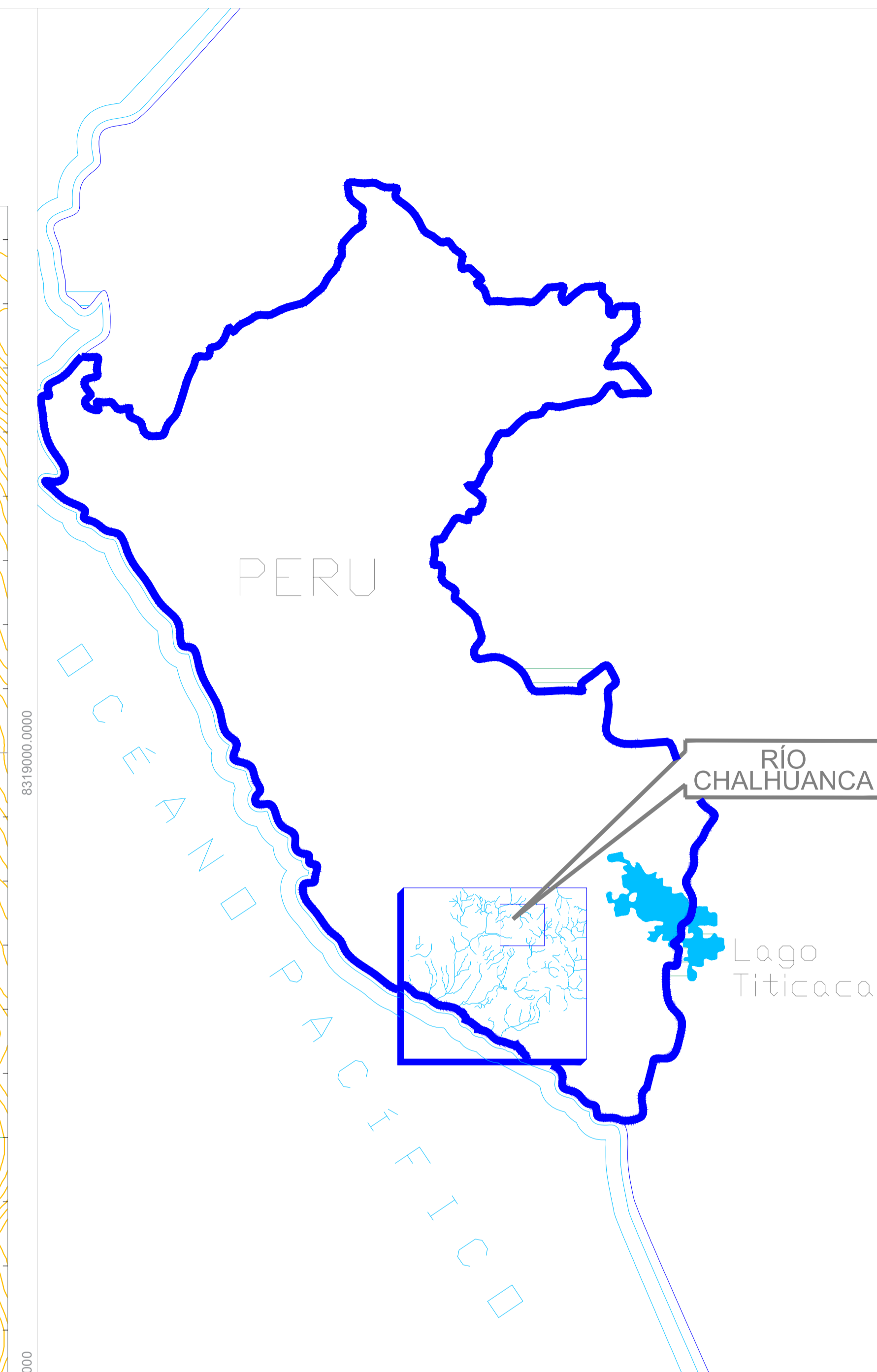
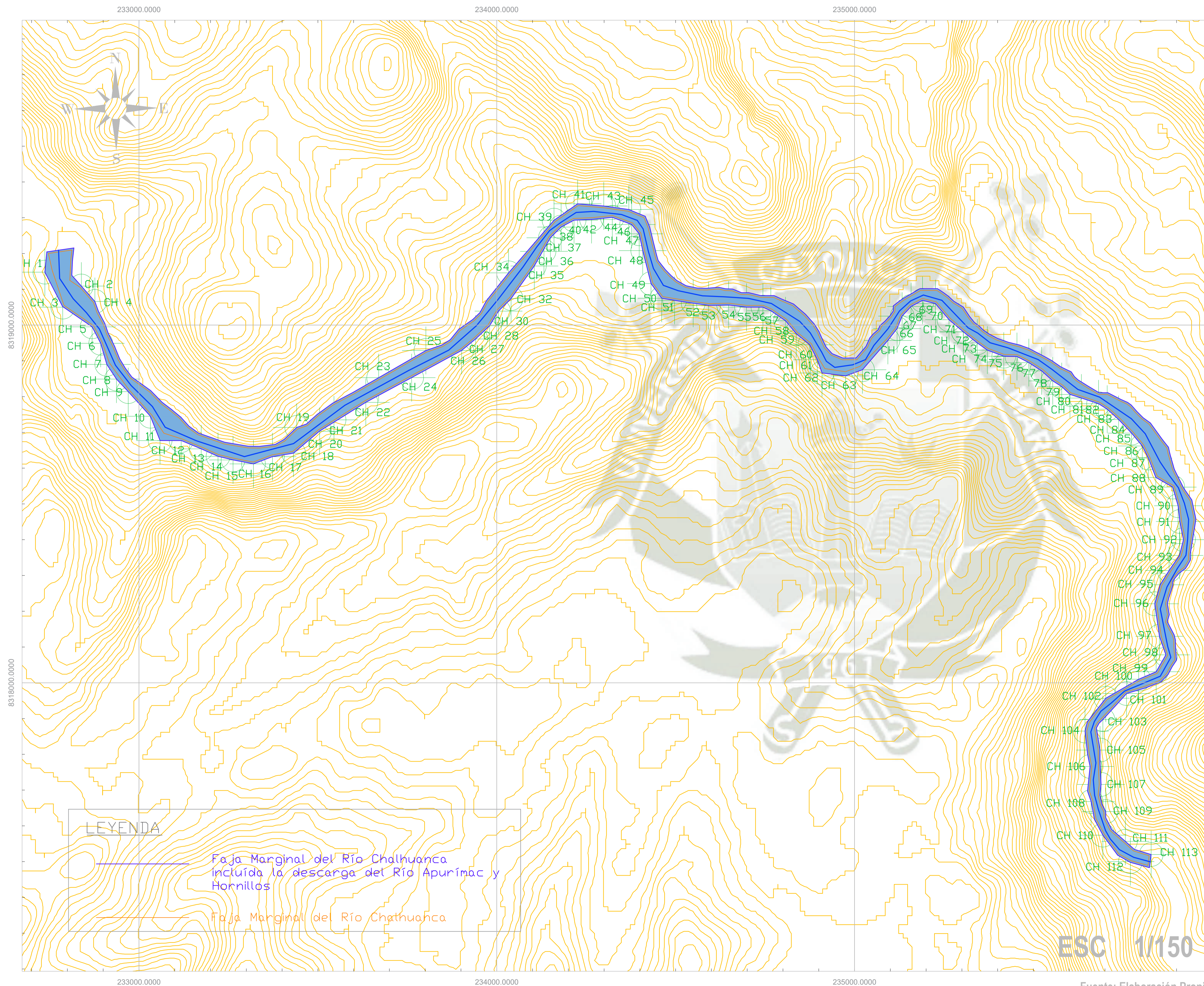


Ilustración 82 Vista Panorámica del Final del Túnel Trasandino , en este punto se trasvasarán los 30 m³/s



8.5. ANEXO D: PLANO





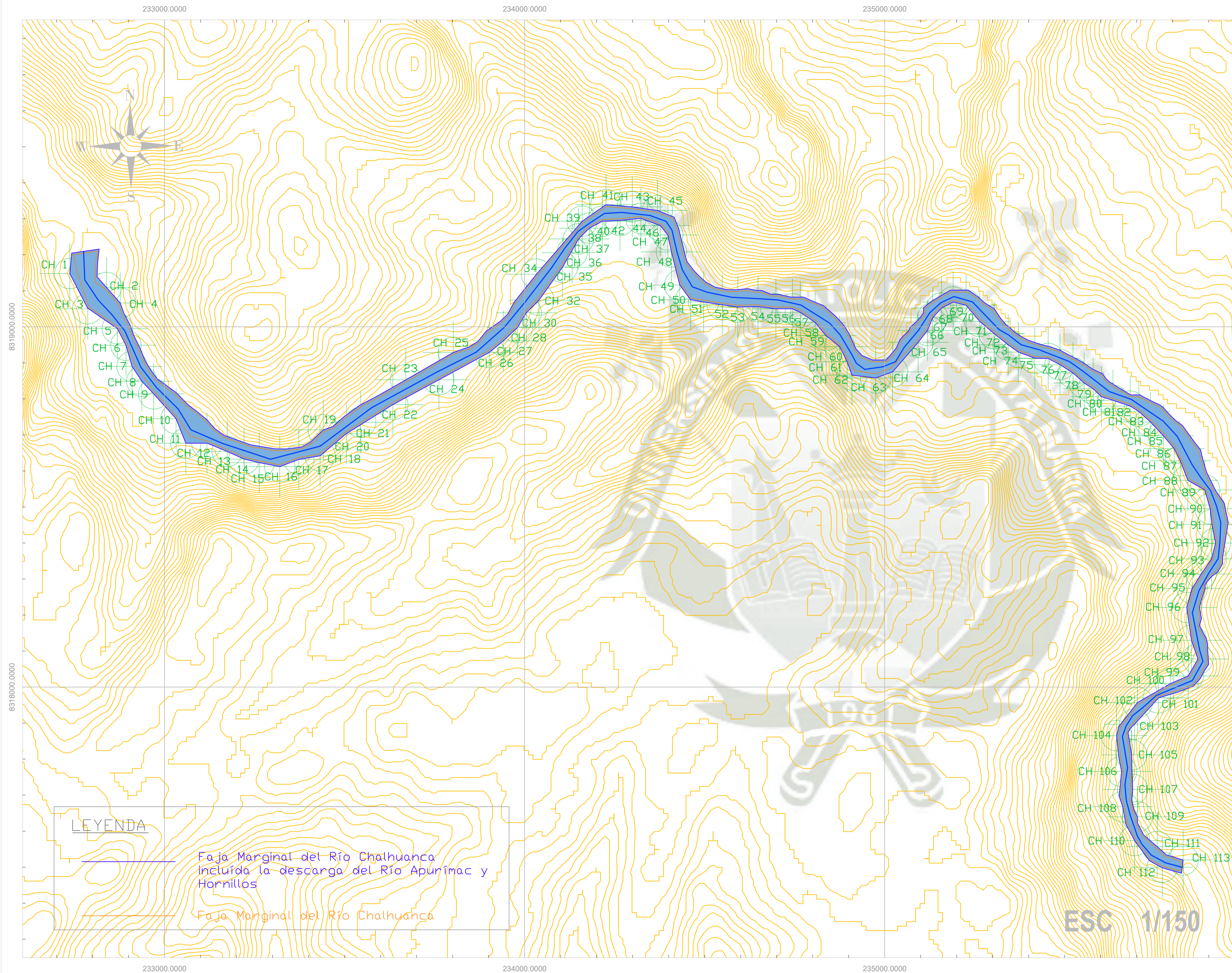
Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA CON EL APORTE DE LA DESCARGA DE LOS RÍOS APURÍMAC Y HORNILLOS EN EL DISTRITO DE TISCO, PROVINCIA DE CAYLLOMA - AREQUIPA

DATUM : WGS 84	PRESENTADO POR: BACH. MADELINE FIORELLA FUENTES PARI	FECHA : ABRIL 2019
ESCALA: INDICADA		
REG : AREQUIPA PROV : CAYLLOMA DIST. : TISCO	PLANO: DELIMITACIÓN FAJA MARGINAL DE RÍO CHALHUANCA	Lámina: PU-01



PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE
CH 1	8319148.00	232737.00	CH 58	8318945.00	234875.00
CH 2	8319109.00	232839.00	CH 59	8318903.00	234896.00
CH 3	8319050.00	232787.00	CH 60	8318866.00	234909.00
CH 4	8319066.00	232877.00	CH 61	8318858.00	234975.00
CH 5	8318995.00	232869.00	CH 62	8318875.00	235022.00
CH 6	8318949.00	232893.00	CH 63	8318920.00	235060.00
CH 7	8318890.00	232910.00	CH 64	8318957.00	235093.00
CH 8	8318849.00	232937.00	CH 65	8318990.00	235119.00
CH 9	8318814.00	232970.00	CH 66	8319025.00	235133.00
CH 10	8318745.00	233032.00	CH 67	8319052.00	235158.00
CH 11	8318706.00	233059.00	CH 68	8319069.00	235190.00
CH 12	8318677.00	233118.00	CH 69	8319060.00	235226.00
CH 13	8318654.00	233174.00	CH 70	8319015.00	235264.00
CH 14	8318633.00	233221.00	CH 71	8318981.00	235304.00
CH 15	8318623.00	233263.00	CH 72	8318950.00	235343.00
CH 16	8318612.00	233320.00	CH 73	8318930.00	235371.00
CH 17	8318635.00	233373.00	CH 74	8318913.00	235417.00
CH 18	8318642.00	233432.00	CH 75	8318912.00	235454.00
CH 19	8318714.00	233441.00	CH 76	8318895.00	235487.00
CH 20	8318703.00	233505.00	CH 77	8318872.00	235523.00
CH 21	8318735.00	233545.00	CH 78	8318844.00	235554.00
CH 22	8318784.00	233634.00	CH 79	8318828.00	235579.00
CH 23	8318814.00	233670.00	CH 80	8318806.00	235602.00
CH 24	8318853.00	233762.00	CH 81	8318796.00	235634.00
CH 25	8318875.00	233802.00	CH 82	8318780.00	235682.00
CH 27	8318929.00	233902.00	CH 83	8318765.00	235706.00
CH 28	8318961.00	233941.00	CH 84	8318736.00	235738.00
CH 29	8318998.00	233980.00	CH 84	8318698.00	235774.00
CH 30	8319039.00	234005.00	CH 85	8318662.00	235804.00
CH 31	8319074.00	234040.00	CH 86	8318628.00	235821.00
CH 32	8319146.00	234033.00	CH 87	8318574.00	235842.00
CH 33	8319165.00	234105.00	CH 88	8318547.00	235889.00
CH 34	8319206.00	234132.00	CH 89	8318495.00	235904.00
CH 35	8319244.00	234150.00	CH 90	8318451.00	235909.00
CH 36	8319274.00	234180.00	CH 91	8318400.00	235919.00
CH 37	8319314.00	234160.00	CH 92	8318356.00	235908.00
CH 38	8319293.00	234216.00	CH 93	8318314.00	235879.00
CH 39	8319339.00	234226.00	CH 94	8318274.00	235854.00
CH 40	8319295.00	234265.00	CH 95	8318221.00	235839.00
CH 41	8319333.00	234299.00	CH 96	8318130.00	235852.00
CH 42	8319301.00	234323.00	CH 98	8318078.00	235870.00
CH 43	8319323.00	234369.00	CH 99	8318031.00	235843.00
CH 44	8319281.00	234377.00	CH 100	8318010.00	235794.00
CH 45	8319255.00	234398.00	CH 101	8317970.00	235760.00
CH 46	8319208.00	234408.00	CH 102	8317957.00	235702.00
CH 47	8319116.00	234431.00	CH 103	8317897.00	235694.00
CH 48	8319075.00	234461.00	CH 104	8317865.00	235644.00
CH 49	8319069.00	234497.00	CH 105	8317812.00	235686.00
CH 50	8319061.00	234549.00	CH 106	8317766.00	235658.00
CH 51	8319055.00	234592.00	CH 107	8317716.00	235689.00
CH 52	8319056.00	234648.00	CH 108	8317668.00	235661.00
CH 53	8319050.00	234698.00	CH 109	8317640.00	235702.00
CH 54	8319050.00	234744.00	CH 110	8317574.00	235694.00
CH 55	8319040.00	234766.00	CH 111	8317557.00	235757.00
CH 56	8319012.00	234807.00	CH 112	8317500.00	235771.00
CH 57	8318976.00	234837.00	CH 113	8317520.00	235829.00

Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DEL RÍO CHALHUANCA CON
 EL APORTE DE LA DESCARGA DE LOS RÍOS APURÍMAC Y
 HORNILLOS EN EL DISTRITO DE TISCO, PROVINCIA DE CAYLLOMA -
 AREQUIPA

DATUM : WGS 84	PRESENTADO POR:	FECHA :
ESCALA: INDICADA	BACH. MADELINE FIORELLA FUENTES PARI	ABRIL 2019
REG : AREQUIPA	PLANO:	Lámina:
PROV : CAYLLOMA	DELIMITACIÓN FAJA MARGINAL DE RÍO CHALHUANCA	FM-01
DIST. : TISCO		