



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE UN MODELO PROBABILISTA
DE RIESGO POR INUNDACIÓN, APLICADO A LA
MICROCUCENCA LLAVINI, DISTRITO, PROVINCIA Y REGIÓN
DE PUNO – PERU”**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILY GONZALO FLORES

MILTON WILBER PAUCAR PANIURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A DIOS, porque me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda humildad que de mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar a Dios.

A Mis Familiares

A mis Padres SEBASTIÁN Y RUFINA,

Por brindarme el apoyo incondicional, comprensión y cariño inmenso que me han llenado de fuerzas para alcanzar mis metas a lo largo de mi formación profesional Universitaria.

A mi hermana CLAUDINA,

Por su comprensión y apoyo incondicional.

A mi Enamorada EDITH NOEMÍ,

Por brindarme la motivación y apoyo en los momentos más difíciles para que este proyecto de investigación llegue a su culminación

Wily Gonzalo Flores.



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Heraclides Paucar Gamarra y Josefa Paniura Quispe por ser mi mayor motivación y traer tanta felicidad a mi vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional, a todo su sacrificio puesto en mí.

Milton W. Paucar Paniura.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones, por protegerme, por darme lucidez e iluminarme en los momentos más difíciles durante mi camino en la formación profesional y poder cumplir uno de mis sueños anhelados, ya que su amor es inmenso.

Wily Gonzalo Flores.

Mi agradecimiento eterno a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

Milton W. Paucar Paniura.

Agradecemos de manera especial a nuestra querida Casa Superior de Estudios, a nuestro Director de Tesis por su apoyo, al Ing. GUILLERMO NESTOR FERNANDEZ SILA, por su gran contribución y a todas las personas que nos apoyaron en el desarrollo del presente Proyecto de Investigación



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN21

ABSTRACT.....22

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA25

1.1.1. Problema general.25

1.1.2. Problemas específicos.25

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....25

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN26

1.3.1. Hipótesis General.....26

1.3.2. Hipótesis Específicas.26

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN27

1.4.1. Objetivo General.....27

1.4.2. Objetivo Específicos.27

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....28

2.1.1. Tesis de pregrado.28

2.1.1.1. Internacionales.28

2.1.1.2. Nacionales.....31

2.1.2. Maestrías.35

2.1.3. Matriz de consistencia.39

2.2. BASES TEÓRICAS42

2.2.1. Levantamiento Topográfico.42

2.2.1.1. Topografía.....42



2.2.1.2. Georreferenciación con GPS Diferencial.	42
2.2.1.3. Topografía (Fotogrametría con DRON).	44
2.2.2. Análisis Hidrológico de Cuencas.	46
2.2.2.1. Hidrología.	46
2.2.2.2. Cuenca Hidrográfica.	48
2.2.2.3. División de las Unidades Hidrográficas del Perú.	49
2.2.2.4. Tipo de una Cuenca.	54
2.2.2.5. Delimitación de Cuencas.	55
2.2.2.6. Parámetros Geométricos de una Cuenca.	57
2.2.2.7. Parámetro de Forma.	58
2.2.2.8. Parámetro de Relieve.	61
2.2.2.9. Parámetro de Drenaje.	66
2.2.3. Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos.	67
2.2.3.1. Información Meteorológica.	67
2.2.3.2. Análisis de Consistencia para Precipitaciones Máximas.	69
2.2.3.3. Hietogramas y Curvas I-D-F Normalizados.	70
2.2.3.4. Prueba de Bondad de Ajuste.	71
2.2.3.5. Precipitación Proyectada – Análisis de Frecuencia.	72
2.2.3.6. Método para el Cálculo de Caudales.	73
2.2.4. Periodo de Retorno.	81
2.2.4.1. Normalización de Curvas I-D-F.	82
2.2.5. Modelación con IBER 2.4.3.	82
2.2.6. Metodología para la Evaluación de Riesgo.	83
2.2.6.1. Peligro Originado por Fenómenos de Origen Natural.	84
2.2.6.2. Peligro.	86
2.2.6.3. Vulnerabilidad.	90
2.2.6.4. Riesgo.	93
2.2.6.5. Método Multicriterio.	95
2.2.7. Definición de Términos Básicos.	101

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIOS	105
3.1.1. Ubicación Política.	105



3.1.2. Ubicación Geográfica.....	105
3.1.3. Ubicación Hidrográfica.	105
3.2. EQUIPOS Y MATERIALES	107
3.2.1. Equipos de Campo.	107
3.2.2. Equipo de Gabinete.....	108
3.2.3. Materiales.	108
3.3. PROCESAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	109
3.3.1. Levantamiento topográfico (Fotogrametría con DRON).	109
3.3.1.1. Fotogrametría con DRON PHANTOM 4PRO.	110
3.3.1.2. Procesamiento AFISOFT PHOTOSCAN versión 1.4.3.....	110
3.4. PROCESAMIENTO HIDROLÓGICO DE CUENCAS	120
3.4.1. Delimitación de la Microcuenca Llavini.	120
3.4.1.1. Insumos (DEM – ORTOFOTO).	120
3.4.1.2. Uso de ARCGIS para delimitar la Microcuenca Llavini.....	120
3.4.2. Forma de la Microcuenca Llavini.	130
3.4.3. Parámetros de la Microcuenca Llavini.....	130
3.4.3.1. Área de la Microcuenca (A).....	130
3.4.3.2. Parámetro de la Microcuenca (P).....	130
3.4.3.3. Longitud Axial (La).....	130
3.4.3.4. Ancho Promedio (B).	131
3.4.4. Parámetros de forma de la Microcuenca Llavini.	132
3.4.4.1. Coeficiente de Compacidad de Gravelius (KC).....	132
3.4.4.2. Factor de Forma (KF).....	132
3.4.4.3. Relación de Elongación (Re).	133
3.4.5. Parámetros de Relieve.	134
3.4.5.1. Elevaciones	134
3.4.5.2. Pendientes.	138
3.4.5.3. Tiempo de Concentración.....	142
3.5. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HÍDRICOS.....	143
3.5.1. Datos Pluviométricos del SENAMHI de la Estación Pluviométrica de Puno.....	143
3.5.2. Análisis de Consistencia para Precipitaciones Máximas.	156
3.5.2.1. Evaluación Grafica de datos.	156



3.5.2.2. Evaluación Estadística de Datos.	158
3.5.3. Hietogramas y Curvas I-D-F Normalizados.....	162
3.5.3.1. Distribuciones de Probabilidad.	162
3.5.4. Prueba de Bondad de Ajuste.....	171
3.5.4.1. Método de la Prueba de Kolmogorov Smirnov.	171
3.5.5. Precipitación Proyectada – Análisis de Frecuencia.	172
3.5.5.1. Factor de Frecuencia.	172
3.5.6. Periodo de Retorno.....	173
3.5.7. Método para el cálculo de Caudales.	175
3.5.7.1. Coeficiente de Escorrentía Ponderado (Cp).....	175
3.5.7.2. Intensidad de Precipitación ILLA – SENAMHI – UNI.	177
3.5.8. Normalización de curva I-D-F con el Método de Bloques Alternos.	181
3.5.9. Método Racional.....	185
3.6. MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN CON IBER.....	185
3.6.1. Pre – Proceso.	185
3.6.2. Post – Proceso.....	190
3.6.2.1. Resultados de la Modelación Hidráulica con IBER.....	191
3.7. DETERMINACIÓN DEL RIESGO SEGÚN CENEPRED	193
3.7.1. Identificación del Peligro por inundación Pluvial.	193
3.7.1.1. Identificación y Caracterización del Peligro.....	193
3.7.1.2. Parámetros Generales para la Evaluación de Inundaciones.	193
3.7.1.3. Ponderación de los Parámetros Descriptores.....	193
3.7.1.4. Susceptibilidad del Territorio.	194
3.7.1.5. Resumen de Tablas ponderados de Parámetros y Descriptores de Inundación.....	199
3.7.1.6. Ponderación y Determinación del Valor del Peligro.....	200
3.7.1.7. Niveles de Peligro.	201
3.7.1.8. Estratificación de los Niveles de Peligro.....	202
3.7.2. Análisis de la de Vulnerabilidad.....	203
3.7.2.1. Análisis de la Dimensión Social.	203
3.7.2.2. Análisis de la Dimensión Económica.....	215
3.7.2.3. Resumen de tablas Ponderados de Parámetros y Descriptores del Análisis de Vulnerabilidad	221
3.7.2.4. Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad.....	224



3.7.2.5. Niveles de Vulnerabilidad.	226
3.7.2.6. Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad.	227
3.7.3. Estimación del nivel de riesgo.	229
3.7.3.1. Cálculo y Determinación de los Niveles de Riesgo.	229
3.7.3.2. Cálculo del Valor de Riesgo.	229
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO A NIVEL DE MANZANAS	235
4.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD A NIVEL DE MANZANAS	241
4.2.1. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad Social a Nivel de Manzanas. .	241
4.2.2. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad Económica a Nivel de Manzanas.	245
4.2.3. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad a Nivel de Manzanas.	252
4.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO A NIVEL DE MANZANAS	256
V. CONCLUSIONES	259
VI. RECOMENDACIONES	261
VII. REFERENCIAS	262
ANEXOS	266

Área : Hidráulica

Tema : Modelo probabilista de riesgo por inundación.

Línea de investigación: Hidráulica y medio ambiente.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de julio del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Se aprecia Forma de la toma de fotos	45
Figura N° 2: Regiones Hidrográficas a nivel continental - américa del sur	50
Figura N° 3: Regiones Hidrográficas en Perú	51
Figura N° 4: Método Pfafstetter (1989).....	52
Figura N° 5: Cuenca Endorreica	55
Figura N° 6: Cuenca Exorreica	55
Figura N° 7: Criterio de Taylor y Schwarz.....	64
Figura N° 8: Orden de la red de drenaje.....	66
Figura N° 9: Zonificación Para Cada Sub Región Hidrológica del Perú	78
Figura N° 10: Parámetros generados por fenómenos de origen Natural	84
Figura N° 11: Metodología general para determinar el nivel de peligro.....	87
Figura N° 11: Flujograma general del proceso de análisis de información.....	88
Figura N° 12: Flujograma para la identificación y caracterización de peligros generados por fenómenos naturales	89
Figura N° 14: flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones.....	96
Figura N° 15: Se Aprecia Mapa 01 Ubicación de Microcuenca Llavini.....	106
Figura N° 16: Dron Phantom 4Pro y Cámara CMOS de 1”	107
Figura N° 17: Celular Xiaomi Note 4	107
Figura N° 18: GPS Diferencial Trimble modelo R8.....	108
Figura N° 19: Vista General de la Microcuenca Llavini.....	109
Figura N° 20: Se Aprecia la Pestaña de Herramientas- Calibración de Cámara.	110
Figura N° 21: Se Aprecia la Pestaña de Flujo de Trabajo Orientar fotos.....	111
Figura N° 22: Se Aprecia el proceso de orientación de fotos.....	111
Figura N° 23: Se Aprecia el proceso Terminado de orientación de fotos.	112
Figura N° 24: Se Aprecia la Pestaña Crear Nube de Puntos Escogemos Calidad Alta y en avanzado escogemos moderado.	112
Figura N° 25: Se Aprecia el proceso de Crear Nube de Puntos.....	113
Figura N° 26: Se Aprecia la Nube de Puntos.....	113
Figura N° 27: Se Aprecia la creación de malla.....	114
Figura N° 28: Se Aprecia la malla creada.	114
Figura N° 29: Se aprecia los puntos de control Georreferenciados.	115
Figura N° 30: Empezamos a crear la textura.	116



Figura N° 31: Se aprecia la creación del Modelo Digital de Elevaciones (DEM).....	116
Figura N° 32: Se aprecia la creación de orto mosaico (Orto Foto).....	117
Figura N° 33: Se Aprecia el orto mosaico listo para exportar.	117
Figura N° 34: Se Aprecia la exportación del DEM en formato TIF.	118
Figura N° 35: Se Aprecia la exportación del DEM en formato TIF.	118
Figura N° 36: Se Aprecia la exportación de la orto foto en formatos JPG y TIF.....	119
Figura N° 37: Se Aprecia la exportación de la orto foto en formatos JPG y TIF.	119
Figura N° 38: Se observa la conexión de las carpetas de trabajo.	120
Figura N° 39: Se observa la Orto foto importada en formato JPG.	121
Figura N° 40: Se observa el DEM Importado (formato TIF).	121
Figura N° 41: Se observa la herramienta “Fill” que permite llenar vacíos del DEM. .	122
Figura N° 42: Se observa la herramienta “Flow Direction” que permite Ver la Dirección.	122
Figura N° 43: Se observa la herramienta “Flow Accumulation” que permite Ver los principales cauces de agua y definir el punto de descarga de la Microcuenca Llavini.	123
Figura N° 44: Creamos un punto de desfogue en la salida del cauce en la Microcuenca.	123
Figura N° 45: Se observa la herramienta “Watershed” que permite obtener una imagen Raster delimitada de la Microcuenca Llavini.....	124
Figura N° 46: Nos vamos a Convesion Tools-From Raster en “Raster to polygon” que permite convertir en formato vectorial listo para trabajarlo.	124
Figura N° 47: Se observa el área y orden de Drenaje de la Microcuenca MAPA 5. ...	125
Figura N° 48: Se observa la zona de estudio.	125
Figura N° 49: Se observa la Creación de un nuevo Shapefile.....	126
Figura N° 50: Se observa la n_rugosidad con tamaño de celdas de 0.2 para tener mayor precisión en los coeficientes de manning de Rugosidad para el Usos de Suelo.	126
Figura N° 51: Se observa la n_rugosidad para exportar los coeficientes de manning de Rugosidad para el Usos de Suelo.	127
Figura N° 52: Se observa el DEM Extrayendo solo la zona de Estudio	127
Figura N° 53: Se observa el DEM según la delimitación de la Microcuenca	128
Figura N° 54: Se observa la Exportación de n_Rugosidad para Uso de Suelo	128



Figura N° 55: Se observa la exportación del DEM para generar nuestra malla en IBER.	129
Figura N° 56: Se observa la exportación de la Orto Foto en Formato JPG (Configuramos como según la imagen).	129
Figura N° 57: Se aprecia la Longitud Axial de la Cuenca Llavini.....	131
Figura N° 58: Elevaciones de la Microcuenca dividido en 8 áreas en ArGIS.....	135
Figura N° 59: Curva Hipsométrica de la Microcuenca Llavini	137
Figura N° 60: Pendiente del Cauce Principal de la Microcuenca Llavini	141
Figura N° 61: Histórico de Precipitaciones Máximas Anuales	146
Figura N° 62: Hietograma de Precipitaciones Promedio	148
Figura N° 63: Hietograma de Precipitaciones Máximas	148
Figura N° 64: Hietograma de Precipitaciones Máximas	149
Figura N° 65: Se aprecia Máximas, promedio y Mínimas Precipitaciones (mm)	150
Figura N° 66: Se aprecia Precipitación promedio mensual y máximos acumulados...	151
Figura N° 67: Se aprecia Histórico de Temperaturas mínimas.....	153
Figura N° 68: Se aprecia Histórico de Temperaturas medias mensuales	155
Figura N° 69: Se aprecia los Datos 01 versus Datos 02 no son consistentes	158
Figura N° 70: Se aprecia los Datos 01 versus Datos 02 ya son consistentes	161
Figura N° 71: Se aprecia la función de densidad.....	164
Figura N° 72: Se aprecia la función de distribución de probabilidad	164
Figura N° 73: Se aprecia la función de densidad.....	167
Figura N° 74: Se aprecia la función de distribución de probabilidad acumulada y teórica.	167
Figura N° 75: Se aprecia la función de densidad.	170
Figura N° 76: Se aprecia la función de distribución de probabilidad acumulada y teórica.	170
Figura N° 77: Curva Intensidad – Duración - Frecuencia.	180
Figura N° 78: Hietograma normalizado para T=25 años (mm).	182
Figura N° 79: Curva de Intensidad normalizada para T=25 años (mm/hr).	182
Figura N° 80: Hietograma normalizado para T=47 años (mm).	184
Figura N° 81: Hietograma normalizado para T=47 años (mm).	184
Figura N° 82: Se Aprecia la Importación de la Orto foto a IBER	186
Figura N° 83: Se Aprecia la Creación de malla según la topografía exportada del ArcGIS con tamaño de celdas 1x1m	186



Figura N° 84: Se Aprecia el mallado según la topografía del DEM	187
Figura N° 85: Se Aprecia los diferentes tipos de suelos con coeficientes manning IBER	187
Figura N° 86: Se Aprecia la importación para la asignación Automática de los coeficientes manning de ArcGIS.....	188
Figura N° 87: Se Aprecia los coeficientes manning según el tipo de suelo.	188
Figura N° 88: Se Aprecia la asignación de caudales en las entradas del cauce Pluvial en IBER Teniendo una entrada.	189
Figura N° 89: Se Aprecia la asignación las condiciones de salida del cauce pluvial. .	189
Figura N° 90: Se Aprecia el modelo para 61 minutos que es 3660 segundos condición de modelamiento.	190
Figura N° 91: Se Aprecia el modelo analizado para 61 minutos ó 3,660 segundos. ...	190
Figura N° 92: Se Aprecia la Velocidad (m ² /s).	191
Figura N° 93: Se Aprecia el Calado y/o Altura del agua (m).....	191
Figura N° 94: Se Aprecia la Velocidad (m ² /s).	192
Figura N° 95: Se Aprecia el Calado y/o Altura del agua (m).....	192
Figura N° 96: Grupo Etario	206
Figura N° 97: Grafico de cantidad de niños a nivel de manzanas	208
Figura N° 98: Grafico de cantidad de adultos a nivel de manzanas.....	210
Figura N° 99: Grafico de cantidad de ancianos a nivel de manzanas	212
Figura N° 100: Mapa de peligro por Inundación a nivel de Manzanas.....	240
Figura N° 101: Mapa de vulnerabilidad a nivel de Manzanas.....	255
Figura N° 102: Mapa de Riesgo a nivel de Manzanas	258



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Matriz de Consistencia	39
Tabla N° 2: Clasificación de las cuencas.....	57
Tabla N° 3: Formas de las cuencas de acuerdo al coeficiente de compacidad.....	59
Tabla N° 4: Características del relieve de acuerdo a su pendiente.	63
Tabla N° 5: Coeficientes en Zonas Urbanas.....	76
Tabla N° 6: Valores De Los Parámetros K Y <i>Eg</i> Que Definen La Distribución De Probabilidades En Cada Punto De Las SubZonas.	79
Tabla N° 7: Valores de los Parámetros n y <i>a</i> que Definen la Distribución de Probabilidades en Cada Punto de las SubZonas.....	80
Tabla N° 8: Valores Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje.....	81
Tabla N° 9: Matriz de Clasificación del Área de Influencia.....	88
Tabla N° 10: Tabla de escala Saaty.....	96
Tabla N° 11: Índice aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas.	100
Tabla N° 12: Los 8 puntos de Control con Coordenadas UTM.....	115
Tabla N° 13: Parámetros Geométricos y Forma de la Microcuenca Llavini.....	134
Tabla N° 14: Microcuenca dividido en 8 partes según las elevaciones en ARGIS	136
Tabla N° 15: Áreas Parciales y acumuladas para la elaboración de la curva hipsométrica	136
Tabla N° 16: Datos de la Microcuenca según Criterio de TAYLOR y SCHWARZ....	139
Tabla N° 17: Resumen de Parámetros de la Microcuenca Llavini	142
Tabla N° 18: Datos de Precipitaciones Máximas por mes y año en 24hrs. (mm).	144
Tabla N° 19: Datos De Precipitaciones Máximas Anuales en 24hr (mm).	145
Tabla N° 20: Datos Acumulados y el Promedio Anual De Precip. Máximas en 24hr (mm).	147
Tabla N° 21: Datos de Precipitaciones Máximas, Promedio y Mínimas en 24Hr (mm)	149
Tabla N° 22: Precipitaciones Máximas Históricas y Promedio Mensual	151
Tabla N° 23: Se Aprecia Años de Ocurrencia, Precipitaciones Acumuladas Máximas Históricas y Promedio Mensual.....	152
Tabla N° 24: Se Aprecia las Temperaturas mínimas	152
Tabla N° 25: Se Aprecia las Temperaturas mínimas anuales y mensuales	153
Tabla N° 26: Se Aprecia las Temperaturas máximas.....	153



Tabla N° 27: Se Aprecia las Temperaturas máximas mensuales y anuales.	154
Tabla N° 28: Precipitaciones Máximas en 24hr (mm).	156
Tabla N° 29: Datos 01 de Precipitaciones Máximas en 24hr (mm).	157
Tabla N° 30: Dato 02 de Precipitaciones Máximas en 24hr (mm)	157
Tabla N° 31: Promedio, Desviación Estándar y Varianza.	158
Tabla N° 32: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales.	159
Tabla N° 33: Prueba F para varianzas de dos muestras	160
Tabla N° 34: Análisis de consistencia.	160
Tabla N° 35: Corrección de Datos 01	161
Tabla N° 36: Distribución Normal de Precipitaciones Máximas.	163
Tabla N° 37: Distribución Normal de dos parámetros Precipitaciones Máximas	166
Tabla N° 38: Distribución Normal de tres Parámetros Precipitaciones Máximas	169
Tabla N° 39: Resultados para las Pruebas de Bondad de Ajuste.	172
Tabla N° 40: Precipitación Proyectada Distribución Log. Normal de dos Parámetros.	173
Tabla N° 41: Coeficiente de Escorrentía Ponderado para un T= 25 años.	175
Tabla N° 42: Coeficiente de Escorrentía Ponderado para un T= 47 años.	176
Tabla N° 43: Determinación De Los Parámetros K, para la Zona 123 y Sub Zona 123 ₆	178
Tabla N° 44: Determinación De Valores De Los Parámetros n y a, para la Sub Zona 123 ₆	178
Tabla N° 45: Curvas I-D-F Según el método IILA – SENAMHI – UNI.	179
Tabla N° 46: Normalización de Curvas I_D_F para un periodo de retorno de 25 años.	181
Tabla N° 47: Normalización de Curvas I_D_F para un periodo de retorno de 47 años.	183
Tabla N° 48: Peligro Identificado.	193
Tabla N° 49: Parámetros de Evaluación del nivel de Peligro.	193
Tabla N° 50: Matriz de Normalización del nivel de Peligro.	194
Tabla N° 51: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del nivel de Peligro.	194
Tabla N° 52: Factores de la Susceptibilidad.	194
Tabla N° 53: Parámetros de Precipitación.	194
Tabla N° 54: Matriz de Normalización del Parámetro de Precipitación.	195



Tabla N° 55: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Precipitación.....	195
Tabla N° 56: Parámetros del Factor Condicionante.....	195
Tabla N° 57: Matriz de Normalización del Factor Condicionante.	195
Tabla N° 58: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del Factor Condicionante.....	195
Tabla N° 59: Parámetros del Factor Condicionante – Topografía.....	196
Tabla N° 60: Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Topografía.	196
Tabla N° 61: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Topografía.	196
Tabla N° 62: Parámetros del Factor Condicionante – Unidad Geomorfológica	197
Tabla N° 63: Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Unidad Geomorfológica.....	197
Tabla N° 64: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Unidad Geomorfológica.....	197
Tabla N° 65: Parámetros del Factor Condicionante – Unidad Geológica.....	198
Tabla N° 66: Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Unidad Geológica	199
Tabla N° 67: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Unidad Geológica.	199
Tabla N° 68: Resumen de tablas ponderados de los parámetros de Peligro.....	199
Tabla N° 69: Determinación del Valor del Peligro.....	201
Tabla N° 70: Rangos del Peligro por Inundación Pluvial	201
Tabla N° 71: Matriz de Peligro.....	202
Tabla N° 72: Dimensión Social	204
Tabla N° 73: Parámetros de los Factores de la Dimensión Social.....	204
Tabla N° 74: Matriz de Normalización de los Factores de la Dimensión Social	204
Tabla N° 75: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Factores de la Dimensión Social.....	204
Tabla N° 76: Parámetros de Exposición social – Población.....	205
Tabla N° 77: Matriz de Normalización de los Parámetros de Exposición social – Población.....	205
Tabla N° 78: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Parámetros de Exposición social – Población.....	205



Tabla N° 79: Grupo Etario.....	206
Tabla N° 80: Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario	207
Tabla N° 81: Matriz de Normalización de los Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario.....	207
Tabla N° 82: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario.	207
Tabla N° 83: Cantidad de niños a nivel de Manzanas.....	208
Tabla N° 84: rangos con el número de niños existentes.....	209
Tabla N° 85: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Niños.....	209
Tabla N° 86: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Niños.....	209
Tabla N° 87: Cantidad de adultos a nivel de manzanas	210
Tabla N° 88: rangos con el número de Adultos existentes.....	210
Tabla N° 89: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Adultos.....	210
Tabla N° 90: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Adultos.	211
Tabla N° 91: Cantidad de ancianos a nivel de manzanas	211
Tabla N° 92: rangos con el número de Ancianos existentes	212
Tabla N° 93: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Ancianos	212
Tabla N° 94: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Ancianos.....	212
Tabla N° 95: Parámetros de los descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación	213
Tabla N° 96: Matriz de Normalización de los descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación.....	214
Tabla N° 97: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación.	214
Tabla N° 98: Parámetros de los descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo	214



Tabla N° 99: Matriz de Normalización de los descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo	215
Tabla N° 100: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo.....	215
Tabla N° 101: Matriz de la Dimensión Económica	215
Tabla N° 102: Parámetros de los Factores de la Dimensión Económica	216
Tabla N° 103: Matriz de Normalización de los Factores de la Dimensión Económica	216
Tabla N° 104: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Factores de la Dimensión Económica	216
Tabla N° 105: Parámetros de la Exposición Económica – Uso Actual.....	216
Tabla N° 106: Matriz de Normalización de la Exposición Económica – Uso Actual ..	216
Tabla N° 107: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Exposición Económica – Uso Actual	217
Tabla N° 108: Parámetros de la Fragilidad Económica	217
Tabla N° 109: Matriz de Normalización de la Fragilidad Económica.....	217
Tabla N° 110: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Fragilidad Económica	217
Tabla N° 111: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.	218
Tabla N° 112: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.....	218
Tabla N° 113: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.....	218
Tabla N° 114: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación.	219
Tabla N° 115: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación.	219
Tabla N° 116: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación	219
Tabla N° 117: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.	219
Tabla N° 118: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.	220



Tabla N° 119: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.	220
Tabla N° 120: Parámetros de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación	220
Tabla N° 121: Matriz de Normalización de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación.....	220
Tabla N° 122: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación	221
Tabla N° 123: Resumen de Parámetros y Descriptores del Análisis de Vulnerabilidad	221
Tabla N° 124: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad – Dimensión Social.....	224
Tabla N° 125: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad – Dimensión Económica.....	225
Tabla N° 126: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad.....	226
Tabla N° 127: Rangos de Vulnerabilidad.....	226
Tabla N° 128: Estratificación de los niveles de Vulnerabilidad.....	227
Tabla N° 129: Matriz simplificada, peligrosidad vs vulnerabilidad	230
Tabla N° 130: Matriz de niveles de riesgo	230
Tabla N° 131: Estratificación de riesgo.....	230
Tabla N° 132: Estimación del Peligro a nivel de Manzanas	236
Tabla N° 133: Determinación de Vulnerabilidad Social a nivel de Manzanas	241
Tabla N° 134: Determinación de Vulnerabilidad Económica a nivel de Manzanas.....	245
Tabla N° 135: Determinación de Vulnerabilidad a nivel de Manzanas	252
Tabla N° 136: Estimación del riesgo a nivel de manzanas.....	256



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CAEG	: Centro de Altos Estudios en Geomática E. I. R. L.
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
DEM	: Digital Elevation Model (Modelo digital de Elevaciones).
IGN	: Instituto Geográfico Nacional.
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil.
INIE	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
MTC	: Ministerio de Transportes y comunicaciones.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
SIGRID	: Sistema de información para la Gestión del Riesgos de Desastres
SINAGERD	: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
TDSP	: Sistema Endorreico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa
UTM	: Universal Transverse Mercator (Sistema de Coordenadas Universal de Mercator).
WGS	: World Geodetic System (Sistema Geodésico Mundial).



RESUMEN

La presente investigación titulada “Análisis y estimación de un modelo probabilista de riesgo por inundación, aplicado a la Microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno - Perú”, tiene por objetivo estimar las zonas de riesgo mediante un modelo probabilista ante una inundación pluvial, donde se identificara la peligrosidad y se analizara la vulnerabilidad a través de índices adimensionales normalizados por los componentes de índices social y económico, donde se evalúa factores de exposición, fragilidad y resiliencia, dentro de un ámbito urbano. Esta investigación en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (02 versión – 2014) del CENEPRED (Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres), mediante recolección de información (meteorológica, geomorfológica, geológica, datos estadísticos de la población y la estructura física de lotes), se identificó la peligrosidad y se analizó su Vulnerabilidad a nivel de manzanas, los cuales se clasifican en niveles (muy alto, alto, medio y bajo). Los resultados muestran las zonas de peligrosidad según los niveles que representa, el 3% Muy Alto, un 24% Alto, un 66% Medio y un 7% nivel bajo, en el análisis de vulnerabilidad se verifico que el 15% es de un nivel muy alto y un 81% nivel alto, 4% nivel bajo, de las cuales se pudo estimar las zonas de riesgo donde se determinó que el 85% es de nivel alto, 13% nivel medio y un 2% nivel bajo. Finalmente, mediante la estimación del riesgo podemos proponer medidas de prevención estructurales y no estructurales para poder mitigar las zonas de riesgo.

Palabras Clave: Identificación del peligro; Análisis de Vulnerabilidad; estimación de riesgo; modelo probabilista de riesgo e Inundación pluvial.



ABSTRACT

The present investigation entitled "Analysis and estimation of a probabilistic model of flood risk, applied to the Llavini Micro-basin, district, province and region of Puno - Peru", aims to estimate the risk areas using a probabilistic model in the face of a storm flood, where the dangerousness was identified and the vulnerability was analyzed through dimensionless indices normalized by the components of social and economic elements, where exposure, fragility and resilience factors are evaluated, within an urban setting. This research based on the manual for the evaluation of risks originated by natural phenomena (02 version - 2014) of the CENEPRED (National Center for Estimation, Prevention and Reduction Of The Risk Of Disasters), by collecting information (meteorological, geomorphological, geological, data statistics of the population and the physical structure of lots), the dangerousness was identified and its vulnerability was analyzed at the apple level, which are classified into levels (very high, high, medium and low). The results show the danger zones according to the levels it represents, 3% Very High, 24% High, 66% Medium and 7% low, in the vulnerability analysis it was verified that 15% is of a level very high and 81% high level, 4% low level, of which it was possible to estimate the risk areas where it was determined that 85% is high level, 13% medium level and 2% low level. Finally, by estimating risk, we can propose structural and non-structural prevention measures to mitigate risk areas.

Key Words: Hazard identification; Vulnerability Analysis; risk estimation; Probabilistic model of risk and storm flooding.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Puno, al estar ubicado a faldas de los cerros circunlacustres; y que, en época de precipitación pluvial, activan las quebradas generando grandes descargas de agua a lo largo del cauce, y debido a la falta de mantenimiento de los canales de evacuación de aguas pluviales, se produce el desbordamiento, que generan inundaciones, en las zonas ubicadas aguas abajo, las cuales se presentan en cualquier momento.

Estos desbordamientos son comunes en la ciudad de Puno, teniendo como precipitaciones máximas los meses de octubre a marzo, lo que conlleva a un mayor riesgo ante inundaciones; afectando directamente a los pobladores, pudiendo provocar perjuicios sociales y económicos, y generando situaciones de riesgos.

El Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú, en adelante SENAMHI; refiere que las máximas precipitaciones pluviales en los últimos 30 años, en la ciudad de Puno se dio en el 2010 alcanzando una precipitación de 78.20 mm; en tal sentido hay un latente riesgo de sufrir perjuicios por inundación pluvial en la zona de estudio.

Ahora bien, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres; en adelante CENEPRED, utiliza el método multicriterio (proceso de análisis jerárquico) para la ponderación de los parámetros de evaluación del fenómeno de origen natural (inundación pluvial), mostrando la importancia (peso) de cada parámetro en el cálculo del riesgo, facilitando la estratificación de los niveles de riesgos. Este método tiene un soporte matemático, permitiendo incorporar información cuantitativa (datos meteorológicos, geomorfológicos y geológicos) y cualitativa (nivel de



incorporación de los instrumentos de gestión del riego, niveles de organización social y económica, etc.).

En ese sentido, en la presente investigación se realizará un análisis de la estimación del riesgo por inundación pluvial en la Microcuenca Llavini de la ciudad de Puno; procesando dicha información con base al Manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales, versión 02 que realizada el CENEPRED, en adelante Manual del CENEPRED, que tiene sustento legal en la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD); mediante el cual otorga facultades al Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres -CENEPRED, en calidad de organismo público ejecutor adscrito a la Presidencia de Consejo de Ministros.

Asimismo, el análisis del cálculo servirá para realizar un mapeo de riesgo que permitirá visualizar la distribución de riesgo por inundación pluvial en la Microcuenca Llavini, el cual nos permitirá identificar zonas de mayor o menor riesgo frente a este peligro, que ayudará a una toma de decisiones.

En consecuencia; debido a que nadie se ha preocupado en realizar un estudio probabilista de riesgo por inundación pluvial en la Microcuenca Llavini, la presente investigación tiene como objetivo general Analizar y Estimar un Modelo Probabilista de Riesgo por Inundación Pluvial en la Microcuenca Llavini bajo el manual del CENEPRED, en el distrito, provincia y región Puno ; y como objetivos específicos: **a)** identificar el nivel de peligro ante una precipitación pluvial en la Microcuenca Llavini, **b)** Analizar el nivel de vulnerabilidad social y económica en la Microcuenca de Llavini, **c)** Estimar el nivel de riesgo dentro de la dimensión social y económica en los diferentes



sectores en la Microcuenca Llavini y **d)** Plantear medidas de prevención estructurales y no estructurales con el análisis obtenido de la estimación de riesgo.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general.

¿Cuáles son las zonas afectadas dentro de la Microcuenca Llavini con un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial?

1.1.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es el nivel de peligro ante una inundación pluvial, dentro de la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED?
- ¿Cuáles son las zonas vulnerables en la dimensión social y económica, dentro de la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo en la dimensión social y económica en los diferentes sectores de la Microcuenca Llavini?
- ¿Cuáles son las medidas de prevención estructurales y no estructurales al analizar los niveles de riesgo por precipitaciones pluviales?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El crecimiento urbano dentro de la microcuenca Llavini y su falta de mantenimiento de los canales pluviales existentes, da lugar a un incremento de riesgo ante una inundación pluvial, más aún si se toma en cuenta su geomorfología, lo que ocasiona que se colapse los canales de evacuación pluvial existentes, por lo que generara una inundación en las avenidas ubicadas zonas aguas abajo.



La falta de un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial hace que no se tenga un conocimiento de riesgo en la zona de estudio, por lo que el desarrollo de esta investigación mediante el análisis de factores, parámetros y descriptores encontrados en la zona de estudio, se estime el riesgo ante un fenómeno hidrometeorológico de origen natural.

Este estudio científico con datos actualizados permitirá estimar los niveles de riesgo en el área de estudio y los efectos que pueda ocasionar y la manera de poder actuar ante este riesgo de origen natural.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General.

Las zonas afectadas por inundaciones pluviales, se hallan en las zonas bajas de la Microcuenca Llavini, a razón de falta de medidas de prevención en las zonas altas.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

- El nivel de peligrosidad ante una inundación pluvial, dentro de la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED, es posible que tenga un nivel alto, considerando las manzanas de las zonas bajas como las más afectadas.
- Las zonas vulnerables desde la dimensión social y económica, dentro de la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED, posiblemente tenga un nivel alto.



- Los niveles de riesgo en la dimensión social y económica, tendrán una incidencia de riesgo alto en los diferentes sectores de la Microcuenca Llavini.
- Proponer medidas de prevención estructurales y no estructurales, que ayuden a mitigar la acumulación de aguas en las zonas bajas de la Microcuenca Llavini.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General.

Analizar y Estimar las zonas afectadas dentro de la Microcuenca Llavini con un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial.

1.4.2. Objetivo Específicos.

- Identificar el nivel de peligrosidad ante una inundación pluvial en la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.
- Analizar el nivel de vulnerabilidad social y económica en la Microcuenca de Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.
- Estimar el nivel de riesgo dentro de la dimensión social y económica en los diferentes sectores en la Microcuenca Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.
- Plantear medidas de prevención estructurales y no estructurales con el análisis obtenido de la estimación de riesgo.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Tesis de pregrado.

2.1.1.1. Internacionales.

Benítez (2016) en su tesis “Insumos técnicos para la modelación probabilista de riesgo de inundaciones en la cuenca del río sucio utilizando el modelo CAPRA”. Tuvo como objetivo principal describir los insumos técnicos necesarios para la modelación probabilística de riesgo de inundaciones en la cuenca del río Sucio utilizando el método estocástico CAPRA y como objetivos específicos **1)** Recolectar y procesar los datos de intensidades de lluvia obtenidos de las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la cuenca en estudio para realizar una evaluación de la amenaza en la cuenca; **2)** Describir las curvas de vulnerabilidad apropiadas para su utilización dentro de la plataforma CAPRA; **3)** Investigar los tipos de construcciones que hayan sido afectadas por inundaciones y que se encuentren dentro de la cuenca del río Sucio; y, **4)** Describir el procedimiento utilizado por el método CAPRA para evaluar el riesgo de inundaciones. Donde se tuvo como conclusiones: **1)** Tanto la calidad y el período de registro de los datos pluviométricos y su procesamiento a través de métodos probabilísticos, es esencial para la correcta caracterización del nivel de precipitación esperado en la zona en estudio; **2)** El correcto análisis de la información es indispensable para la generación de la base de datos a procesar por los programas que conforman la Plataforma CAPRA. La plataforma



CAPRA considera dentro de su análisis las características del terreno a través del mapa de número de curva, el cual varía con el tipo y uso del suelo, cobertura vegetal, así como de su condición y estado previo de humedad. Los mapas de número de curva pueden generarse realizando la superposición de los mapas individuales de la información descrita usando sistemas de información geográfica; **3)** Para la definición de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, la plataforma CAPRA considera necesario que para cada tipología constructiva se defina el porcentaje de daño esperado en función de la intensidad de la amenaza. El porcentaje de daño esperado representa la relación entre el costo esperado de reparación y el costo de reposición del elemento afectado; y, **4)** En el presente trabajo de graduación se describe una guía para el manejo de los diferentes componentes de la plataforma CAPRA, específicamente para la generación de inundaciones. Los insumos definidos para la cuenca del río Sucio han sido obtenidos con base en la información pluviométrica de la cuenca y visitas realizadas a cada una de las municipalidades que la conforman.

Álvarez (2012) en su tesis “Evaluación de la vulnerabilidad físico-estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul, Suchitepéquez” Tuvo como objetivo principal Evaluar la vulnerabilidad de las estructuras físicas ante inundaciones de las viviendas ubicadas en el Margen Rio Madre Vieja, que forman parte del equipamiento en el área urbana del municipio de Patulul Suchitepéquez y como objetivos específicos **1)** Elaborar mapas de vulnerabilidad ante inundaciones de las viviendas del municipio; **2)** Evaluar el grado de vulnerabilidad ante inundaciones que poseen las viviendas, de las comunidades El Triunfo Sector Madre Vieja,



Llano Verde, Santa Rosita, San Rufino Cocales; **3)** Describir las tipologías y estado de las estructuras expuestas a inundaciones; y, **4)** Plantear recomendaciones técnicas que indiquen tipologías y estado actual de las viviendas. Con su respectivo registro de localización, fotografías y esquemas. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** La precipitación y la pendiente son los factores más influyentes dentro de la Cuenca Madre Vieja, por lo que las viviendas del Barrio El Triunfo Sector Madre Vieja, Caserío Llano Verde, Lotificación Santa Rosita y Barrio San Rufino Cocales presentan un alto grado de vulnerabilidad a la amenaza de inundación; **2)** En el resultado de evaluación de vulnerabilidad estructural de las viviendas del Barrio El Triunfo, Sector Madre Vieja, se puede observar que 40 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural baja ante la susceptibilidad de inundaciones, esto es el 61%; 21 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural media ante la susceptibilidad de inundaciones, esto corresponde al 32%; y 5 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural alta ante la susceptibilidad de inundaciones, correspondiendo al 7%; **3)** En el resultado de evaluación de vulnerabilidad estructural de las viviendas del Caserío Llano Verde y Lotificación Santa Rosita, se puede observar que 27 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural baja ante la susceptibilidad de inundaciones, esto es el 66%; 13 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural media ante la susceptibilidad de inundaciones, esto corresponde al 32%; y 1 vivienda poseen una vulnerabilidad estructural alta ante la susceptibilidad de inundaciones, correspondiendo al 2%; **4)** En el resultado de evaluación de vulnerabilidad estructural de las viviendas del Barrio San Rufino Cocales, se puede observar que 23 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural baja



ante la susceptibilidad de inundaciones, esto es el 40%; 32 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural media ante la susceptibilidad de inundaciones, esto corresponde al 55%; y 3 viviendas poseen una vulnerabilidad estructural alta ante la susceptibilidad de inundaciones, correspondiendo al 5%; **5)** La evaluación realizada determina que el sistema constructivo en la mayoría de viviendas evaluadas en el Caserío Llano Verde y Lotificación Santa Rosita es de cimiento corrido, paredes de block, ventanas de marco de metal y cerramiento de vidrio, el techo de estructura metálica y cubierta metálica o de cemento; la mayoría de viviendas evaluadas no presentan un deterioro en las paredes. Únicamente 4 viviendas están construidas de forma improvisada, con materiales de desecho (lámina y tela); y, **6)** La evaluación realizada determina que el sistema constructivo en la mayoría de viviendas evaluadas en el Barrio San Rufino Cocales es de cimiento corrido, paredes de madera, ventanas de marco de madera y cerramiento de madera, el techo de estructura metálica y cubierta metálica; la mayoría de viviendas evaluadas presentan un deterioro en las paredes debido al material utilizado ya que por sus características particulares y la antigüedad de las construcciones los materiales han perdido sus propiedades resistentes.

2.1.1.2. Nacionales.

Carranza (2014) en su tesis “Evaluación de riesgos de desastres en el asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén – Cajamarca ante peligro de inundación” Tuvo como objetivo principal Determinar el nivel de riesgo de desastres que afecta a la población e infraestructura del asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén ante el peligro de inundación y como objetivos específicos **1)** Determinar el nivel de peligro



de inundación a la cual está expuesto el asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén; **2)** Determinar las condiciones de vulnerabilidad que se encuentran en el asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén; y **3)** Cuantificar los riesgos mediante la evaluación del peligro de inundación y de la vulnerabilidad. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** El nivel de riesgo del asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén, ante el peligro de inundación es alto, debido a que presenta un nivel vulnerabilidad muy alta; **2)** El nivel de peligro de inundación del asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén es bajo, porque presenta un nivel de intensidad bajo y una frecuencia de ocurrencia alto, encontrándose en un rango de porcentaje de 0% a 25%; **3)** En el asentamiento humano san José del Huito de la ciudad de Jaén, el nivel de vulnerabilidad es muy alto, debido a que la vulnerabilidad física, económica y científica y tecnológica, se encontraron en un rango de 76% a 100%. **4)** El costo estimado en daños en materiales ante la ocurrencia del peligro de inundación es de S/.863 752,32, nuevos soles, afectando un total de 34 viviendas y una cantidad de 139 personas.

Mendoza (2017) en su tesis “Evaluación del riesgo por inundaciones en la quebrada romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011-2016” Tuvo como objetivo principal Evaluar el nivel de riesgo por inundación, generado por la quebrada Romero del distrito de Cajamarca durante el periodo 2011 - 2016 y como objetivos específicos **1)** Evaluar la peligrosidad de la quebrada Romero; **2)** Analizar la vulnerabilidad de las familias aledañas a la quebrada Romero; y, **3)** Proponer medidas estructurales y no estructurales que reduzcan el riesgo de inundación existente en la quebrada Romero. Donde se obtuvo



las siguientes conclusiones **1)** El nivel de peligrosidad de la quebrada Romero es alto esto es debido a que la intensidad y las anomalías positivas de precipitación en este periodo de 6 años son elevados, la zona con mayor peligro de inundación está enmarcada entre Jr. Miguel de Cervantes cuadra 4 hasta el Jr. Desamparados cuadra 6, esto es debido a que en esta parte existen viviendas construidas a ambos márgenes de la quebrada e incluso han invadido el cauce natural de la quebrada. **2)** Al analizar las dimensiones sociales, económicas y ambientales de la población asentada dentro de la faja marginal de la quebrada Romero obtenemos como resultado una vulnerabilidad alta, ya que se encuentran muy expuestas ante un fenómeno de inundación, la población más vulnerable se encuentra entre el Jr. Miguel de Cervantes cuadra 4 hasta el Jr. Desamparados cuadra 6, ya que al haber construido sus viviendas en ambos márgenes serán los primeros y además los más afectados ante una inundación y los pobladores que se encuentran entre el Jr. Desamparado cuadra 6 hasta Av. El Maestro poseen una vulnerabilidad alta debido principalmente a la antigüedad de sus viviendas. **3)** Las propuestas planteadas son de carácter estructurales y no estructurales, relacionadas al adecuado mantenimiento y reforzamiento del cauce de la quebrada; centradas tanto a la capacitación de los pobladores y haciendo hincapié en el cumplimiento de la normativa vigente.

Mandragón (2013) en su tesis “Evaluación del Nivel de Riesgo de Inundación. por el río Amojú en la Parte Baja de la ciudad de Jaén” Tuvo como objetivo principal determinar el nivel de riesgo de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén y como objetivos específicos **1)** Determinar el nivel de peligro de inundación por el río Amojú en la parte baja



de la ciudad de Jaén, **2)** Determinar el grado de vulnerabilidad en la parte baja de la ciudad de Jaén, **3)** Delimitar un mapa de llanura de inundación, como aporte al programa integral de microzonificación. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** El nivel de peligro de inundación en la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue muy alto, **2)** El grado de vulnerabilidad de la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue alto, **3)** Se delimito el mapa de llanura de inundación, donde se pudo apreciar las viviendas de cada sector inundadas; obteniendo que 101 viviendas tienen un peligro de inundación muy alto, que representa el 20% de las viviendas, mientras que 258 viviendas están expuestas a un peligro de inundación alto, representando el 51% de viviendas, 81 viviendas presentan un peligro de inundación medio, que representa el 16% de las viviendas, y solo 65 viviendas presentan un peligro de inundación bajo, que representa el 13% de las viviendas.

Mechato (2017) en su tesis “Efectos de las Inundaciones fluviales en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui. Catacaos – Piura. 2017”. Tuvo como objetivo principal determinar cómo afectan las inundaciones fluviales en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui, Distrito de Catacaos - Piura. 2017, y como objetivos específicos **1)** Determinar de qué manera las inundaciones fluviales generan afectación de los suelos en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui, Distrito de Catacaos - Piura. 2017, **2)** Analizar en qué medida las inundaciones fluviales producen socavaciones en las viviendas en el asentamiento humano José Carlos



Mariátegui, distrito de Catacaos - Piura. 2017, **3)** Estudiar de qué modo las inundaciones fluviales ocasionan tipos de grietas en las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui, distrito de Catacaos - Piura. 2017. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** Se ha determinado los efectos generados en suelo y sus dimensiones generadas a causa de las inundaciones fluviales, en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui Distrito de Catacaos – Piura, **2)** ha analizado en qué medida las socavaciones afectan la estabilidad de las viviendas por causa de las inundaciones fluviales del río Piura en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui Distrito de Catacaos - Piura. 2017, **3)** Los daños generados en las viviendas por inundaciones fluviales se dan a causa de la tipología de construcción de las viviendas de caña quincha, adobe falta de buena cimentación y sobre cimientos, también es un factor la ubicación cerca al río Piura afectando significativamente al asentamiento humano José Carlos Mariátegui distrito de Catacaos - Piura, **4)** Del objetivo principal se ha determinado que las inundaciones fluviales del río Piura influyen significativamente el caudal del mismo, volviendo vulnerable y propenso a riesgos de desastres a la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui distrito de Catacaos provincia de Piura.

2.1.2. Maestrías.

Loyola (2019) en su tesis “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad”. Tuvo como objetivo principal Evaluar el nivel de riesgo por inundación, generado por la quebrada del cauce del Río Grande



en el tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus en la ciudad de Huamachuco, y como objetivos específicos **1)** Calificar el nivel de peligro de la quebrada del Cauce del Río Grande, **2)** Valorar la vulnerabilidad general de las familias que se encuentran dentro de la faja marginal del cauce del río Grande **3)** Proponer medidas estructurales y no estructurales que reduzcan el riesgo de inundación existente en la quebrada del Río Grande en el tramo comprendido desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** El Riesgo por Inundación de la quebrada del cauce del Río Grande tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus es Alto (51 a 75 %), **2)** El peligro que corre la población que se encuentra dentro de la faja marginal del cauce del río Grande tramo Puente Candopata – Puente Cumbicus es Alto, **3)** La vulnerabilidad general obtenida tiene una cuantificación de 3.45 puntos, por lo que se determina que es alta (51 a 75 %). Este dato se ha obtenido con el análisis de la vulnerabilidad física tiene una cuantificación de 3.30 puntos, la vulnerabilidad económica tiene una cuantificación de 3.13 puntos, la vulnerabilidad social tiene una cuantificación de 3.30 puntos, la vulnerabilidad política e institucional tiene una cuantificación de 3.40 puntos, la vulnerabilidad científica y tecnológica tiene una cuantificación de 3.60 puntos, la vulnerabilidad ideológica tiene una cuantificación de 3.30 puntos, la vulnerabilidad cultural tiene una cuantificación de 3.10 puntos, y la vulnerabilidad educativa tiene una cuantificación de 3.80 puntos, **4)** Las propuestas estructurales y no estructurales están orientadas a la prevención, cumplimiento de la normativa vigente y sobre todo a la ejecución de un sistema de protección y estabilidad permanente del cauce del río, puede ser



un enrocamiento lateral de las márgenes del río o una defensa ribereña establecida mediante un estudio definitivo. Cabe indicar que las medidas de mitigación estructural y no estructural se encuentran planteadas en el numeral 3.4 de este estudio de investigación.

Pedraza (2014) en su tesis “Evaluación De La Vulnerabilidad Urbana Y Resiliencia Ante Lluvias Intensas En La Ciudad De Ensenada, B.C.” Tuvo como objetivo principal Evaluar la vulnerabilidad urbana y resiliencia ante eventos de lluvias intensas en la ciudad de Ensenada, B.C. a un nivel local, integrando dimensiones ambientales, físicas, sociales, demográficas, económicas y la percepción social de los habitantes, y como objetivo específicos **1)** Determinar y analizar indicadores asociados a la vulnerabilidad urbana ante lluvias intensas en la ciudad de Ensenada, B.C., **2)** Definir y examinar los elementos que conforman la resiliencia en la ciudad de Ensenada, B.C., **3)** Analizar la percepción social sobre la vulnerabilidad urbana en tres zonas de estudio dentro de la ciudad de Ensenada, B.C. Donde se obtuvo las siguientes conclusiones **1)** Se logró presentar una definición adecuada para vulnerabilidad y resiliencia urbana con la revisión que se llevó a cabo de diversos documentos, así pues se definió a la vulnerabilidad urbana como el grado en que un sistema urbano es propenso a experimentar daños debido a la exposición a un peligro, mientras que la resiliencia urbana se entiende como la flexibilidad, el aprendizaje y el cambio que puede haber en un lugar y en un grupo determinado de personas que ha sido impactado de manera negativa por algún fenómeno natural o antropogénico. **2)** El análisis de vulnerabilidad urbana realizado está basado en dimensiones ambientales, biofísicas, sociales, perceptivas y toma en cuenta las características



geográficas de los asentamientos humanos con el fin de realizar un análisis integral de vulnerabilidad urbana. En este sentido, se realizó una separación entre los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia debido a que son análisis complementarios. El análisis de resiliencia urbana se llevó a cabo porque es el mecanismo para crear acciones de mitigación y prevención hacia los impactos negativos de los riesgos en diferentes escalas espaciales. Asimismo, el análisis de percepción fue necesario para entender las características de las personas y los lugares que conducen a un aumento de la vulnerabilidad urbana no es suficiente para frenar las pérdidas crecientes de los riesgos. **3)** La ciudad de Ensenada presenta bajos grados de vulnerabilidad urbana según el modelo de índices e indicadores. Estas zonas se presentan en la sección Centro, Chapultepec y Noreste de la ciudad debido a que en ellas existe un desarrollo de actividades económicas mayor que en los límites de la ciudad y también porque presentan más recursos de infraestructura, como pavimentación, luz eléctrica, agua potable, entre otras.

2.1.3. Matriz de consistencia.

Tabla N° 1: Matriz de Consistencia

MATRIS DE CONSISTENCIA						
TITULO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTE	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA TIPO DE INVESTIGACION
“ANALISIS Y ESTIMACION DE UN MODELO PROBABILISTA DE RIESGO POR INUNDACION, APLICADO A LA MICROCUENCA LLAVINI, DISTRITO, PROVINCIA Y REGION DE PUNO - PERU”	¿Cuáles son las zonas afectadas dentro de la Microcuena Llavini con un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial?	Analizar y Estimar las zonas afectadas dentro de la Microcuena Llavini con un modelo probabilista de riesgo por inundación pluvial.	Las zonas afectadas por inundaciones pluviales, se hallan en las zonas bajas de la Microcuena Llavini, a razón de falta de medidas de prevención en las zonas altas.	<ul style="list-style-type: none"> El nivel de Riesgo por inundación pluvial 	Para la obtención de información están constituidos por: 1.- Datos Meteorológicos (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI), Geomorfológicos (Levantamiento Topográfico con Dron, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET) y Geológicas (Instituto Geológico, Minero y	Descriptiva, Deductivo y Tecnológico
	PROBL. ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICOS	INDEPENDIENTE		Cuantitativa - Cualitativo

DISEÑO DE INVESTIGACION	
Metalúrgico (INGEMMET)	<p>Documentaria, Experimental y Tecnológica. (obtenemos y analizamos datos de documentos, obtención de datos del modelo probabilista y incorporación de conocimiento científico y técnico del modelo probabilista de riesgo como antecedente)</p>
<p>• El nivel de peligro ante una precipitación pluvial, dentro de la Microcuena Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED, es posible que tenga un nivel alto, considerando las manzanas de las zonas bajas como las más afectadas.</p>	<p>• Identificación de la peligrosidad</p>
<p>• Identificar el nivel de peligro ante una precipitación pluvial en la Microcuena Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.</p>	<p>• Las zonas vulnerables desde la dimensión social y económica, dentro de la Microcuena Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED, posiblemente tenga un nivel alto.</p>
<p>• Analizar el nivel de vulnerabilidad social y económica en la Microcuena de Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.</p>	<p>• Análisis de la Vulnerabilidad en la dimensión social y Económica (Exposición, Fragilidad Resiliencia) y</p>
<p>• Estimar el nivel de riesgo dentro de la dimensión social y económica en los diferentes sectores en la Microcuena Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED.</p>	<p>• Los niveles de riesgo en la dimensión social y económica, tendrán una incidencia de riesgo muy alto en los diferentes sectores de la Microcuena Llavini.</p>
<p>¿Cuáles son las zonas vulnerables en la dimensión social y económica, dentro de la Microcuena Llavini en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED?</p>	<p>• Proponer medidas de prevención estructurales y</p>
<p>¿Cuáles son los niveles de riesgo en la dimensión social y económica en los diferentes sectores de la Microcuena Llavini?</p>	
<p>¿Cuáles son las medidas de prevención</p>	
	<p>2.- Datos del censo Nacional del INEI 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. de la plataforma SIGRID</p>
	<p>3.- Encuestas</p>
	<p>4.- Panel Fotográfico</p>
	<p>Toda el Área de Influencia de la Microcuena Llavini de la ciudad de Puno</p>
	<p>POBLACION</p>



	estructurales y no al analizar los niveles de riesgo por precipitaciones pluviales?	estructurales y no estructurales con el análisis obtenido de la estimación de riesgo.	no estructurales, que ayuden a mitigar la acumulación de aguas en las zonas bajas de la Microcuenca Llavini	
--	---	---	---	--

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Levantamiento Topográfico.

El levantamiento topográfico se comprende que es un estudio técnico y descriptivo de un terreno específico, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las particularidades físicas, geográficas y geológicas del terreno. El levantamiento topográfico se realizó con dron (Fotogrametría con Dron) y se procesa con el Software Agisoft Photoscan, se marcó 8 puntos de control georreferenciados con GPS Diferencial modelo R8 el cual se describe con un informe de Georreferenciación.

2.2.1.1. Topografía.

La topografía es una disciplina o técnica que se faculta en describir de una forma muy detallada una superficie de un terreno específica, pero no solo realiza la descripción de elevaciones en los terrenos, sino que posee componentes para una edición y redacción cartográfica, que se encarga de estudiar las elaboraciones de los mapas geográficos.

Los mapas topográficos usan el sistema de representación de planos acotados, mostrando la parte más alta del terreno usando las líneas que conectan los puntos con la misma cota, que es el número que en los mapas indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel con denominadas curvas y dicen que el mapa es topográfico, es el que estudia la distribución de la parte más alta de la superficie de la tierra.

2.2.1.2. Georreferenciación con GPS Diferencial.

La georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema



de Coordenadas y Datum específicos. Es una operación habitual dentro del sistema de información geográfica (SIG) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos).

La georreferenciación es un aspecto fundamental en el análisis de datos geospaciales, pues es la base para la correcta localización de la información de mapa y, por ende, de la adecuada fusión y comparación de datos procedentes de diferentes sensores en diferentes localizaciones espaciales y temporales. Por ejemplo, dos entidades georreferenciadas en sistemas de coordenadas diferentes pueden ser combinables tras una apropiada transformación afín (bien al sistema de coordenadas del primer objeto, bien al del segundo).

Se pueden distinguir dos métodos principales de georreferenciación:

La georreferenciación orbital, en la que se modelan las fuentes de error geométrico conocidas (la curvatura terrestre, la distorsión panorámica, la rotación terrestre, etc.) y se aplican transformaciones inversas que corrijan estos errores intrínsecos y sistemáticos de forma automatizada. Tiene la principal ventaja de que no necesita intervención humana una vez que es implementado, pero puede dar lugar a grandes errores en las coordenadas de las imágenes de satélite si su sistema de posicionamiento no tiene la suficiente precisión (problema que ha disminuido con la llegada de los sistemas de navegación modernos).

La georreferenciación por puntos de control, en la que a partir de un conjunto de puntos bien identificados en la imagen y de los que se conocen



sus coordenadas se calculan las funciones de transformación (lineales, cuadráticas) que mejor se ajustan a estos puntos. Para que esta georreferenciación resulte satisfactoria es necesario elegir de forma apropiada los puntos de control (en número, ubicación y distribución). Se trata, pues, de un proceso manual en el que se requiere intervención humana. Ofrece mayor exactitud cuándo se trabaja en zonas donde es posible identificar bien los puntos conocidos.

2.2.1.3. Topografía (Fotogrametría con DRON).

La configuración del relieve de la Microcuenca Llavini, se realizó un levantamiento topográfico con Dron (Fotogrametría con Dron) en la zona de estudio, el mismo que contiene información planimetría de lotización e información altimétrica compuesto por curvas de nivel a equidistancias de 5 metros, las que han servido para realizar la descripción y delimitación de las características topográficas de la Microcuenca Llavini. Esta información topográfica ha sido procesada como se describe posteriormente.

2.2.1.3.1. Fotogrametría con DRON PHANTOM 4 PRO.

La Fotogrametría en la actualidad es una de las técnicas más empleadas en topografía. La Fotogrametría es el conjunto de métodos y procedimientos, donde mediante el uso de fotografías de un objeto o una superficie, podemos deducir las formas y dimensiones del mismo. Se trata de una técnica donde la principal fuente de información es una fotografía, siendo éste una imagen de la zona de estudio.

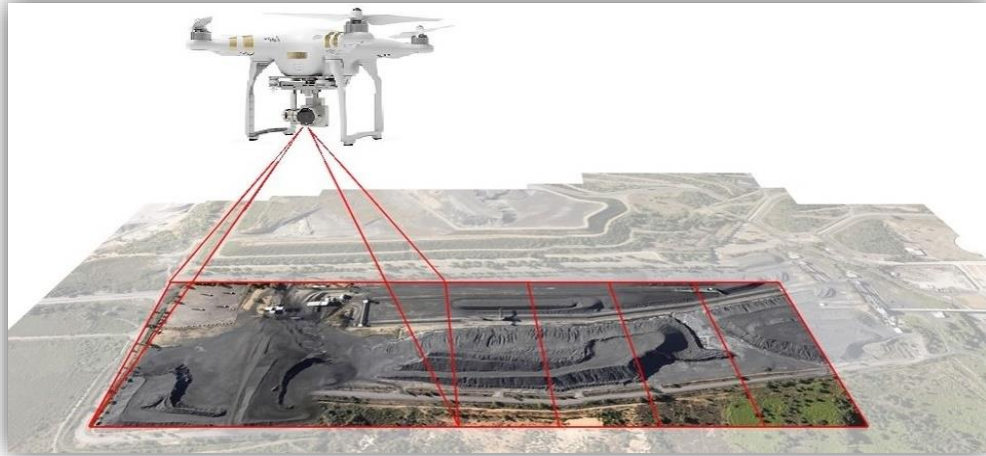


Figura N° 1: Se aprecia Forma de la toma de fotos

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

2.2.1.3.2. Modelo Digital de Elevaciones.

Los rangos cortos de altitud que existen entre el punto más bajo y el punto más alto del ámbito de estudio nos han conducido a la utilización de diferentes herramientas tecnológicas de apoyo al proceso de análisis topográfico, dada la gran importancia que tiene el entendimiento claro de las características morfológicas del terreno, se ha generado un Modelo Digital de Elevaciones – DEM, a partir del procesamiento, utilizando la siguiente información y software:

- Fotos tomadas por el dron
- Software Agisoft Photoscan
- Las tonalidades del relieve, es debido a la diferenciación de los rangos altitudinales.

2.2.1.3.3. Ortofoto.

La ortofoto (del griego orthós ‘correcto, exacto’) es la presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los



elementos están en la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

Una ortofoto se consigue mediante un conjunto de imágenes aéreas (tomadas desde un Dron, avión o un satélite), que han sido corregidas para representar una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva, y en la que, por lo tanto, es posible realizar mediciones exactas, a diferencia de una fotografía aérea simple, que siempre presentará deformaciones causadas por la perspectiva de la cámara, la altura o la velocidad a la que se mueve la cámara. A este proceso de corrección digital se le llama ortorrectificación. Entonces, una ortofoto combina las características de detalle de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano. “La ortofoto puede utilizarse en todas las actividades donde se emplean fotografías aéreas y cartográficas sistemáticas o regular, con la ventaja de lograrse una gran exactitud planimetría que permite efectuar estudios monotemáticos fácilmente combinable en un estudio de un determinado plan socioeconómico regional.

2.2.2. Análisis Hidrológico de Cuencas.

2.2.2.1. Hidrología.

La hidrología se refiere que “Es la ciencia que se encarga del estudio del agua en la naturaleza y de los procesos que en ella se dan” (Campos, Konstantinovich, y Igorevich, 2016, p.164)

Desde la iniciación de la humanidad, el hombre ha estado envuelto con los orígenes de agua que hay en la tierra. Campos et al (2016) afirma:



El desarrollo del territorio se llevó a cabo sin tener en cuenta los cambios de los factores naturales que por siglos afectan la dinámica de los cursos de agua. En los últimos años, posiblemente con el calentamiento global, se han presentado casos de lluvias catastróficas, que han dado lugar a rebosamientos e inundaciones de ciudades y pueblos ubicados en las zonas de ríos costeros. La principal tarea de la Hidrología constituye el estudio de los procesos de formación del escurrimiento para el desarrollo de métodos de cálculo y cálculo de los regímenes hidrológicos de los ríos con el objetivo de garantizar las necesidades de las diferentes ramas de la producción, como son: abastecimiento de agua potable, estructuras viales (puentes, alcantarillas, Canales, canaletas, etc.), entre otros (pp.163-164).

Las causas de las lluvias catastróficas se han generado por el calentamiento global, es donde la hidrología hace un estudio mediante procesos para el cálculo de regímenes hidrológicos en una cuenca determinada.

los mismos principios hidrológicos aplicados para la zona rural, gobiernan cualquier otro lugar donde se desarrolle el ciclo hidrológico, la hidrología en zonas urbanas tiene particular importancia, por los cambios que origina en los caudales de escorrentía (Perca, 2017 p.49).

Teniendo en cuenta a los autores anteriores se tiene que las superficies impermeables (calles pavimentadas, techos, etc.) que reducen las pérdidas por infiltración, por la presencia de la mano del hombre a través de la construcción de canales artificiales (canales, cunetas y sistemas de



recolección de aguas pluviales), que varían la eficiencia hidráulica de los sistemas de conducción naturales. Entonces nuestro diseño de caudales se realizará en base de la precipitación pluvial, este procedimiento consiste en proyectar las obras hidráulicas, para dar paso a una cantidad determinada de agua por el escurrimiento probable de aguas de lluvia. Para el cálculo del gasto se requiere el conocimiento de la precipitación pluvial del área de intervención.

2.2.2.2. Cuenca Hidrográfica.

Una cuenca hidrográfica compone el elemento básico del estudio de hidrología.

2.2.2.2.1. Definiciones.

Es la que se denomina la parte de tierra o espesor de suelo que en ella hay movilización de agua con un desemboque único natural. Y su delimitación está dada por cumbres altas. (divisor de aguas o divisoria de aguas) como se describe en los siguientes autores

“Una cuenca es una zona de la superficie terrestre donde si fuera impermeable las lluvias que caen tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes, hacia un mismo punto de salida; refiriéndose a una cuenca superficial” (Aparicio, 1992, p.19)

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido. (Villón, 2002, p.21)



2.2.2.3. División de las Unidades Hidrográficas del Perú.

Según el método Pfafstetter, mostrando la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas en los primeros niveles.

2.2.2.3.1. Nivel Continental: América del Sur.

En el Sistema de Codificación de Cuencas Pfafstetter, el primer nivel de delimitación corresponde siempre a un ámbito continental: Europa, Asia, África y Oceanía ó “Australasia” (denominada así por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, que comprende Oceanía y la región sur-oriental de Asia); ó sub-continental como los casos de América del Norte y América del Sur (ANA, 2012, p.67)

De acuerdo al sistema Pfafstetter, las unidades hidrográficas, denominadas regiones hidrográficas en este nivel, son el resultado de elegir las cuatro unidades hidrográficas tipo cuenca de mayor superficie o área de drenaje, y las cinco de tipo intercuenca, de las regiones restantes. A las nueve unidades hidrográficas se suma la región hidrográfica 0, de tipo cerrada, ubicada en la parte central del sub-continente, comprendido por un conjunto de sistemas cerrados de lagunas y salares. La codificación de las unidades hidrográficas se inicia desde la intercuenca que se encuentra ubicada en la parte más nor-occidental del continente (extremo superior izquierdo del mapa), con el código 1, siguiendo con las demás según el sentido de las agujas del reloj, teniendo en cuenta el criterio del sistema: códigos pares para unidades de tipo cuenca e impares para unidades de tipo intercuenca (ANA, 2012, p.67).



Figura N° 2: Regiones Hidrográficas a nivel continental - américa del sur

Fuente: Ministerio de agricultura - Autoridad Nacional del Agua.



Figura N° 3: Regiones Hidrográficas en Perú

Fuente: Ministerio de agricultura - Autoridad Nacional del Agua.

- Región Hidrográfica 1: Vertiente Del Pacifico
- Región Hidrográfica 4: Vertiente Del Atlántico
- Región Hidrográfica 0: Vertiente Del Titicaca.

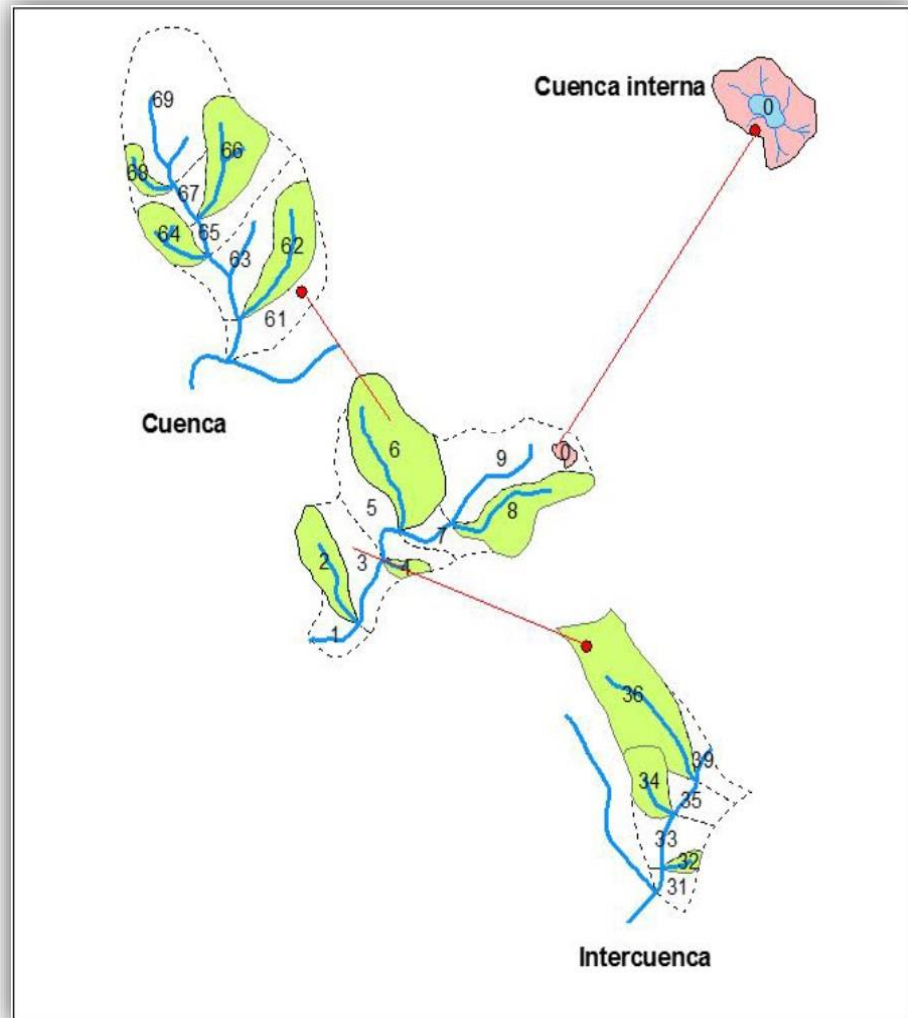


Figura N° 4: Método Pfafstetter (1989)

Fuente: Campos et al, 2016

Se presenta la clasificación de cuencas hidrográficas:

Cuenca. Se considera como parte integrante de la región hidrológica. Se define como un área natural donde el agua de lluvia es captada y desalojada o depositada en un almacenamiento natural; por un sistema de drenaje, definido por medio de líneas divisorias, topográficamente llamadas parte-aguas. Las cuencas, como áreas con sistema de drenaje definido, se representarán cartográficamente a una escala de 1: 500 000 y 1: 250 000 (Aguirre, 2007, p.9).



Subcuenca. Se considera como parte integrante de una cuenca, se define como el área cuyos escurrimientos superficiales son captados y conducidos por un afluente o arroyo secundario, que según su posición dentro de la cuenca tiene regímenes hídricos determinados. Su representación cartográfica se recomienda a una escala de 1: 250 000 y 1: 100 000 (Aguirre, 2007, p.9).

Subcuenca específica. Éstas se obtienen a partir de las subcuencas tributarias considerando superficies mayores a 6,000 ha y menores de 10,000 ha. La representación cartográfica varía de 1: 50 000 a 1: 10 000 de acuerdo a las características específicas de la misma Subcuenca específica y a los programas a desarrollar en ella (Aguirre, 2007, p.10).

Intercuenca. Es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la unidad de drenaje que se ubica hacia aguas abajo. En tal sentido una unidad de drenaje tipo intercuenca es una unidad de drenaje o de tránsito del río principal al cual también aporta sus propios caudales (Rosas, 2009, p.4).

Microcuenca. Constituyen la unidad hidrográfica básica de operación, forman parte y se obtienen a partir de la Subcuenca específica, considerando superficies menores de 6,000 ha. La escala representativa es de 1: 20 000 y 1: 10 000 (Aguirre, 2007, p.10).



2.2.2.4. Tipo de una Cuenca.

2.2.2.4.1. Sistema Endorreico Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa (TDSP).

El Sistema TDPS es un conjunto de cuencas y subcuencas hidrográficas de carácter endorreico que están interconectadas y se ubican en la meseta del Collao. Comprende las cuencas hidrográficas del lago Titicaca, el río Desaguadero, el lago Poopó y del lago Salar de Coipasa.¹ Este sistema abarca una parte del sur del Perú (departamentos de Puno y Tacna), el occidente de Bolivia (departamentos de La Paz, Oruro y Potosí) y el norte de Chile (región de Arica y Parinacota). (WIKIPEDIA, 2019)

En función de la ubicación de la desembocadura de las cuencas, se clasifican en dos Formas. Las cuencas endorreicas se definen como aquellas en las que su punto de salida se encuentra en el interior de la cuenca generalmente las conforman las cuencas pertenecientes a lagos o lagunas. Las cuencas exorreicas se definen como las cuencas que poseen su punto de salida en el perímetro o parteaguas, desembocando generalmente en el nivel más bajo de la cuenca; pudiendo ser una corriente de agua o el mar (Benítez, 2016). Como se aprecian en las siguientes Figuras N° 5 y 6



Figura N° 5: Cuenca Endorreica

Fuente: Benítez, 2016



Figura N° 6: Cuenca Exorreica

Fuente: Benítez, 2016

2.2.2.5. Delimitación de Cuencas.

La delimitación de una cuenca se realiza con el uso del software ArcGIS, que se detalla en el capítulo III.

2.2.2.5.1. Insumos.

Se necesita un Modelo Digital de Elevaciones (DEM), donde se puede codificar a la red pluvial, llamada también red de drenaje.



Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo Raster (Formato TIF) con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados.

En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, como Fotogrametría con Dron por el cual se obtienen modelos de buena resolución y con exactitud siendo esta aplicada al presente proyecto de tesis.

Donde también podemos descargar las imágenes Raster, Datum WGS 84 (sistema de coordenadas geográficas), del EarthData (<https://search.earthdata.nasa.gov/search>), Red hidrográfica y topográfica de las cartas nacionales a escala 1:100, 000 del Instituto Geográfico Nacional – IGN., Etc. la resolución horizontal o el grado de detalle digital no es tan exacta.

2.2.2.5.2. Secuencia.

Obteniendo el DEM del software Agisoft Photoscan podemos delimitar la Microcuenca Llavini que se describe más adelante en el Capítulo III.



2.2.2.6. *Parámetros Geométricos de una Cuenca.*

2.2.2.6.1. *Área de la Cuenca (A).*

“El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal” (Aparicio, 1992, p.20). El área de la cuenca es expresada en kilómetros cuadrados. En la Tabla N°2 se presenta la clasificación las cuencas con base a su superficie.

Tabla N° 2: Clasificación de las cuencas

Tamaño de la Cuenca (km²)	Descripción
25 <	Muy pequeña
25 – 250	Pequeña
250- 500	Intermedia pequeña
500 – 2,500	Intermedia Grande
2,500 – 5,000	Grande
> 5,000	Muy Grande

Fuente: Benítez, 2016

2.2.2.6.2. *Perímetro de la Cuenca (P).*

“Se refiere a la longitud del contorno de la cuenca proyectada en un plano horizontal, el valor del perímetro se expresa en kilómetros” (Benítez, 2016, p.19).

2.2.2.6.3. *Longitud Axial (La).*

“La longitud axial se define como la distancia de mayor dimensión de la cuenca, medida desde la desembocadura hasta el límite extremo del parteaguas de la cuenca, paralela al cauce principal en línea recta” (Benítez, 2016, p.20).

2.2.2.6.4. *Ancho Promedio (B).*

“Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud axial de la misma” (Benítez, 2016, p.20). Se calcula con la siguiente ecuación:



$$B = \frac{A}{L_A}$$

Donde:

B = Ancho Promedio (km)

A = Área de la cuenca (km^2)

L_A = Longitud axial de la cuenca (km)

2.2.2.7. Parámetro de Forma.

“La forma de la cuenca es de gran importancia dado que relacionan el movimiento del agua y la respuesta de la cuenca al mismo; influyendo en la descarga de la corriente” (Benítez, 2016, p.23).

2.2.2.7.1. Coeficiente de Compacidad de Gravelius (K_C).

“Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo que tenga igual superficie que la de la cuenca” (Benítez, 2016, p.19). Este coeficiente se calcula mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$K_C = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K_C = Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius
(adimensional)

P = Perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km^2)

Una cuenca con el coeficiente mínimo, igual a uno, contará con una forma circular, por tanto, cuanto mayor es el coeficiente de compacidad, la cuenca tiende a ser alargada. “El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía; lo cual indica que entre más bajo sea K_c mayor será la concentración de agua” (Paredes, 2014, p.23).

Entonces existirá una mayor preferencia a las crecientes a medida que sea próximo a la unidad debido a que una cuenca circular presenta una respuesta hidrológica lenta. En la Tabla N°3 se muestran los diferentes tipos de cuenca según su coeficiente de compacidad.

Tabla N° 3: Formas de las cuencas de acuerdo al coeficiente de compacidad

Índice K_c	Descripción
1 – 1.25	Redonda – Óvalo redonda
1.25 – 1.50	Óvalo redonda – Óvalo oblonga
1.50 - 1.75	Óvalo oblonga – Rectangular oblonga
> 1.75	Rectangular – Muy lobulada

Fuente: Paredes, 2014

2.2.2.7.2. Factor de Forma (K_f).

“El factor de forma está definido como la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca” (Benítez, 2016, p.25).

$$K_f = \frac{A}{L_A^2}$$

Donde:

K_f = Factor de Forma



$A = \text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}$

$L_A = \text{Longitud axial de la cuenca (km)}$

Si una cuenca tiene un “Kf” mayor, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre la extensión de la cuenca. Por el contrario, si la cuenca tiene un “Kf” menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área, pero con un “Kf” mayor (Villón, 2002, p.40).

2.2.2.7.3. *Relación de Elongación (Re).*

La relación de elongación su definición es la fracción entre el diámetro de una circunferencia, con su longitud máxima. Es el cociente entre el diámetro de un círculo que tiene la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca (LA) (Benítez, 2016). Entonces dicha relación se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$R_e = \frac{D}{L_A} = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_A}$$

Donde:

$R_e = \text{Relación de elongación}$

$A = \text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}$

$L_A = \text{Longitud axial de la cuenca (km)}$

La relación de elongación está fuertemente relacionada con el relieve de la cuenca. De manera que los valores de R_e cercanos a la unidad, implicará considerar la cuenca con relieve bajo; en cambio, si el valor de R_e varía entre 0.6 y 0.8 se asocia a fuertes relieves y pendientes pronunciadas



del terreno (Benítez, 2016). La relación de elongación está asociada al relieve bajo si se aproxima a la unidad y de relieves altas y pendientes pronunciadas si los valores varia a 0.6 al 0.8.

2.2.2.8. *Parámetro de Relieve.*

2.2.2.8.1. *Elevaciones.*

a. Elevación Máxima de la Cuenca (Emáx.).

“Se define como la elevación del punto más alto de la cuenca respecto al nivel del mar, se expresa en m.s.n.m.” (León, Montoya, y Rivera, 2013, p.102)

b. Elevación Mínima de la Cuenca (Emin.).

“Es la elevación del punto más bajo de la cuenca con respecto al nivel del mar, se expresa en metros sobre el nivel del mar” (León, et al, 2013, p. 102)

c. Elevación Media de la Cuenca (Em.).

La elevación media de la cuenca es un parámetro fisiográfico que promedia las diferentes variaciones de las elevaciones de una cuenca. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región. Entre los métodos para el cálculo del presente parámetro están: Red de puntos y curva hipsométrica el cual lo calculamos con el programa ArGIS.



2.2.2.8.2. Pendientes.

d. Pendiente de la Cuenca.

Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas. Existen distintos métodos para calcular la pendiente de la cuenca entre los cuales están: Criterio de J.W. Alvord y curva hipsométrica (León, et al, 2013, p. 102). Teniendo las siguiente ecuación para calcular la pendiente:

$$S_c = \frac{D \times L_{curvas}}{A} \times 100$$

Donde:

S_c : Pendiente de la cuenca (%)

D : Desnivel total de las curvas de nivel dentro de la cuenca
(Km)

L_{curvas} : Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca
(km)

A : Área de la cuenca (km^2)

Los terrenos de las cuencas hidrográficas son clasificados según su pendiente, en la Tabla N°4 se muestra la clasificación de los terrenos citada por Benítez, (2016) para diferentes rangos de pendiente.

Tabla N° 4: Características del relieve de acuerdo a su pendiente.

Rango de Pendiente (%)	Clasificación del Terreno
0 – 2	Llano
2 – 5	Suave
5 – 10	Accidentado medio
10 – 15	Accidentado
15 – 25	Fuertemente accidentado
25 – 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: Benítez, 2016.

e. Pendiente Media del Cauce Principal.

La pendiente del cauce principal es necesario y fundamental para la Microcuenca frente a una precipitación pluvial. Teniendo en cuenta que la pendiente del cauce principal varía a lo largo de la Microcuenca, es donde determinaremos una pendiente media. “de los métodos para determinar la pendiente se menciona tres, donde solo abordaremos uno de los métodos en esta investigación: el método de la pendiente media ponderada” (Aparicio, 1992, p.22)

Método de la pendiente media: Definida como el desnivel de la cota máxima del cauce principal y cota mínima del cauce principal, dividido entre la longitud del cauce principal. La pendiente del cauce principal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

L: Longitud del cauce principal (m)

H: Diferencia de Cotas (m)

f. Pendiente del Cauce Principal.

La pendiente del cauce principal varia a lo largo de la Microcuenca, es donde determinaremos según el criterio de “TAYLOR y SCHWARZ, en el cual propone calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión” (Aparicio, 1992, p.23). Para esto se divide el perfil del cauce en tramos iguales como se aprecia en la Figura N° 7.

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

Donde:

n: número de segmentos iguales en los que se divide el cauce principal.

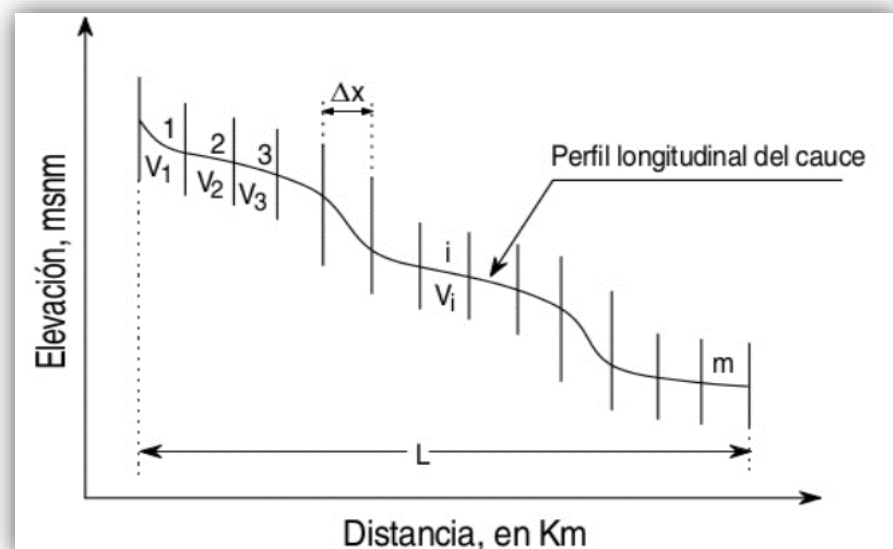


Figura N° 7: Criterio de Taylor y Schwarz

Fuente: Aparicio, 1992.



2.2.2.8.3. *Tiempo de Concentración.*

Se refiere al tiempo que tardara en recorrer la precipitación generada en el punto más lejano, hacia el punto de salida o de drenaje natural de la cuenca:

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca (Aparicio, 1992, p.208)

siendo un parámetro característico de cada cuenca, ya que depende tanto de su tamaño, forma y topografía. Formula General de Carreteras, según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno del Perú, valido para cuencas pequeñas y urbanizadas. Donde se tiene la formula siguiente:

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

Donde:

Tc: Tiempo de Concentración (hrs)

L: Longitud del cauce principal (Km)

S: Pendiente del cauce principal (m/m)

2.2.2.9. *Parámetro de Drenaje.*

2.2.2.9.1. *Jerarquización de una Cuenca.*

Es un sistema de circulación lineal, jerarquizado y estructura asegurando el drenaje de una cuenca, es decir uniéndose en un solo punto. La Jerarquización permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca.

El orden de las corrientes, es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Para hacer esta clasificación, se requiere de un plano de la cuenca que incluya tanto corrientes perennes como intermitentes. El procedimiento más común para esta clasificación, es considerar como corrientes de orden uno, aquellas que no tienen ningún tributario; de orden dos, a las que solo tienen tributarios de orden uno; de orden tres, aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc. (Villón, 2002, p.61).

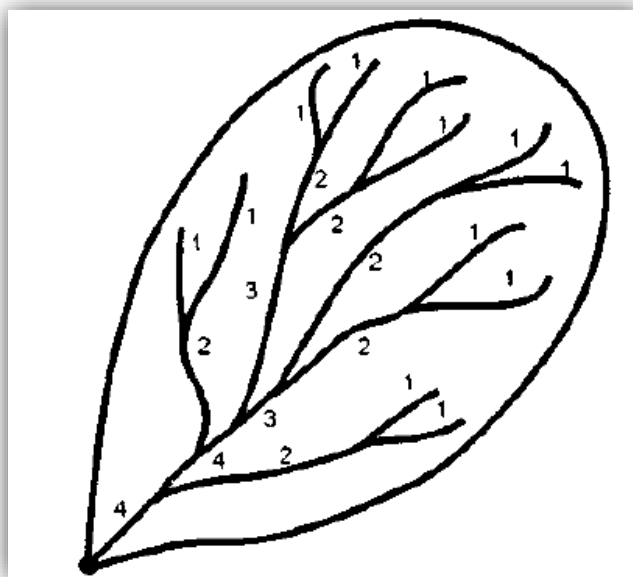


Figura N° 8: Orden de la red de drenaje.

Fuente: Villon, 2002.



2.2.3. Análisis Estadísticos de datos Hidrológicos.

2.2.3.1. Información Meteorológica.

Para el proyecto de las estructuras de drenaje pluvial, es preciso contar con la información meteorológica de la zona de estudio teniendo en cuenta los conceptos planteados a continuación:

2.2.3.1.1. Precipitaciones Pluviales.

“Se define precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes llegan hasta la superficie terrestre, de acuerdo a esta definición las lluvias, las granizadas, las garúas y las heladas son formas distintas de precipitación” (Percca, 2017, p.50). Las lluvias se clasifican según su intensidad en:

- Ligera, para tasas de caídas de hasta 2.50 mm/h.
- Moderada, desde 2.5 hasta 7.6 mm/h.
- Fuerte, por encima de 7.6 mm/h.

Los registros de precipitación son tomados por el SENAMHI (Servido Nacional de Meteorología e Hidrología) “Región Puno, esta entidad se encarga tomar datos de precipitación, temperatura (mínima, máxima, media), humedad y datos de descarga” (Percca, 2017, p.50)

Las precipitaciones en altura de aguas medidas con pluviómetros varían de un lugar a otro y en un mismo lugar, de un tiempo a otro. Estas medidas constituyen un conjunto numeroso de datos, que es necesario analizar y sintetizar en unos pocos valores manuales y fáciles de utilizar en proyectos hidráulicos. Se recurre para ello a la estadística, escogiendo un



modelo matemático que represente el comportamiento de la lluvia en el lugar de estudio (Percca, 2017, p.50).

2.2.3.1.2. Duración.

“Es otro factor fundamental en el análisis hidrológico de una Región, que nos permite conocer los tiempos que duran las precipitaciones, para poder luego automatizar las intensidades de las mismas” (Percca, 2017, p.51). En la presente investigación se recolectaron datos hidrológicos de precipitaciones máximas, cada una de estas selecciones servirán posteriormente para el diseño de un ítem específico.

2.2.3.1.3. Frecuencia.

La frecuencia es una expresión que nos indica el tiempo en el que puede suscitarse nuevamente un evento. Esto nos permite tener un criterio de diseño en el que nuestras expectativas de que la vida útil de la obra esté dentro del tiempo de ocurrencia de este evento (Perca, 2017, p.51). La frecuencia por ser la derivación de un análisis estadístico es un aspecto no muy predecible, sin embargo, permite tomar ciertos criterios de diseño.

2.2.3.1.4. Temperatura.

“La temperatura es un elemento sustancial del ciclo hidrológico pues actúa en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura actúa como parámetro en las fórmulas para conjeturar la evaporación” (Percca, 2017, p.51).



2.2.3.1.5. Humedad Relativa.

Es la correlación porcentual entre la total de humedad en un espacio dado y la cantidad que ese volumen podría contener si estuviera saturado.

(Percca, 2017, p.51)

2.2.3.1.6. Intensidad de Precipitación.

La intensidad de las precipitaciones es un parámetro que nos permite observar la cantidad de precipitación en un lapso determinado de tiempo, esto con el objeto de seleccionar las precipitaciones máximas y mínimas de para una determinada región o zona geográfica que se pretenda plasmar. La intensidad es determinada dividiendo la cantidad de precipitación entre el tiempo en horas (mm/h). (Percca, 2017, pp.51-52)

2.2.3.2. Análisis de Consistencia para Precipitaciones Máximas.

Antes de iniciar a procesar la información meteorológica disponible, se realizará un análisis de consistencia para verificar si los datos obtenidos de la Estación pluviométrica distrito de puno son confiables. El análisis de consistencia de una muestra se puede realizar mediante pruebas paramétricas o no paramétricas, esta dependerá de cómo ha sido obtenido la muestra (Chúa, 2017, p.6). El análisis de consistencia de la información hidrológica se realizará mediante: visual gráfico y métodos estadísticos, para identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que pudieron ocurrir por causas naturales o por la intervención del hombre.



2.2.3.2.1. Evaluación Gráfica de Datos.

Para la evaluación de datos se tendrá datos de precipitaciones máximas dividido en dos grupos, para realizar la comparación del análisis de consistencia.

2.2.3.2.2. Evaluación Estadística de Datos.

La evaluación estadística de datos se realiza mediante tablas estadísticas con un nivel de significancia de 5%, con el número de datos se obtendrá al “T” de tablas y “F” de tablas.

2.2.3.3. Hietogramas y Curvas I-D-F Normalizados.

2.2.3.3.1. Distribución de Probabilidad.

Un modelo probabilístico o distribución, es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria, y que permite conocer y manejar fácilmente el comportamiento de dicha variable y sintetiza toda la información sobre probabilidades asociadas a cada estado, de esta manera conoceremos: la probabilidad de los distintos o menores que un determinado límite.

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados. (Chúa, 2017, p.15).

Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información puede resumirse en la función y en sus parámetros para determinar un valor de probabilidad de la



variable aleatoria. “En resumen, puede decirse que el modelo probabilístico o distribución permite conocer y manejar fácilmente el comportamiento de la variable y sintetizada toda la información sobre probabilidades asociadas a cada estado” (Chereque, 1989, p.160). Las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas para variables hidrológicas son las siguientes:

- 1.- Distribución Normal o Distribución de Dos Parámetros.
- 2.- Distribución Log Normal de dos Parámetros.
- 3.- Distribución Log Normal de tres parámetros.
- 4.- Distribución Gumbel o Extremo Tipo I.

En la presente investigación solo se usarán las tres primeras distribuciones de probabilidades.

2.2.3.4. Prueba de Bondad de Ajuste.

2.2.3.4.1. Método de la Prueba de Kolmogórov Smirnov.

Se utilizan para determinar lo bien que se ajusta un conjunto de datos a otros valores de datos esperados. Existen varias pruebas con las que se puedan estimar la distribución que más se ajusta a una distribución esperada. En nuestro caso utilizaremos el método de la Prueba de Kolmogorov Smirnov (K-S). “En estadística, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí” (WIKIPEDIA, 2019)

Esta prueba se utiliza para determinar si los datos de la serie se ajustan a una distribución normal, comparando dos de ellas, una proveniente



de la función de distribución de probabilidad obtenida con los datos y otra de la función de la probabilidad teórica.

$$\Delta = \max(Po(x) - P(x)).$$

Donde:

Δ : Máxima diferencia entre las funciones de probabilidad.

$Po(x)$: Función de distribución de probabilidades de la muestra.

$P(x)$: Función de probabilidades teórica.

procedimiento:

- Se fija el nivel de significación $\alpha = 0.05$.

Se determina el Nivel de significación $\Delta \alpha$ de la prueba; debe ser obtenido de tablas en función de α y N, donde N es el número de datos de la muestra. (Tamaño muestral), en nuestro caso se usará el Excel siendo:

$$\Delta \alpha \text{ de la prueba} = \frac{1.36}{n^{0.5}}$$

2.2.3.5. Precipitación Proyectada – Análisis de Frecuencia.

Los sistemas hidrológicos son afectados por sucesos extremos, como tormentas severas, las crecientes máximas, etc.

La magnitud de un evento extremo esta inversamente relacionado con su frecuencia de ocurrencia, es decir a eventos muy severos ocurre con menor frecuencia que eventos más moderados. (Chow, Maidment, y Mays, 1994, p.391).

En los proyectos hidráulicos, se debe determinar estos eventos máximos, para lo cual se plantea la metodología de Factores de Frecuencia, para este análisis, se elige el mejor ajuste según las distribuciones de probabilidad.

2.2.3.5.1. Factor de Frecuencia.

Se debe calcular diversas magnitudes para periodos de retorno específicos, es decir calcular un X_T dado para un valor de T .

$$X_T = x_0 + e^{\mu_y + K_T \sigma_y}$$

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

$$p = (1/T_R)$$

Probabilidad de ocurrencia:

Cuando: $0 < p \leq 0.5$:

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{1/2}$$

2.2.3.6. Método para el Cálculo de Caudales.

Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados teniendo en cuenta las siguientes metodologías. “Por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km²” (RNE, 2019, p.369).

Además de este método, existen muchas metodologías tanto hidrometeorológicas como estadísticas para la determinación de caudales máximos; sin embargo, considerando lo mencionado en el párrafo anterior y



por ser el área del proyecto menor a 13 Km², el método hidrometeoro lógico utilizado en el presente es el método racional.

2.2.3.6.1. Método Racional.

El método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje, aproximadamente si no exceden a 1300 has o 13 km². (Villón, 2002, p.250).

Las teorías asociadas con el método racional son:

- La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir, el caudal pico no resulta de una lluvia más intensa y de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye a la escorrentía a la salida de esta.
- El tiempo de concentración empleado es el tiempo para que la escorrentía se establezca y fluya desde la parte más remota del área de drenaje hacia el punto de entrada del alcantarillado que se está diseñando.
- La intensidad de lluvia es constante durante toda la tormenta.

Este método asume que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca pequeña, ocurre cuando la totalidad de tal cuenca está contribuyendo al escurrimiento, y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio; lo anterior se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C.I.A}{360} (m^3/s)$$



Donde:

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de Escorrentía Ponderado (Adimensional)

I: Intensidad máxima de Lluvia para un periodo (mm/h)

A: Área de la cuenca (Ha)

2.2.3.6.2. Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía tiene relación con una precipitación y factores de drenaje del tipo de suelo. Es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. (Percca, 2017). El coeficiente de escorrentía también depende de las características y las condiciones del suelo.

“La escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones y se representa por la letra C”. (Villón, 2002, p.256).

- **Coeficiente de escorrentía ponderado.**

En general las cuencas receptoras presentan gran variedad en el uso de suelos, pueden estar urbanizadas, pendientes y permeabilidades variables, en estos casos se emplea el coeficiente de escorrentía ponderado.

Tabla N° 5: Coeficientes en Zonas Urbanas.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	25	47	50	100	500
AREAS URBANAS								
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.895	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.915	0.92	0.97	1.00
	Zonas Verdes (jardines, parques, etc.) Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.435	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.486	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.516	0.52	0.55	0.62
	Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.366	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.446	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.486	0.49	0.53	0.60

Fuente: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, RNE, 2019.

2.2.3.6.3. Intensidad de Precipitación ILLA – SENAMHI – UNI.

Para el cálculo de intensidades se realizará mediante ILLA SENAMHI – UNI.

- **Método de ILLA – SENAMHI – UNI.**

Para el desarrollo de los cálculos correspondientes a la obtención de los caudales máximos instantáneos en cada una de los sectores urbanos de interés, se ha determinado las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) del área de estudio con periodos de retorno de 5, 10, 25, 35, 47, 50, 100 y 500 años utilizando la metodología ILLA, para luego aplicar el método racional en el cálculo del caudal máximo (Percca, 2017, p. 55).

En el marco de un convenio de cooperación entre el Instituto Ítalo Latinoamericano –IILA-, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología –SENAMHI- y la Universidad Nacional de Ingeniería –UNI; en 1983, se

desarrolló el estudio regional de hidrología del Perú en donde se hallaron una familia de curvas de Intensidad–duración–frecuencia, para las distintas regiones del Perú (Percca, 2017, p. 55). Que tiene la siguiente formulación:

Para $t \leq 3$ horas

$$i(t, T) = a (1 + k \text{Log}T) * (t + b)^{n-1}$$

Para $3 > t \geq 24$ horas

$$i(t, T) = a (1 + k \text{Log}T) * t^{n-1}$$

$$a = \left(\frac{1}{tg}\right)^n * Eg$$

Dónde:

- i : Intensidad de Lluvia (mm/h).
- a : Parámetro de intensidad (mm).
- k : Parámetro de frecuencia (adimensional).
- b : Parámetro (hora).
- n : Parámetro duración (adimensional).
- t : Duración (hora).
- T : Tiempo de retorno (años).
- Tg : Es la duración de la lluvia diaria.
- Eg : Parámetro característico para cada sub región hidrológica.

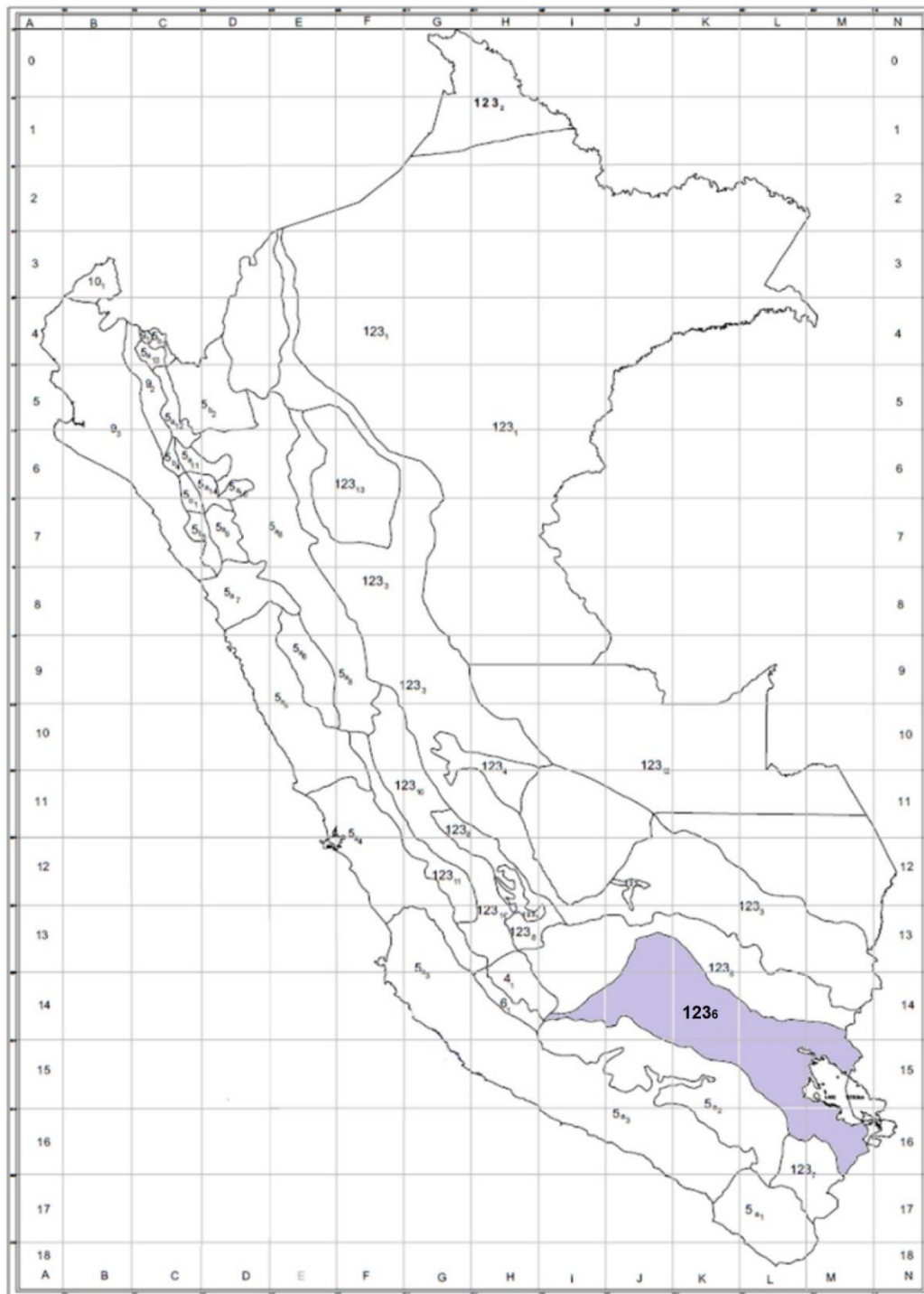


Figura N° 9: Zonificación Para Cada Sub Región Hidrológica del Perú

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento RNE, 2019.

Tabla N° 6: Valores De Los Parámetros K Y E_g Que Definen La Distribución De Probabilidades En Cada Punto De Las SubZonas.

ZONA	K	SUB ZONA	E_g
123	0.553	123 ₁	85.0
		123 ₂	75.0
		123 ₃	100-0.022*Y
		123 ₄	70-0.019*Y
		123 ₅	24.0
		123 ₆	30.5
		123 ₇	-2+0.06*Y
		123 ₈	26.6
		123 ₉	23.3
		123 ₁₀	6+0.005*Y
		123 ₁₁	1+0.005*Y
		123 ₁₂	75.0
		123 ₁₃	70.0
4	0.861	4 ₁	
5a	$11 * E_g^{-0.85}$	5a ₁	-7.6+0.006*Y (Y>2300)
		5a ₂	32-0.1777*D _c
		5a ₃	-13+0.010*Y (Y>2300)
		5a ₄	3.8+0.0053*Y (Y>1500)
		5a ₅	-6+0.007*Y (Y>2300)
		5a ₆	1.4+0.0067
		5a ₇	-2+0.007*Y (Y>2000)
		5a ₈	24+0.0025*Y
		5a ₉	9.4+0.0067*Y
		5a ₁₀	18.8+0.0028*Y
		5a ₁₁	32.4+0.004*Y
		5a ₁₂	19.0+0.005*Y
		5a ₁₃	23.0+0.0143*Y
		5a ₁₄	4.0+0.010*Y
5b	$130 * E_g^{-1.4}$	5b ₁	4+0.010 (Y>1000)
		5b ₂	41.0
		5b ₃	23.0+0.143*Y
		5b ₄	32.4+0.004*Y
		5b ₅	9.4+0.0067*Y
6	$5.4 * E_g^{-0.6}$	6 ₁	
9	$22.5 * E_g^{-0.85}$	9 ₁	61.5
		9 ₂	-4.5+0.323*D _m (30*D _m *110)
		9 ₃	31+0.475(D _m -110) (D _m *110)
10	1.45	10 ₁	12.5+0.95*D _m

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, R.N.E., 2019.



Nota: Y = Altitud en m.s.n.m.; D_c = Distancia a la cordillera en Km;

D_m = Distancia al mar en Km.

Tabla N° 7: Valores de los Parámetros n y a que Definen la Distribución de Probabilidades en Cada Punto de las SubZonas.

SUB ZONA	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321-385	2	0.357	32.2
123 ₃	384-787-805	3	0.405	$a = 37,85 - 0,0083 Y$
123 ₁₃	244-193	2	0.432	
123 ₅	850-903	2	0.353	9.2
123 ₆	840-913-918	4	0.380	11.0
	958			
123 ₈	654-674-679	9	0.232	14.0
	709-713-714			
	732-745-752			
123 ₉	769	1	0.242	12.1
123 ₁₀	446-557-594	14	0.254	$a = 3,01 + 0,0025 Y$
	653-672-696			
	708-711-712			
	715-717-724			
	757-773			
123 ₁₁	508-667-719	5	0.286	$a = 0,46 + 0,0023 Y$
	750-771			
5a ₂	935-968	2	0.301	$a = 14,1 - 0,078 D_c$
5a ₅	559	1	0.303	$a = -2,6 + 0,0031 Y$
5a ₁₀	248	1	0.434	$a = 5,80 + 0,0009 Y$

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento R.N.E., 2019.

Para el valor de b y tg el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), da valores para estos parámetros, los cuales pueden ser:

- $b = 0.5$ horas (Costa, centro y sur).
- $b = 0.4$ horas (Sierra).
- $b = 0.2$ horas (Costa norte y selva).
- $tg = 15.9$ para todo el Perú.

2.2.4. Periodo de Retorno.

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. (ICG, 2012, p23)

Si la obra tiene una vida útil de “n” años, la fórmula según el manual de hidrología permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. En la Tabla N°8, se muestra los valores de riesgos admisibles según tipo de obra:

Tabla N° 8: Valores Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje.

TIPO DE OBRA	Riesgo Admisible ⁽¹⁾ (%)
Puentes ⁽²⁾	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones -ICG, (2012).

¹ Vida Útil considerado (n). 1.- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse, 2.- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

² Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias. 1.- (Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.)



2.2.4.1. Normalización de Curvas I-D-F.

La normalización de curvas I-D-F, se debe realizar ya que se ha calculado los valores de las precipitaciones proyectadas a un tiempo de retorno, pero estos valores no han sido considerados en las curvas IDF determinados por la metodología IILA-SENAMHI-UNI, por lo que estas curva IDF deben ser normalizadas a estos valores de precipitación hallados para un tiempo de retorno.

Las curvas IDF se deben transformar en Hietogramas, los cuales son más prácticos de entender y manejar.

Luego a estos Hietogramas deber realizar la Normalización, utilizando el criterio de BLOQUES ALTERNOS, y tener los Hietogramas Normalizados.

Se realizan los cálculos en Excel, para la normalización de las curvas I-D-F calculadas por el método IILA-SENAMHI-UNI y se grafican los respectivos hietograma e intensidad normalizados.

2.2.5. Modelación con IBER 2.4.3.

Hoy en día en la actualidad tenemos la suerte de poder contar con programas de modelización hidráulica de distintos niveles de evolución y precisión (Modelación 2D con Iber en la misma simulación de inundaciones).

IBER es un software libre en español, según el Centro de Altos Estudios en Geomatica E. I. R. L. (CAEG) utiliza un modelo matemático bidimensional promediado en profundidad para el cálculo del flujo en lámina libre en aguas poco profundas, siendo una herramienta muy interesante para



solucionar problemas hidráulicos. En muchas ocasiones, ofrece grandes ventajas respecto a los cálculos con modelos unidimensionales, ya sean en régimen variable o en régimen permanente, dando una mayor estabilidad y convergencia que los anteriores.

Además de esto, es capaz de simular con mayor ajuste a la realidad todas aquellas situaciones en que el flujo no es exclusivamente unidireccional, ampliándose por tanto enormemente su campo de utilización. Con IBER se puede modelar el cálculo de flujo en ríos, definición de zonas inundables, evaluación de zonas de riesgo, y delimitación de vías de intenso desagüe, supuestos donde el flujo es bidireccional, rotura de presas, son algunas de sus aplicaciones fundamentales.

En la presente tesis aremos un modelo bidimensional simulando una inundación a partir de Levantamiento Topográfico (Fotogrametría con Dron), Estudio Hidrológico de la Microcuenca Llavini, donde se verán zonas inundables y Posibles zonas de peligro. (Ver Capítulo III, Ítem 3.6.).

2.2.6. Metodología para la Evaluación de Riesgo.

“La Evaluación del Riesgo, es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan “in situ”, a fin de levantar la información sobre la identificación de los peligros, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y cálculo del riesgo.” (INDECI, 2006, p.1).

A continuación, se detallan las actividades que comprende la Evaluación del Riesgo:

2.2.6.1. Peligro Originado por Fenómenos de Origen Natural.

Entre los principales peligros de originados por fenómenos naturales las instituciones como INDECI y CENEPRED las han clasificado de la siguiente manera:

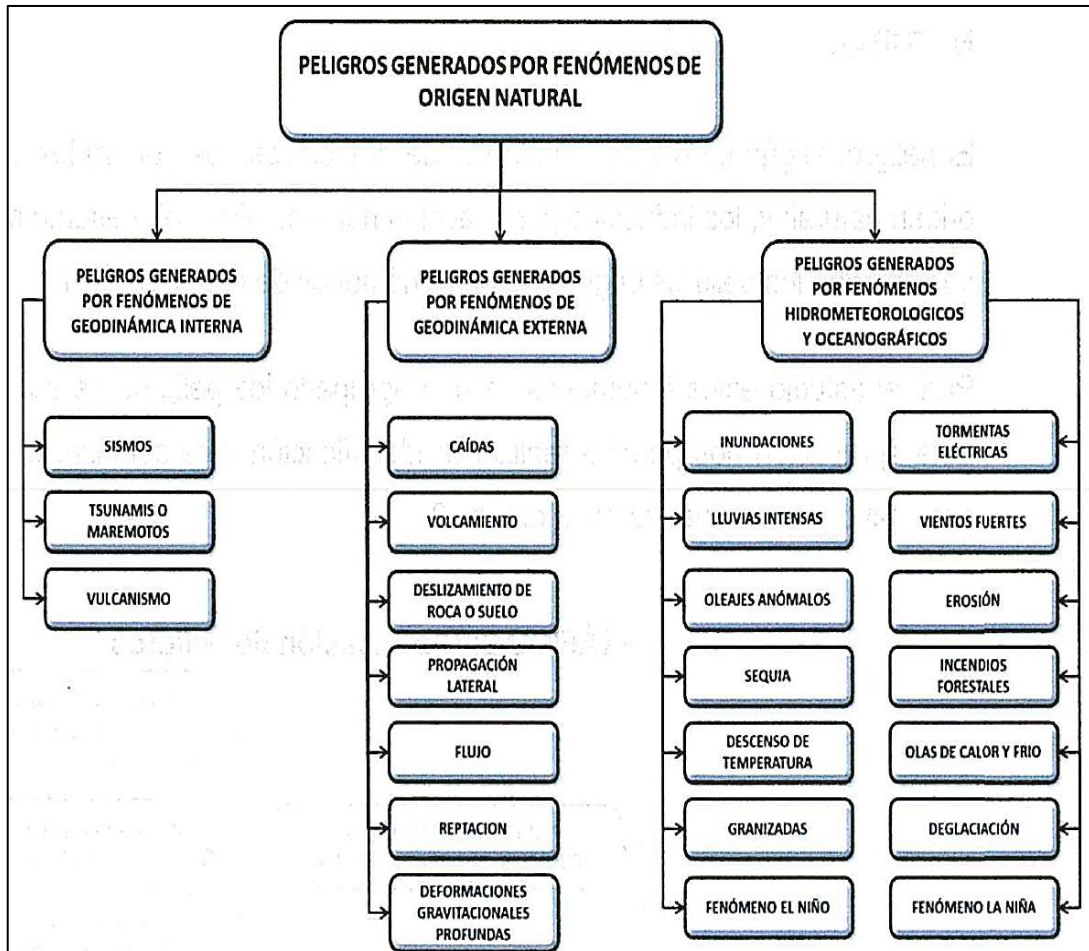


Figura N° 10: Parámetros generados por fenómenos de origen Natural

Fuente: Manual CEPEDRED.

2.2.6.1.1. Inundaciones.

“Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes.” (CENEPRED, 2014, p74).



i. Tipos de Inundaciones.

Las inundaciones se pueden clasificar por su duración (dinámicas o rápidas y estáticas o lentas) y por su origen (pluviales o fluviales).

a. Inundaciones Dinámicas o Rápidas.

Se producen en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración. Son las que producen los mayores daños en la población e infraestructura, debido a que el tiempo de reacción es casi nulo. (CENEPRED, 2014, p74).

b. Inundaciones Estáticas o Lentas.

Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de Inundación. (CENEPRED, 2014, p.75).

c. Inundaciones Pluviales.

Se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación



moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable. (CENEPRED, 2014, p.75).

2.2.6.2. Peligro.

El Peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre potencialmente dañino, de una magnitud conocida, para un período específico y para una localidad o zona conocida.

2.2.6.2.1. Identificación del peligro.

Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado. (CENEPRED, 2014, p.27)

“La estratificación que se establece para la evaluación del peligro, permite cuantificar en términos de la magnitud del acontecimiento, o en términos del efecto que el acontecimiento tendrá en un ámbito geográfico específico y en un tiempo determinado”. (CENEPRED, 2014, p.27)

Para determinar el nivel de peligros por el fenómeno de lluvias intensas, se utilizó el siguiente flujograma. (Ver Figura N°11).

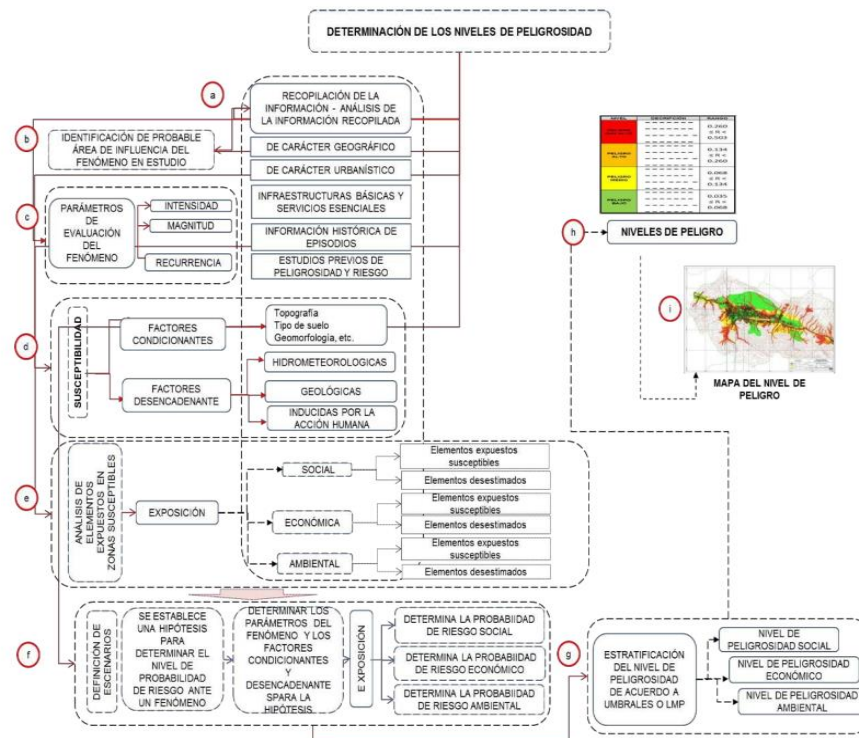


Figura N° 11: Metodología general para determinar el nivel de peligro

Fuente: Manual CEPEDRED.

d. Recopilación y Análisis de Información.

Se ha realizado la recopilación de información disponible: estudios publicados por entidades técnicas científicas competentes (INEI, SENAMHI, INGEMMET), información histórica, estudio de peligros, cartografía, hidrografía, climatología, geología y geomorfología de la Microcuenca Llavini, Distrito, Provincia y Región de Puno – Perú. (Ver Figura N°12)

Así también, se ha realizado el análisis de la información proporcionada de entidades técnicas-científicas.

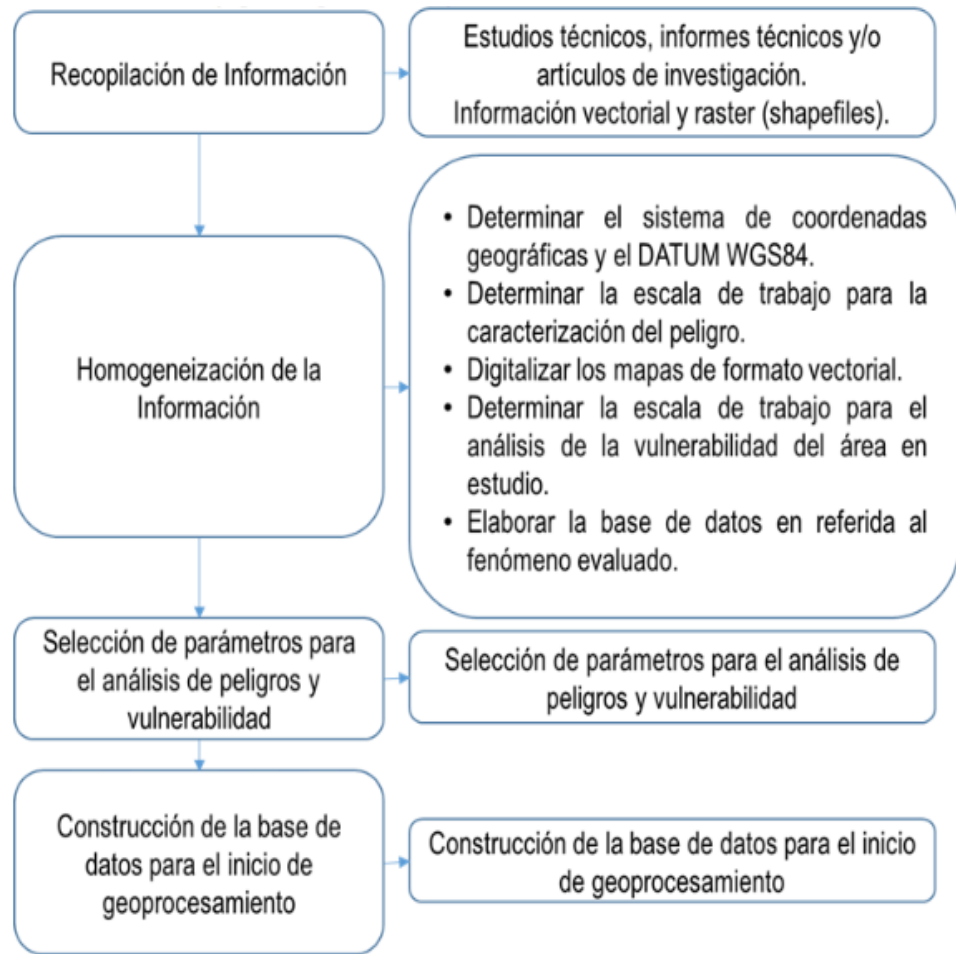


Figura N° 12: Flujograma general del proceso de análisis de información

Fuente: Manual CEPEDRED.

e. Identificación del Área de Influencia.

La identificación del área de influencia por precipitaciones pluviales en la Microcuenca Llavini, Distrito, Provincia y Región de Puno, ha sido especificada en consideración de los eventos suscitados de diversos períodos de tiempo.

Tabla N° 9: Matriz de Clasificación del Área de Influencia.

Peligro identificado	Clasificación	
	Por su origen	Por su duración
INUNDACIÓN	Pluviales	Estáticas o lentas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

f. Parámetros Generales para la Evaluación.

Una vez identificado el área de influencia en el área de estudio, evaluaremos los parámetros que intervienen.

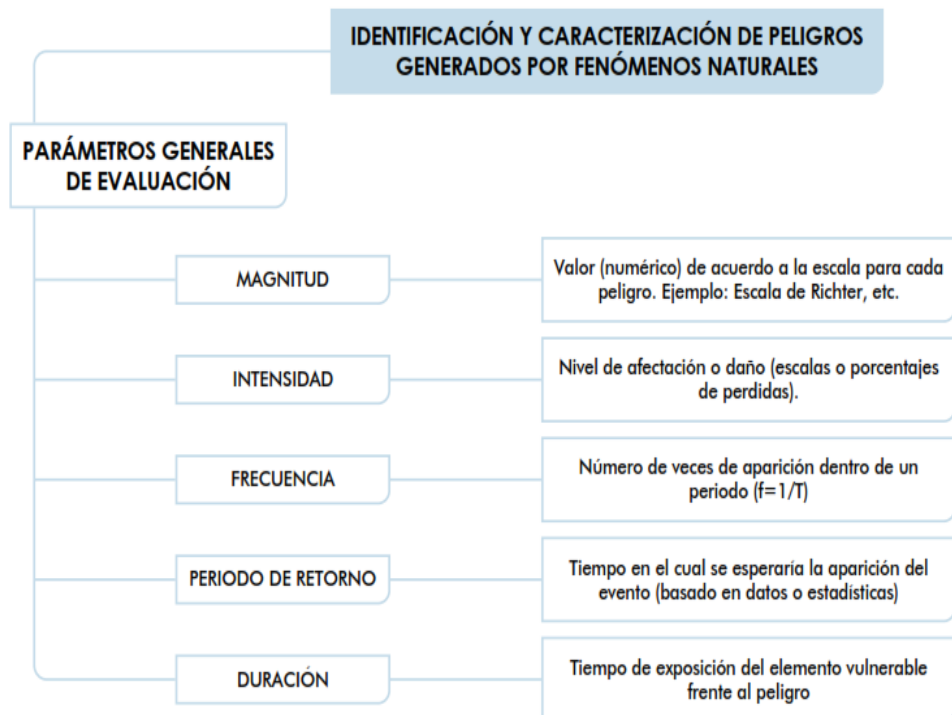


Figura N° 13: Flujograma para la identificación y caracterización de peligros generados por fenómenos naturales

Fuente: Manual CEPEDRED.

g. Susceptibilidad.

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico). De acuerdo a este esquema, aquellas franjas de terreno que quedan rápidamente bajo las aguas de inundación corresponderían a áreas de mayor susceptibilidad hídrica, en tanto que



aquellas que no resulten invadidas representarían a áreas de menor susceptibilidad hídrica. (CENEPRED, 2014, p.106).

- **Factor Desencadenante.**

“Son parámetros que se desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico.” (CENEPRED, 2014, p.107).

- **Factor Condicionante.**

“Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural.” (CENEPRED, 2014, p.106).

h. Niveles de Peligrosidad.

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto.

2.2.6.3. Vulnerabilidad.

Es el grado de resistencia y exposición física y/o social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. Es el grado de facilidad con que estos elementos sufren daños por exposición al peligro. (INDECI, 2006, p.1).

La vulnerabilidad puede variar debido a un conjunto de condiciones y/o procesos que resultan de los factores de orden natural, física, económica, social, científica y tecnológica, cultural, educativa,



ecológica, ideológica e institucional. Estos factores varían con el tiempo. Para lo cual, dado un nivel de peligro, se deben vigilar los cambios ocasionados en los elementos expuestos. (INDECI, 2006, p.1).

2.2.6.3.1. Análisis de la Vulnerabilidad.

Una vez identificados los elementos expuestos al peligro, se realiza el análisis de los diferentes tipos de vulnerabilidad, que de forma directa e indirecta se encuentran asociados ante la posible ocurrencia de una inundación, se procederá a identificar, evaluar y analizar los diversos indicadores que reflejarán el nivel de susceptibilidad, fragilidad y capacidades que caracterizan una determinada condición espacio - temporal de la vulnerabilidad territorial del área en estudio. (INDECI, 2011, p.32).

“Este análisis, por tanto, permitirá obtener una visión holística de las causas, estado, y capacidades poblacionales frente al peligro en un territorio determinado.” (INDECI, 2011, p.32).

i. Elementos Expuestos.

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, p.124).



a. Análisis dimensión Social.

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social. (CENEPRED, 2014, p.124).

b. Análisis de la dimensión económica.

Se determina las actividades económicas e infraestructura expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad económica. (CENEPRED, 2014, p.129).

ii. Factores de vulnerabilidad.

Las condiciones existentes de los factores de la Vulnerabilidad son:

a. Exposición.

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de



desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, p.122).

b. Fragilidad.

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, p.122).

c. Resiliencia.

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014, p.123).

iii. Nivel de Vulnerabilidad.

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta.

2.2.6.4. Riesgo.

“Estimación matemática probable de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y a la economía para un período específico



y un área conocida. Se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad.”

(INDECI, 2006, p.1)

“La estimación del riesgo define las consecuencias potenciales de un desastre en base a la identificación del peligro y al análisis de la vulnerabilidad.” (INDECI, 2006, p.1)

2.2.6.4.1. Estimación del Riesgo.

Identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el área de estudio (Microcuenca Llavini), y realizado los respectivos análisis de vulnerabilidad, se procede a la conjunción de estos valores para estimar el nivel de riesgo del área en estudio.

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teórico empíricos con respecto a la probabilidad de ocurrencia del peligro identificado, es decir, la interrelación de las condiciones espacio - temporales del área en estudio representado en las distintas dimensiones de vulnerabilidad territorial.

Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, por un lado, el analítico o matemático; y por otro, el descriptivo.

El criterio a considerar, se basa fundamentalmente en la aplicación probabilística de la siguiente ecuación.

$$R = f(P, V)$$

Donde:

R = Riesgo

F = En función



P = Peligro

V = Vulnerabilidad

Esta ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: peligro (P), vulnerabilidad M y consecuentemente, el riesgo (R), se expresan en términos de probabilidad.

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se halla determinado los niveles de intensidad y frecuencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. (CENEPRED, 2014, p.147).

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el nivel de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el tabla de referencia, se podrá estimar el riesgo ante inundaciones pluviales. (CENEPRED, 2014, p.148).

2.2.6.5. Método Multicriterio.

2.2.6.5.1. Proceso de Análisis Jerárquico - PAJ.

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. Mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

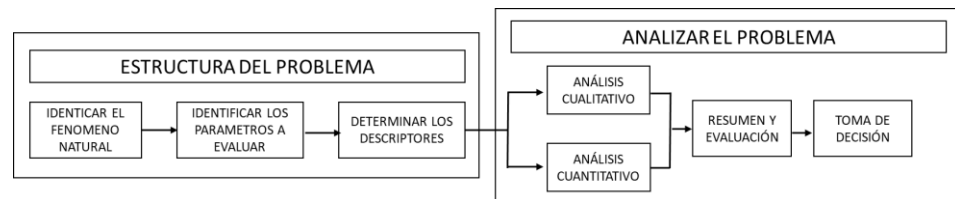


Figura N° 14: flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones.

Fuente: Manual CEPEDRED.

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión, la escala es la que se muestra a continuación:

Tabla N° 10: Tabla de escala Saaty.

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
1	Igual	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.

1/3	Ligeramente menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Manual CEPEDRED

Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas.

Para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas. (CENEPRED, 2014, p.203).

La notación matemática sería: $A = A_{ij}$

2.2.6.5.2. Para el Cálculo de los Pesos Ponderados.

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio

respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios. (CENEPRED, 2014, p.203).

$$= \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i$$

“**Segundo:** Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:” (CENEPRED, 2014, p.203).

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_1 \\ a_{n1}/v_1 & 1/v_2 & & a_{2n}/v_1 \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix}$$

“**Tercero:** El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:” (CENEPRED, 2014, p.203).

Para ello se calcula el vector columna:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector prioridades de los criterios:

$$P = \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix}$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n P_{c1i} = P_{c11} + P_{c12} + \dots + P_{c1n} = 1$$

- **Para el Cálculo de la relación de Consistencia (RC).**

“Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados”. (CENEPRED 2014, p.204).

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP). (CENEPRED, 2014, p.204).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \vdots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

“**Segundo:** Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:” (CENEPRED, 2014, p.205).



$$\begin{aligned} VSP_{11}/P_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12}/P_{c12} &= \lambda_2 \\ &\vdots \\ VSP_{1n}/P_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

“**Tercero:** Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max} .”
(CENEPRED, 2014, p.205).

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_{12} + \dots + \lambda_n)/n$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia

“**Cuarto:** Calcular el Índice de Consistencia (IC):” (CENEPRED, 2014, p.205).

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

“Esto nos permite hallar la rotación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.” (CENEPRED, 2014, p.205).

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC):

$$RC = IC/IA$$

Donde IA es el índice aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

“Los valores de índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:” (CENEPRED, 2014, p.205).

Tabla N° 11: Índice aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Fuente: Manual del CENEPRED



“**NOTA:** Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10.” (CENEPRED, 2014, p.205).

2.2.7. Definición de Términos Básicos.

“**ANÁLISIS DE RIESGOS:** Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.” (CENEPRED, 2014, p.189).

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada. (CENEPRED, 2014, p.189).

CÁLCULO DE RIESGOS: Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se determina los niveles de riesgos, se estima (cualitativa y cuantitativa) los daños o afectaciones, se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos y se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural. (CENEPRED, 2014, p.189).

DESASTRE: Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y



ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana. (CENEPRED, 2014, p.189).

“**DEFENSA CIVIL:** Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres y calamidades”. (INDECI, 2006, p.44).

“**EMERGENCIA:** Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.” (INDECI, 2006, p.44).

EVALUACIÓN DE RIESGOS: Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos. (CENEPRED, 2014, p.190).

“**FENÓMENO DE ORIGEN NATURAL:** Es toda manifestación de la naturaleza que puede ser percibido por los sentidos o por instrumentos científicos de detección. Se refiere a cualquier evento natural como resultado de su funcionamiento interno”. (CENEPRED, 2014, p.190).



GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES: Es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. (CENEPRED, 2014, p.190).

“INUNDACIÓN: Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes.” (INDECI, 2011, p.11).

MITIGACIÓN: Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos. (INDECI, 2006, p.45).

“PELIGRO: Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos”. (CENEPRED, 2014, p.45).

“PREVENCIÓN: Proceso de la gestión del riesgo de desastres, que comprende las acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos



riesgos en la sociedad en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible”.
(CENEPRED, 2014, p.193).

RESILIENCIA: Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro. (CENEPRED, 2014, p.194).

RIESGO: Estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. (INDECI, 2006, p.45).

“VULNERABILIDAD: Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser física, social, cultural, económica, institucional y otros.” (INDECI, 2006, p.45).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIOS

3.1.1. Ubicación Política.

La Microcuenca Llavini tiene la siguiente Ubicación Política:

- Región : Puno.
- Provincia : Puno.
- Distrito : Puno
- Barrios : Vallecito, Unión Llavini y alto Llavini

3.1.2. Ubicación Geográfica.

La Microcuenca Llavini tiene la siguiente ubicación Geográfica:

Coordenadas Geográficas:

- Latitud Sur : 15°49'26.18"S
- Latitud Oeste : 70° 1'9.97"O
- Altitud entre : 4,091.00 – 3,862.00 m.s.n.m.

3.1.3. Ubicación Hidrográfica.

Hidrográficamente la Microcuenca Llavini se encuentra ubicada en:

- Región Hidrográfica : Vertiente del Titicaca
- Sistema Hídrico : Sistema endorreico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS)

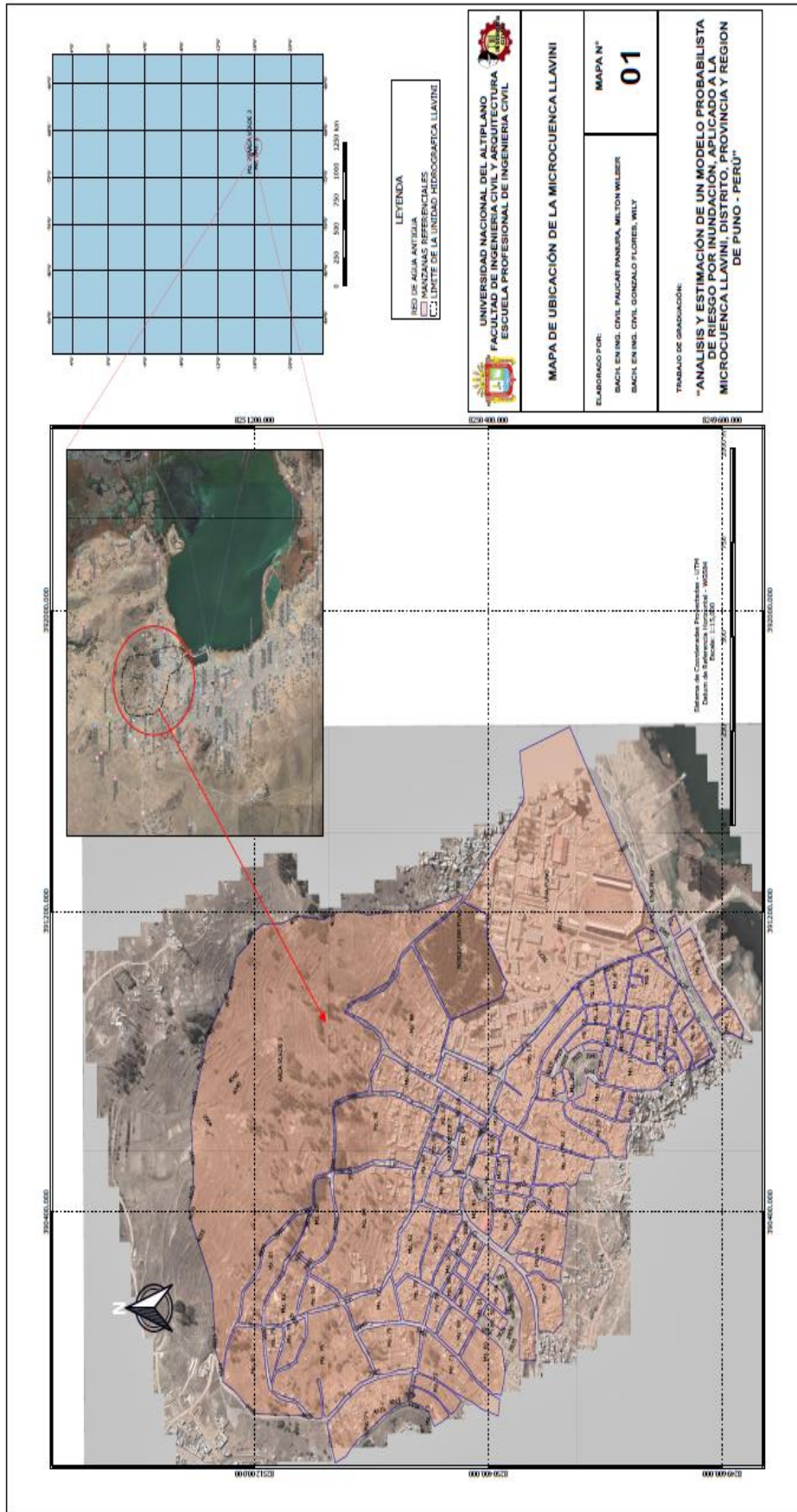


Figura N° 15: Se aprecia Mapa 01 Ubicación de Microcuenca Llavini.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.2. EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.1. Equipos de Campo.

- Dron Phantom 4pro junto con una cámara CMOS de 1" y 20 MP; objetivo con obturador mecánico; vídeo H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps con velocidad de 100 Mbps



Figura N° 16: Dron Phantom 4Pro y Cámara CMOS de 1''

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

- Celular Xiaomi Note 4 conectada al control del Dron Phantom 4pro



Figura N° 17: Celular Xiaomi Note 4

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

- GPS Diferencial Trimble modelo R8-Serie 4507144944, para marcar los puntos de control.



Figura N° 18: GPS Diferencial Trimble modelo R8.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.2.2. Equipo de Gabinete.

- Laptop Toshiba i5, Laptop Lenovo i5, Computadora i7 de Escritorio para proceso de datos y elaboración la investigación.
- Impresora Brother DCP T310.
- Dron Phantom 4pro

3.2.3. Materiales.

- Herramientas manuales usadas en campo; Pintura Esmalte Color rojo, Brocha de 2", Bipode para topografía, GPS Diferencial Modelo R8.

- Software's; Agisoft Photoscan, Iber 2.4.3., AutoCAD 2019, ArcGIS 10.5, Microsoft Excel 2019, Microsoft Word 2019, Microsoft Power Point2019 y Qgis 3.8.0.
- Papel bond blanco y libreta de Apuntes.

3.3. PROCESAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.3.1. Levantamiento topográfico (Fotogrametría con DRON).

Vista Generada por el Dron Phantom 4 Pro de la Microcuenca Llavini.



Figura N° 19: Vista General de la Microcuenca Llavini.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.3.1.1. *Fotogrametría con DRON PHANTOM 4PRO.*

En primer lugar, empezamos a fijar y/o marcar los Puntos de control en la Microcuenca Llavini para tener una mejor precisión en nuestro proyecto de investigación, donde se realiza un informe topográfico (Ver Anexo N° 03).

3.3.1.2. *Procesamiento AFISOFT PHOTOSCAN versión 1.4.3.*

2. Abrimos las fotos, en el programa Agisoft PhotoScan 1.4.3 y nos vamos a la pestaña Herramientas – Calibración de cámara, Hacemos Clic Tipo de Cámara escogiendo Normal y hacemos clic en aceptar.

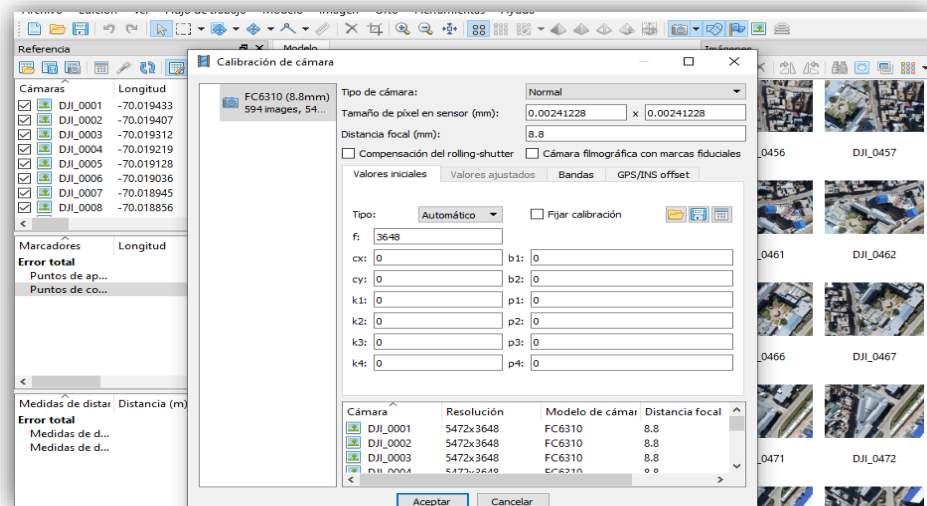


Figura N° 20: Se Aprecia la Pestaña de Herramientas- Calibración de Cámara.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3. Luego nos vamos a la pestaña de flujo de trabajo configuramos según la imagen.

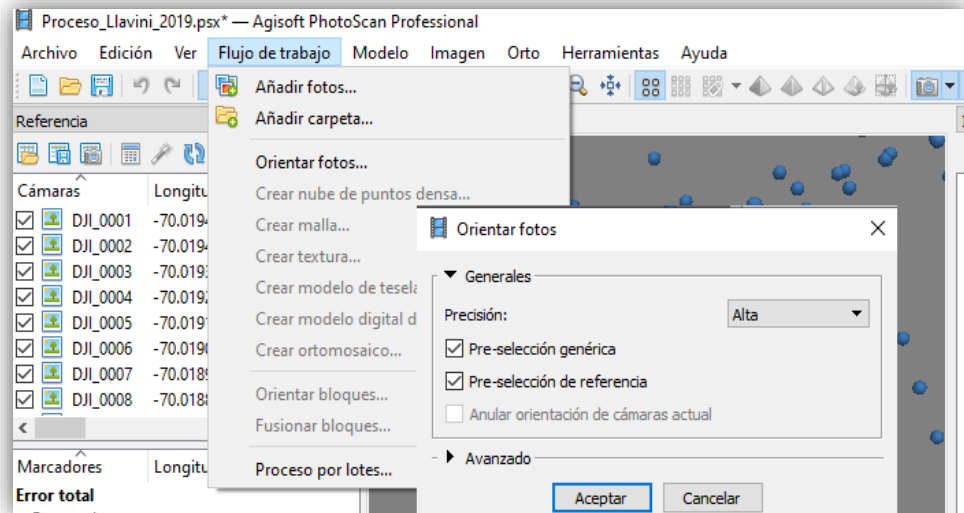


Figura N° 21: Se Aprecia la Pestaña de Flujo de Trabajo Orientar fotos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

4. Luego empezara a orientar las fotos este proceso demora según la cantidad de fotos tomadas por el dron. (en nuestro caso tenemos 2,594 fotos).

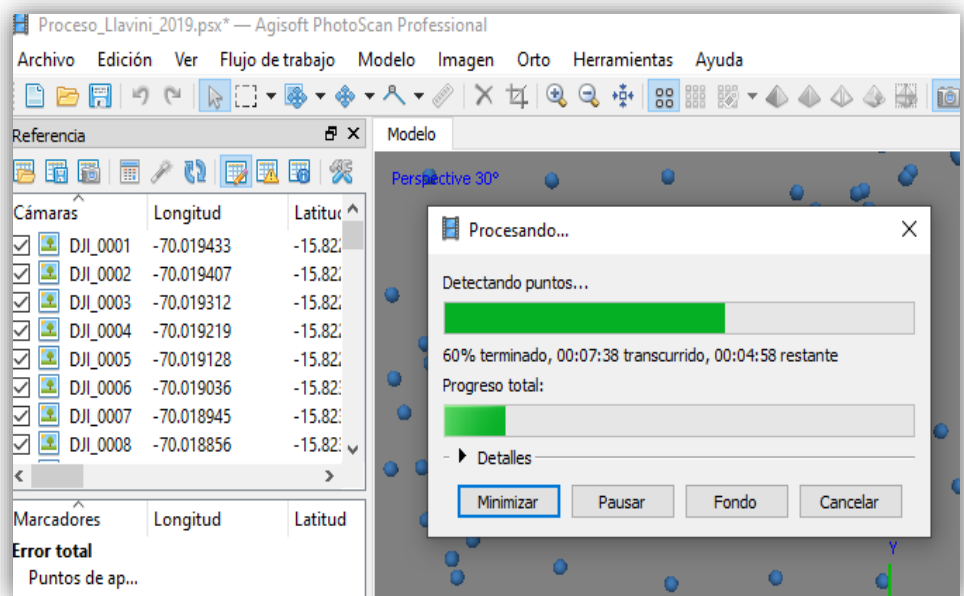


Figura N° 22: Se Aprecia el proceso de orientación de fotos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

5. Al terminar de orientar las fotos se aprecia la siguiente imagen.

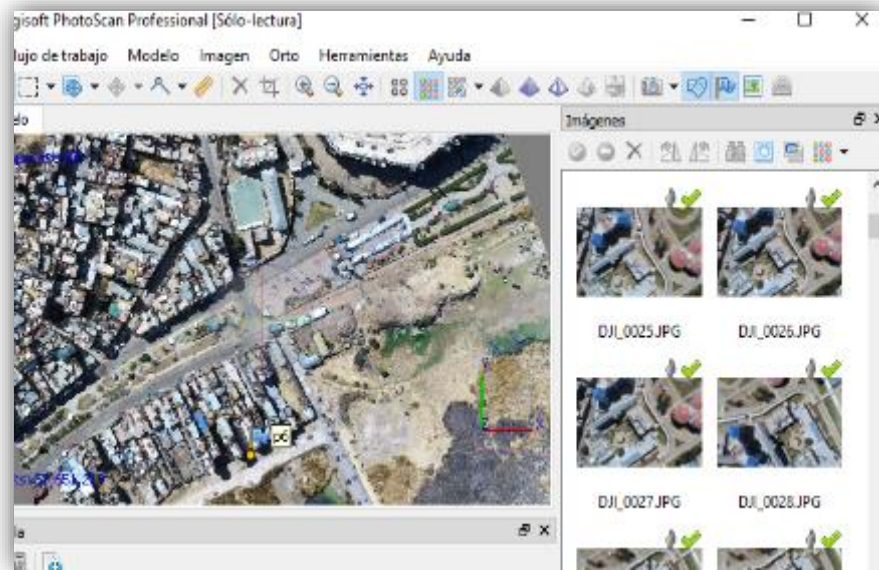


Figura N° 23: Se Aprecia el proceso Terminado de orientación de fotos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

6. Al terminar de orientar las fotos nos vamos a la siguiente pestaña flujo de trabajo y creamos nube de puntos densa.

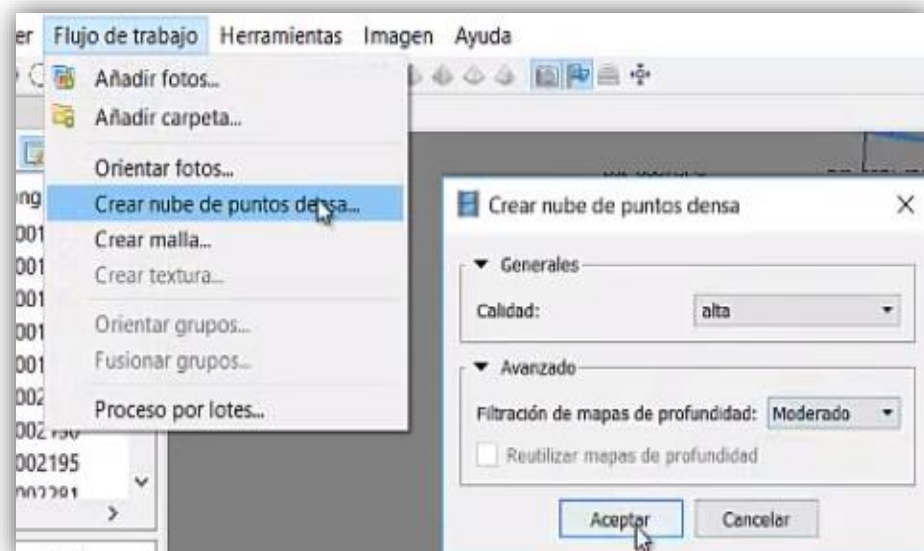


Figura N° 24: Se Aprecia la Pestaña Crear Nube de Puntos Escogemos Calidad Alta y en avanzado escogemos moderado.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

7. Se aprecia el proceso de creación de nube de puntos densa.

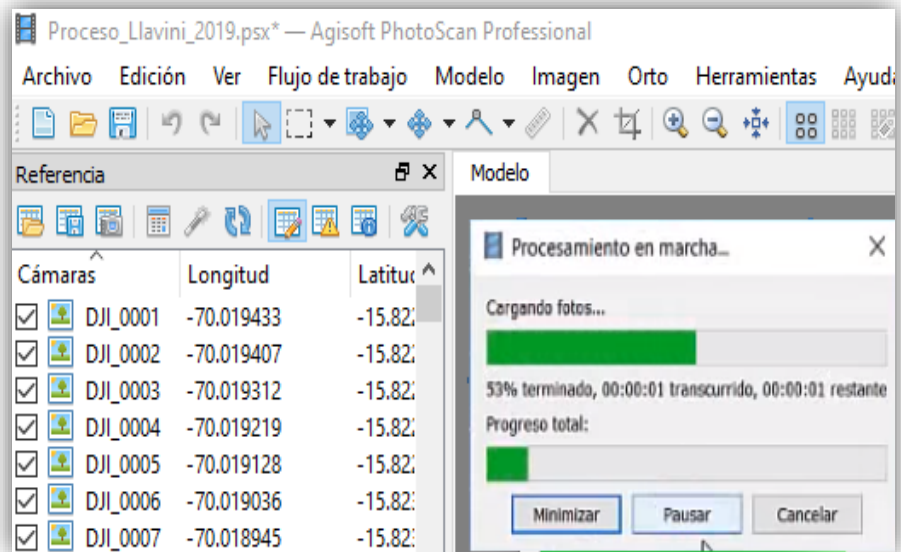


Figura N° 25: Se Aprecia el proceso de Crear Nube de Puntos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

8. Al terminar el proceso de crear la nube de puntos se tiene la siguiente imagen.

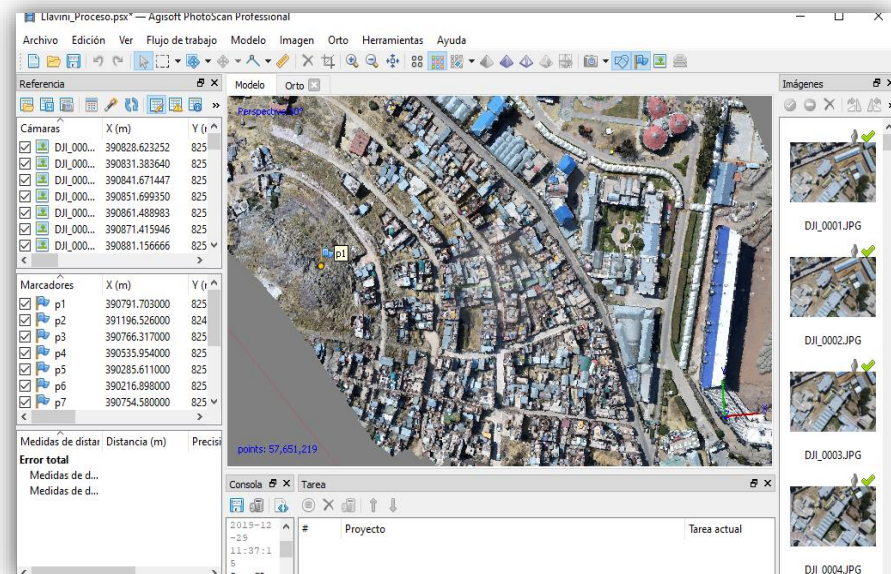


Figura N° 26: Se Aprecia la Nube de Puntos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

9. Ahora creamos la malla (Pestaña flujo de trabajo – clic en crear malla y configuramos según la imagen).

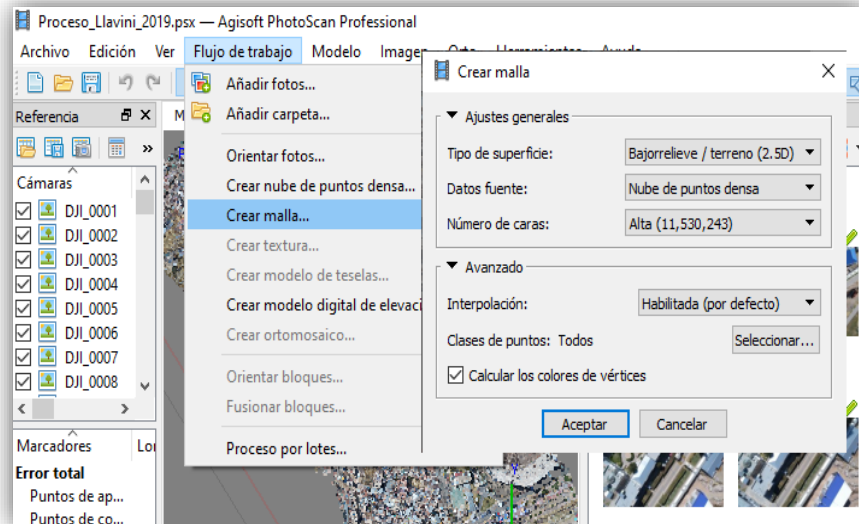


Figura N° 27: Se Aprecia la creación de malla.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

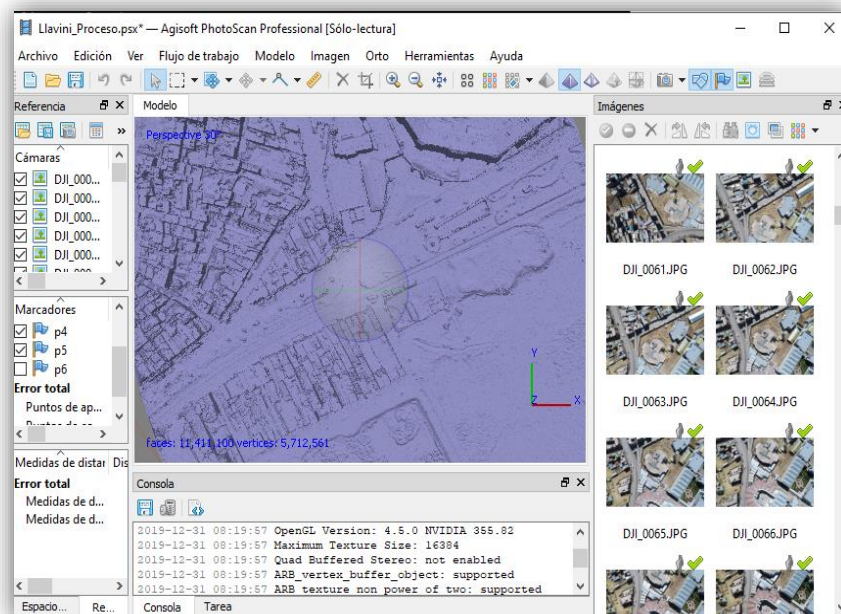


Figura N° 28: Se Aprecia la malla creada.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

10. Ahora procedemos a georreferenciar con los 8 puntos de control con el GPS Diferencial modelo R8. (Ver Anexo N° 2 Informe de Georreferenciación).

Tabla N° 12: Los 8 puntos de Control con Coordenadas UTM.

PUNTO	COORDENADA UTM (WGS84)		COTA ORTOMETRICA (msnm)	ZONA	OBSERVACION
	ESTE	NORTE			
PU02	373508.225	8284432.176	3834.448	19	Estación de Rastreo Permanente. (ERP).
PUN11028	375371.860	8292233.068	3826.815	19	Punto Certificado con Placa grabada de bronce, empotrada sobre hito de concreto.
MPRI-FIC-01	390791.703	8250064.273	3899.231	19	Varilla de fierro, empotrada sobre hito de concreto.
MPRI-FIC-02	391196.526	8249811.29	3815.436	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-03	390766.317	8250356.308	3825.006	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-04	390535.954	8250028.543	3864.262	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-05	390285.611	8250327.657	3850.861	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-06	390216.898	8250847.065	3878.791	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-07	390754.58	8250580.681	3838.791	19	Marca circular pintada sobre vereda
MPRI-FIC-08	390524.159	8250799.439	3865.278	19	Marca en Buzón de desagüe

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

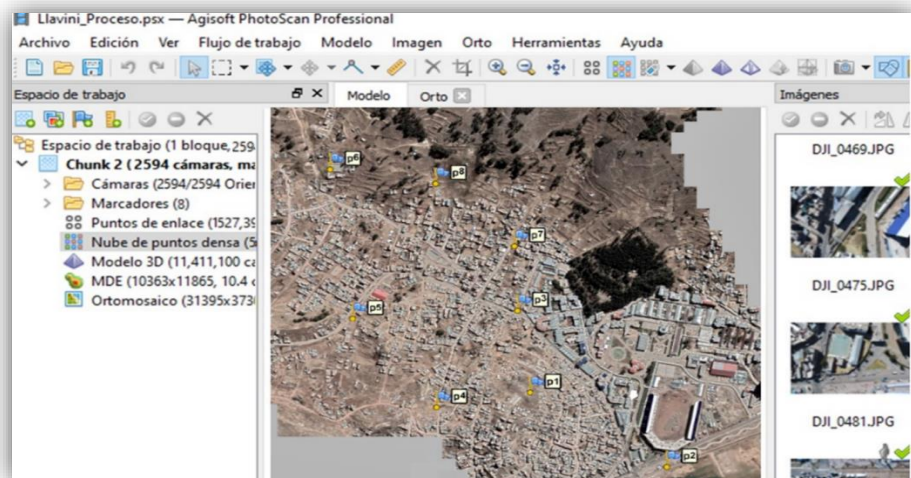


Figura N° 29: Se aprecia los puntos de control Georreferenciados.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

11. Ahora generamos la textura dando clic en aceptar y esperar que termine el proceso.

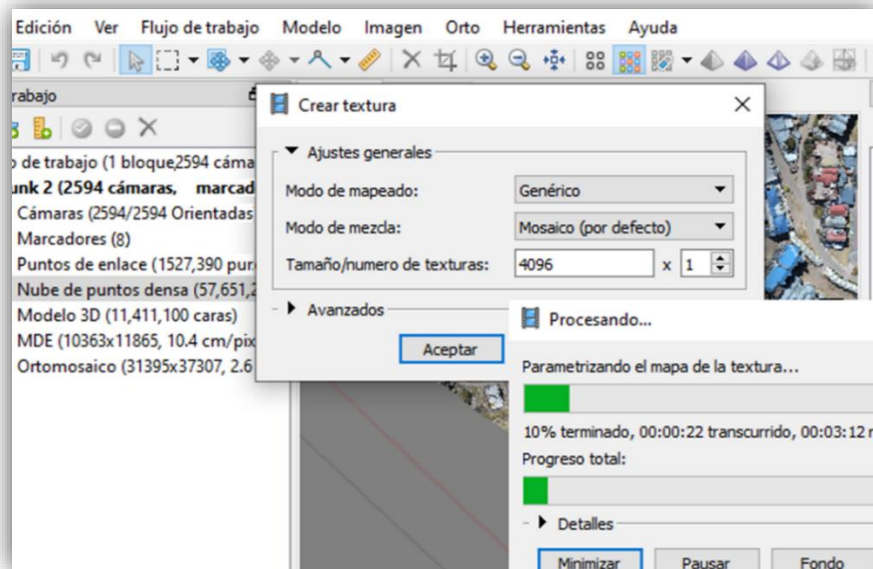


Figura N° 30: Empezamos a crear la textura.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

12. Ahora creamos el modelo digital de elevaciones (configuración según la Imagen).

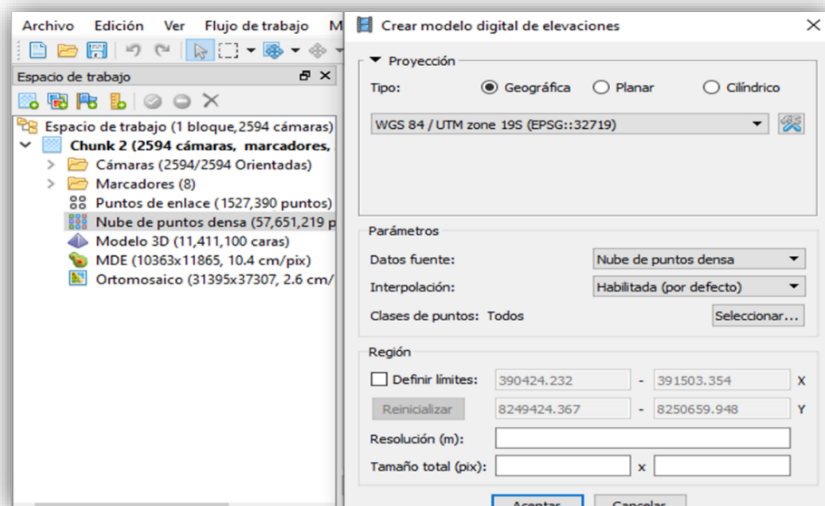


Figura N° 31: Se aprecia la creación del Modelo Digital de Elevaciones (DEM).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

13. Ahora creamos orto mosaico (orto foto) seleccionando la herramienta flujo de trabajo y configuraciones como la imagen.

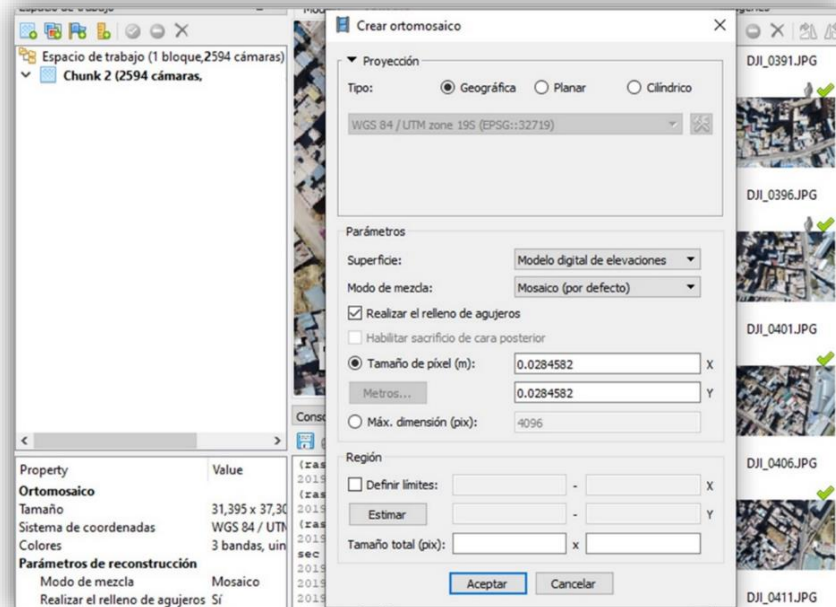


Figura N° 32: Se aprecia la creación de orto mosaico (Orto Foto).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

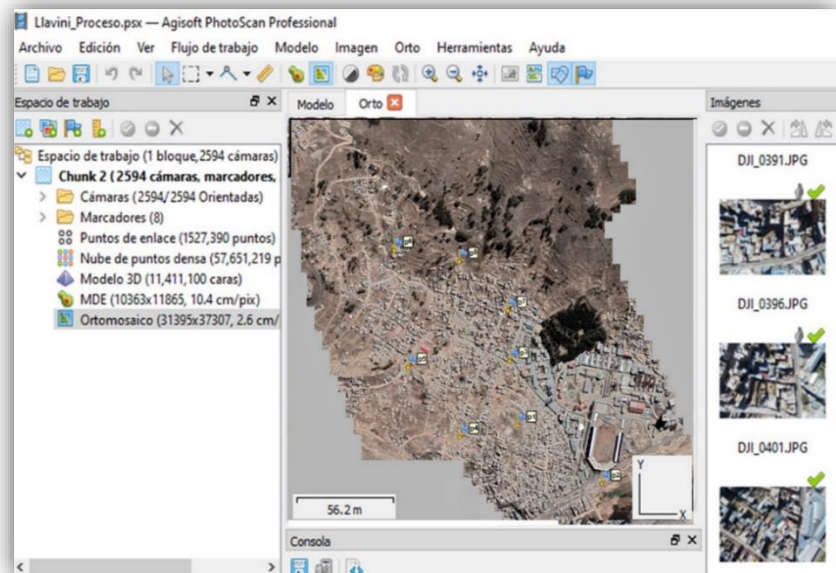


Figura N° 33: Se aprecia el orto mosaico listo para exportar.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

14. Imagen Raster (en formato TIF) Obtenida a partir del procesamiento con Agisoft Photoscan 1.4.3. Exportación del Modelo digital de Elevaciones en formato Tif.

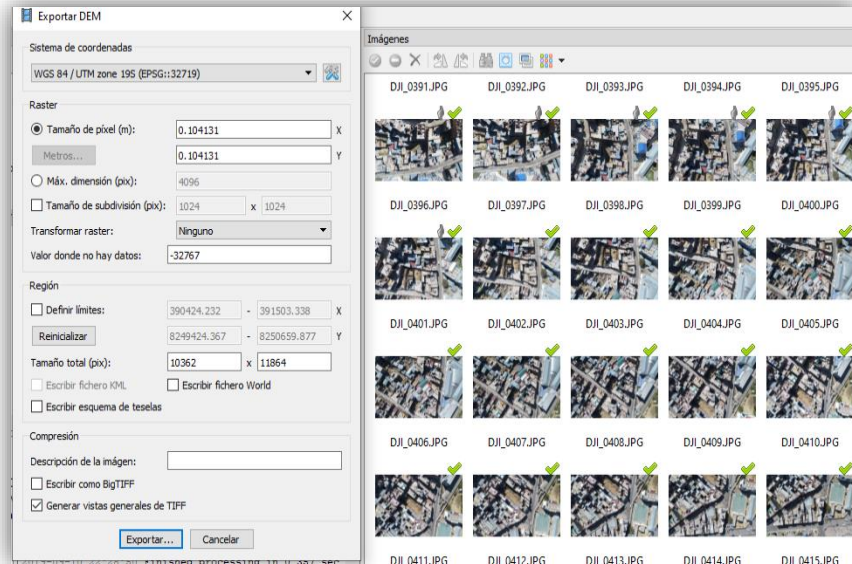


Figura N° 34: Se Aprecia la exportación del DEM en formato TIF.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

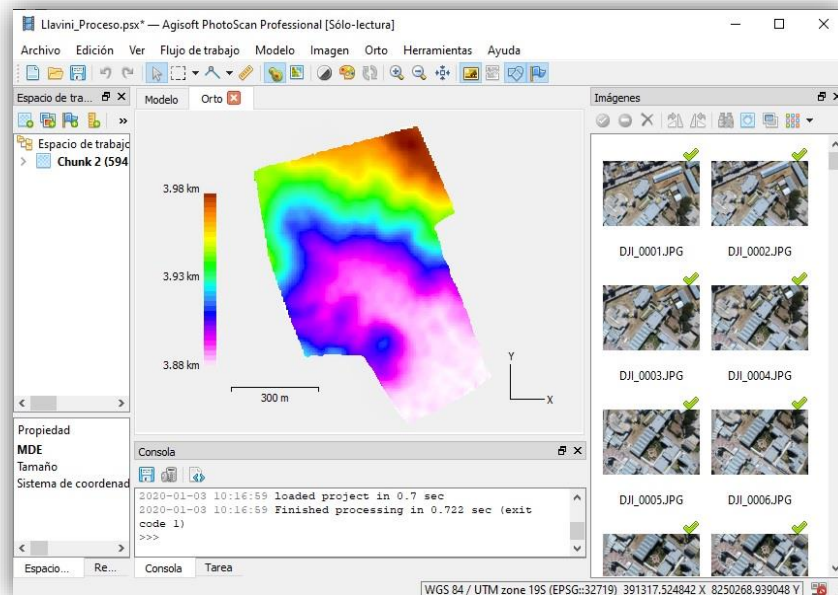


Figura N° 35: Se Aprecia la exportación del DEM en formato TIF.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

15. Exportación de la orto mosaico y orto foto en formato TIF.

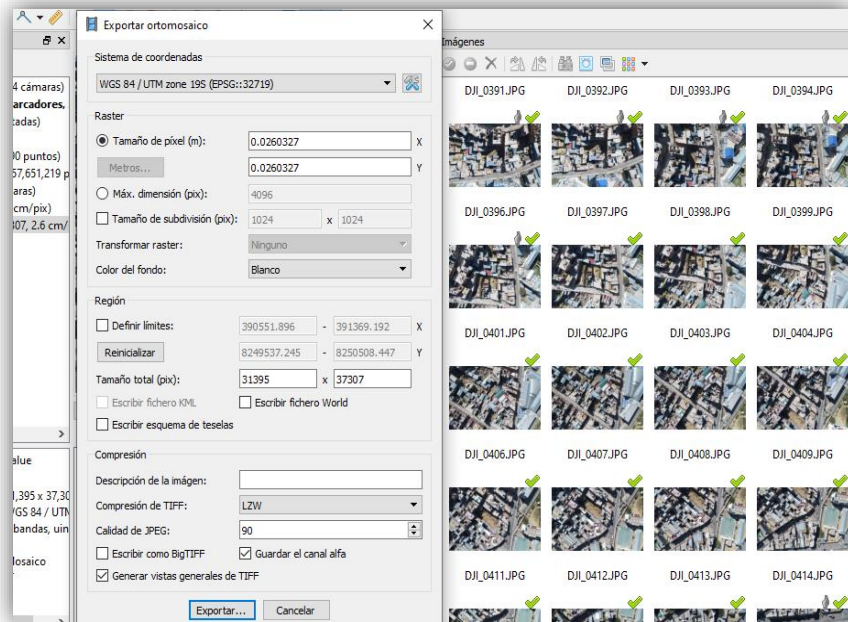


Figura N° 36: Se Aprecia la exportación de la orto foto en formatos JPG y TIF.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

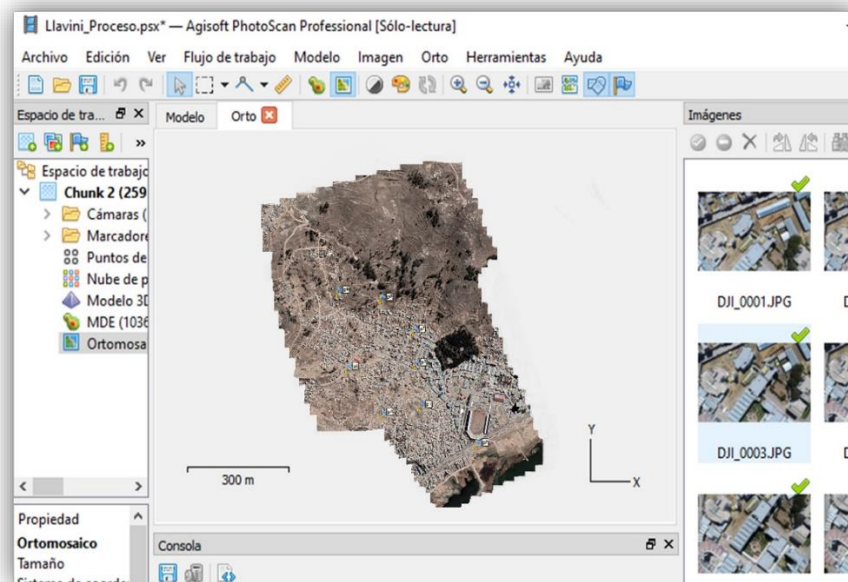


Figura N° 37: Se Aprecia la exportación de la orto foto en formatos JPG y TIF.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.4. PROCESAMIENTO HIDROLÓGICO DE CUENCAS

3.4.1. Delimitación de la Microcuenca Llavini.

Aplicación del Software especializado con ayuda de ArcGIS
(Software desarrollado por Environmental Systems Re-search Institute):

- Insumos
- Uso de ArcGIS para Delimitar la Microcuenca Llavini.
- Codificar la red Pluvial con la metodología Rzhanitsyn – Strahler

3.4.1.1. Insumos (DEM – ORTOFOTO).

El Modelo Digital de Elevaciones y la Ortofoto se Obtuvieron
Mediante el Software Agisoft Photoscan.

3.4.1.2. Uso de ARCGIS para delimitar la Microcuenca Llavini.

1. Creamos un nuevo proyecto en ArcGIS y Conectamos las carpetas
de trabajo.

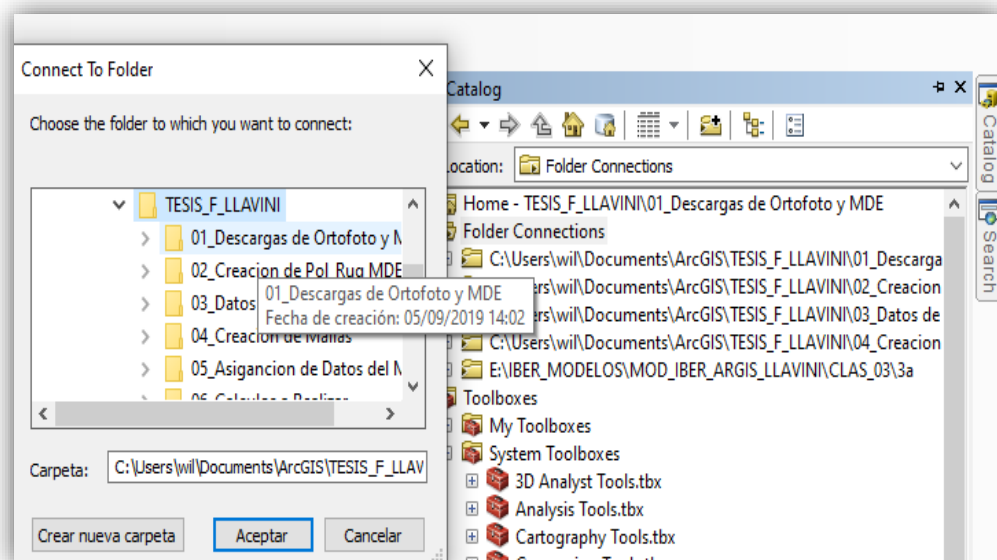


Figura N° 38: Se observa la conexión de las carpetas de trabajo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

2. Importaciones la Orto foto y el Modelo Digital de Elevaciones.

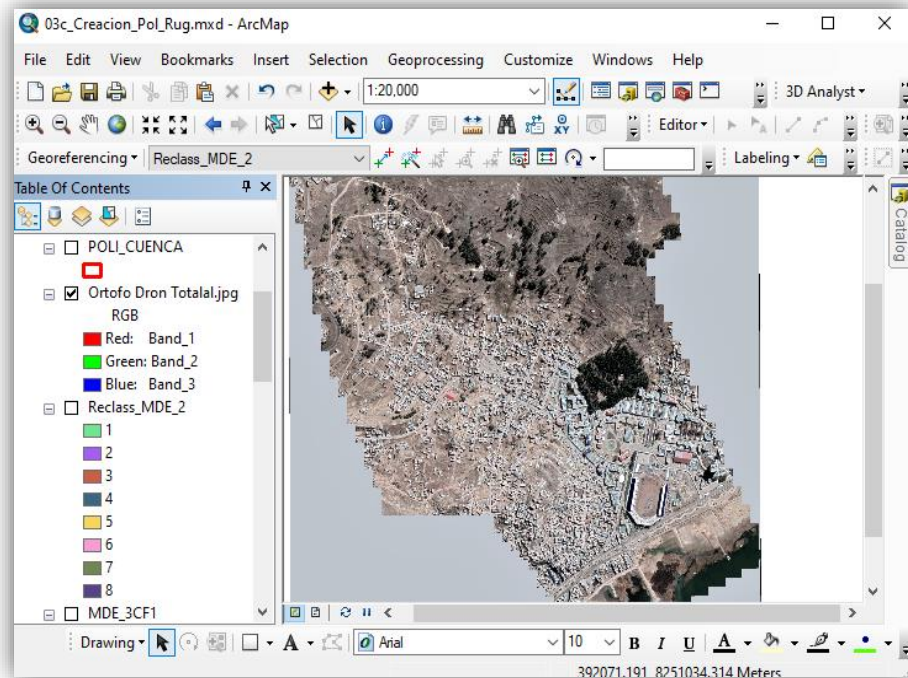


Figura N° 39: Se observa la Orto foto importada en formato JPG.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

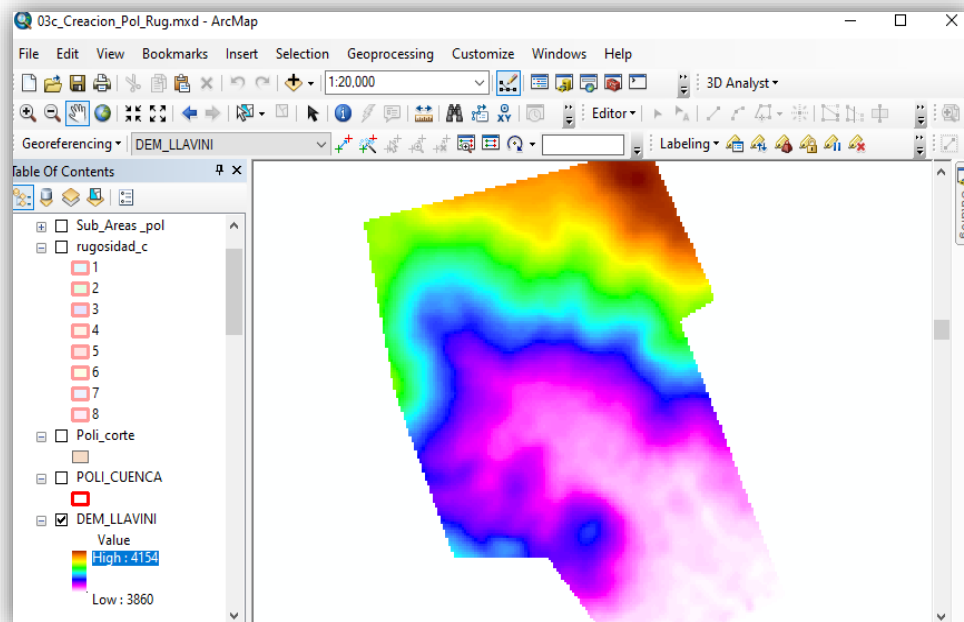


Figura N° 40: Se observa el DEM Importado (formato TIF).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3. Aplicamos las Herramientas Spatial Analyst Tools – Hydrology en “Fill”, Flow Direction (Dirección del Flujo), Flow Accumulation (Acumulación de Flujo), Watershed y Raster to Polygon con el Modelo Digital de Elevaciones.

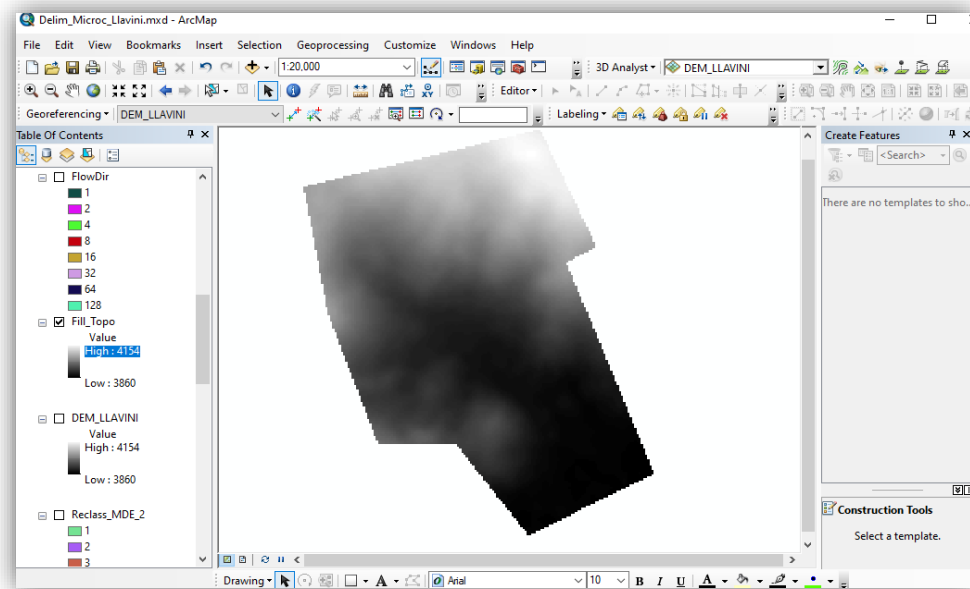


Figura N° 41: Se observa la herramienta “Fill” que permite llenar vacíos del DEM.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

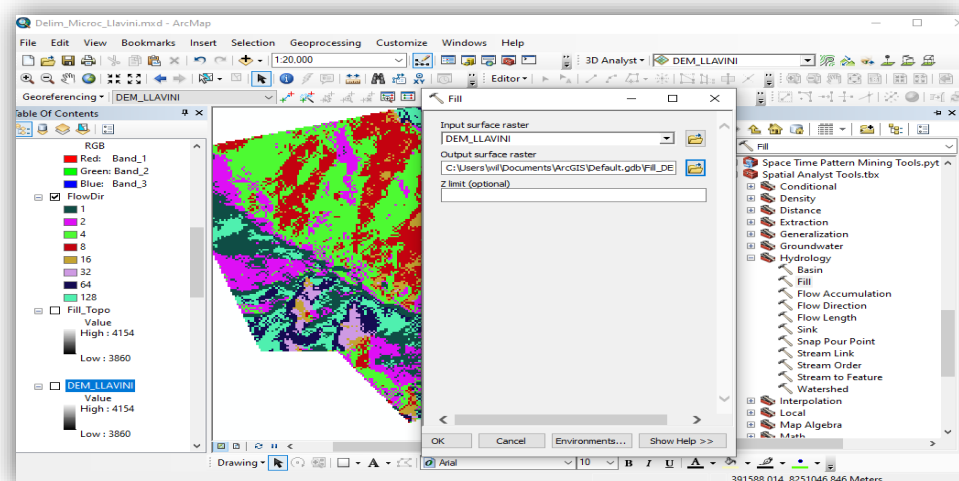


Figura N° 42: Se observa la herramienta “Flow Direction” que permite Ver la Dirección.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

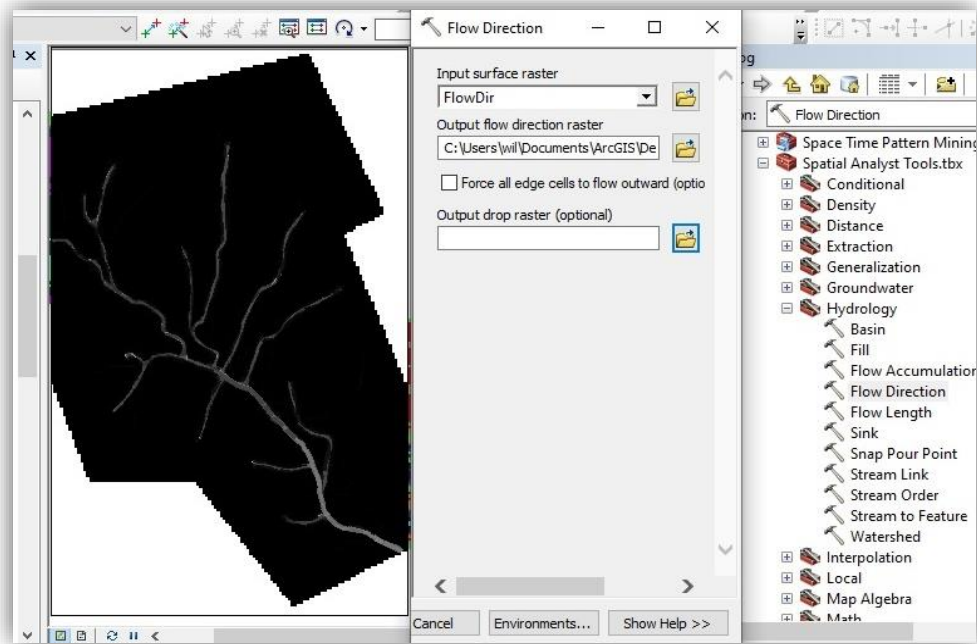


Figura N° 43: Se observa la herramienta “Flow Acumulation” que permite Ver los principales cauces de agua y definir el punto de descarga de la Microcuenca Llavini.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

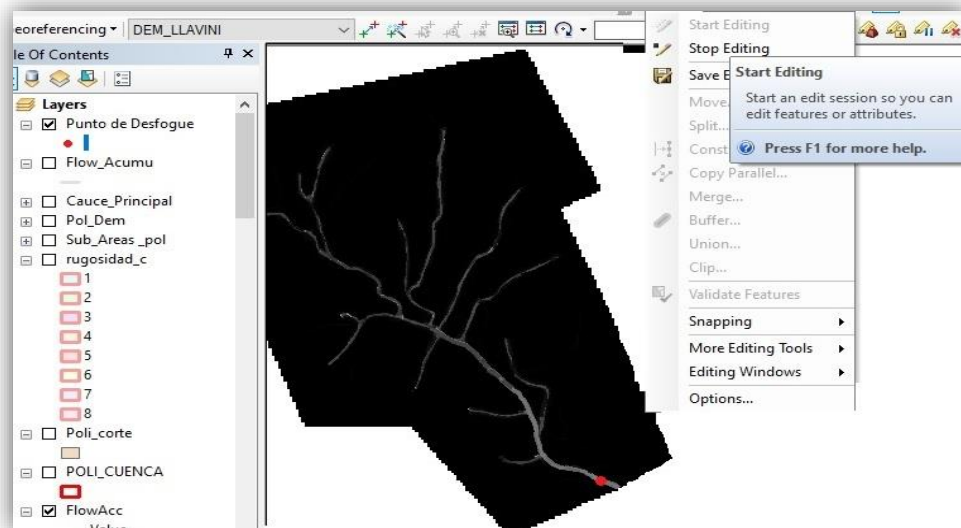


Figura N° 44: Creamos un punto de desfogue en la salida del cauce en la Microcuenca.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

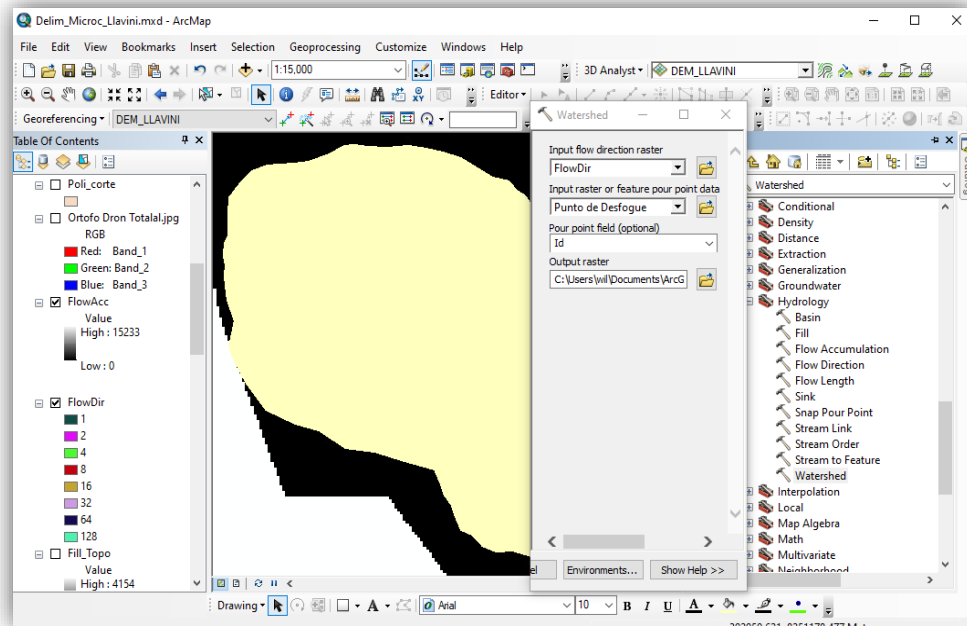


Figura N° 45: Se observa la herramienta “Watershed” que permite obtener una imagen Raster delimitada de la Microcuenca Llavini.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

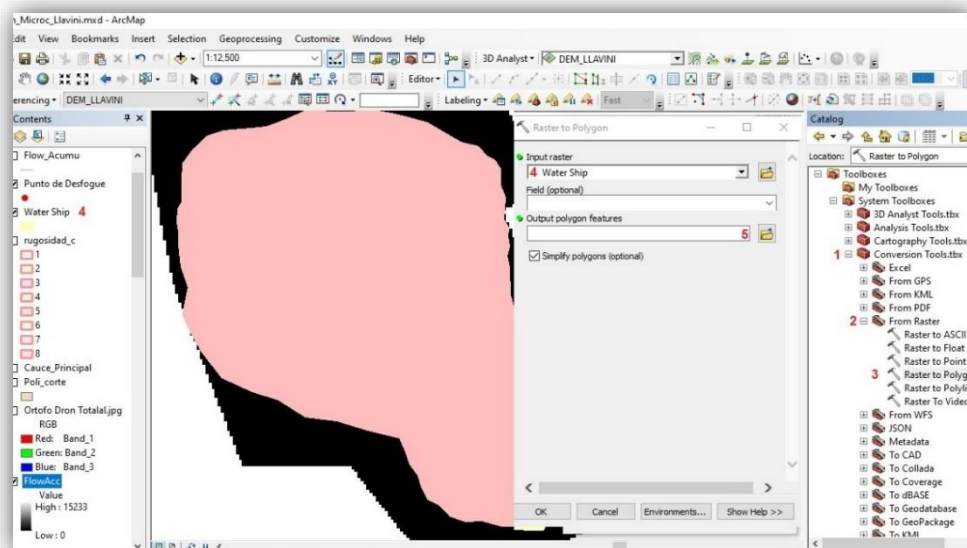


Figura N° 46: Nos vamos a Convesion Tools-From Raster en “Raster to polygon” que permite convertir en formato vectorial listo para trabajarlo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

4. Teniendo el Raster de la Microcuenca en formato vectorial tenemos el área de estudio, orden de la Microcuenca, rugosidad y n_rugosidad para el uso de suelo.

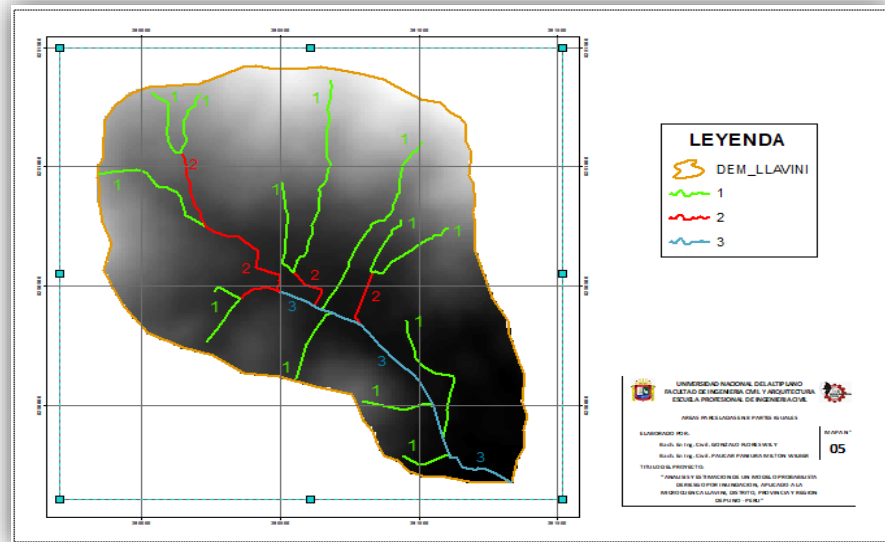


Figura N° 47: Se observa el área y orden de Drenaje de la Microcuenca MAPA 5.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

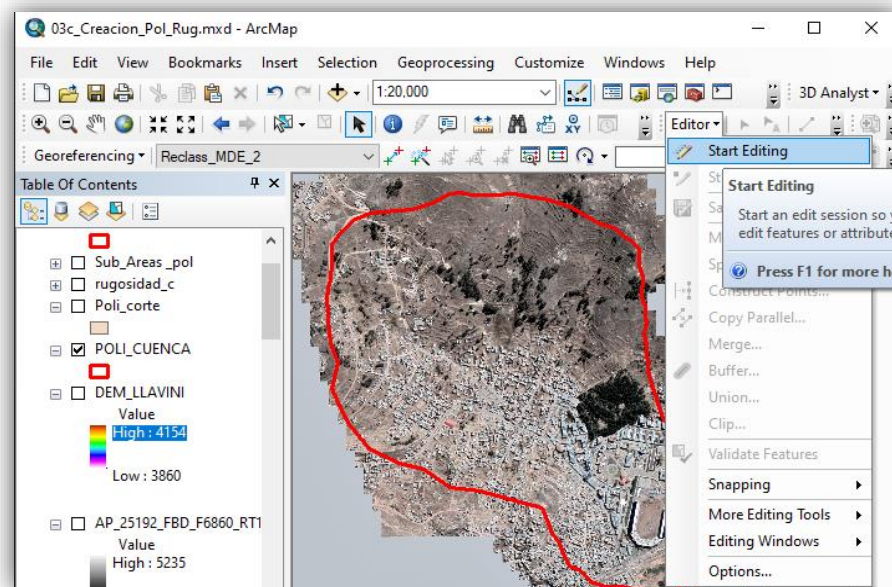


Figura N° 48: Se observa la zona de estudio.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

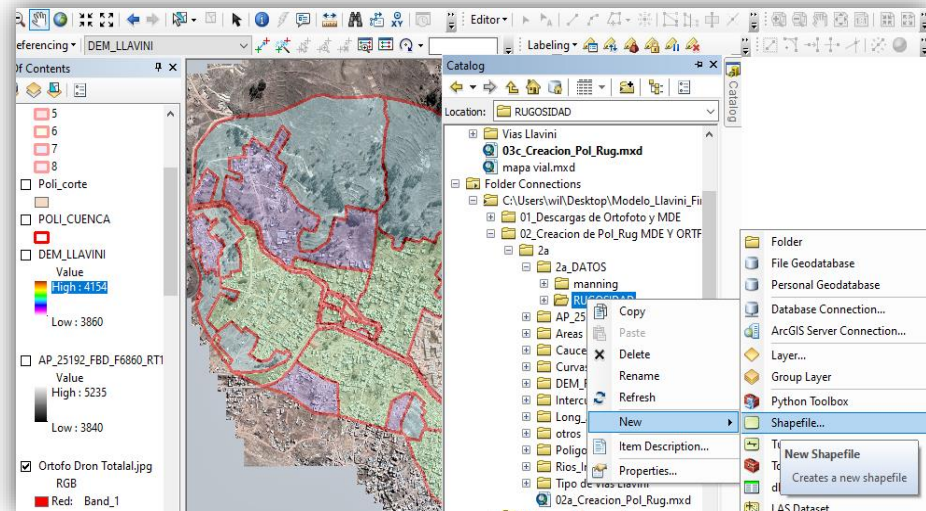


Figura N° 49: Se observa la Creación de un nuevo Shapefile de Rugosidad para el Usos de Suelo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

5. Ahora creamos `n_rugosidad` para diferentes tipos de uso de suelo, nos vamos a caja de herramientas seleccionamos conversión de polígonos a Raster y clic en Feature to Raster como se aprecia en la Imagen.

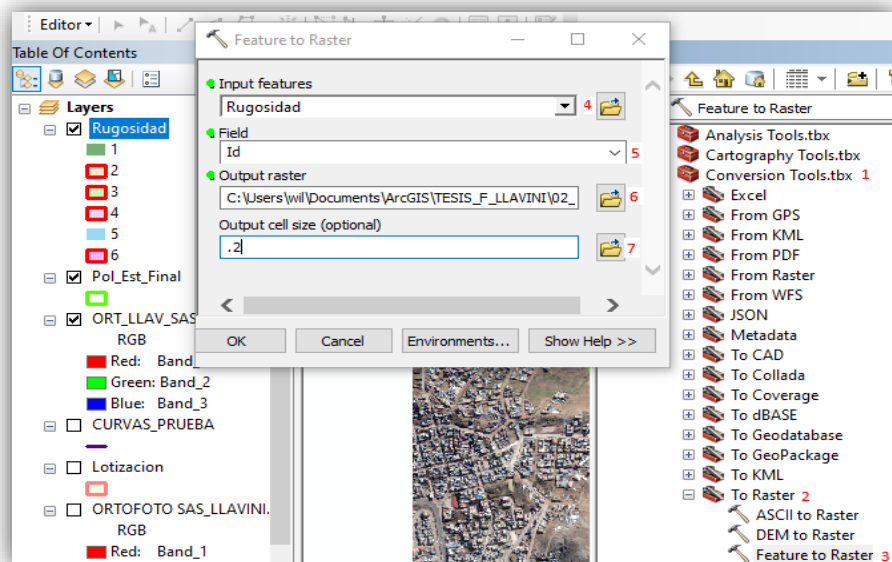


Figura N° 50: Se observa la `n_rugosidad` con tamaño de celdas de 0.2 para tener mayor precisión en los coeficientes de manning de Rugosidad para el Usos de Suelo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

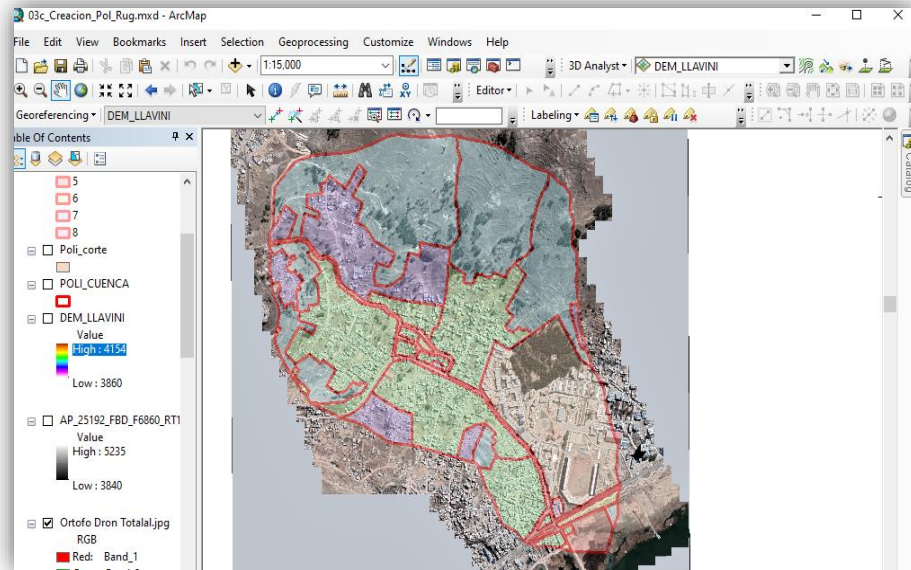


Figura N° 51: Se observa la $n_{\text{rugosidad}}$ para exportar los coeficientes de manning de Rugosidad para el Usos de Suelo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

6. Exportación de ArcGIS a IBER para empezar el Modelamiento.

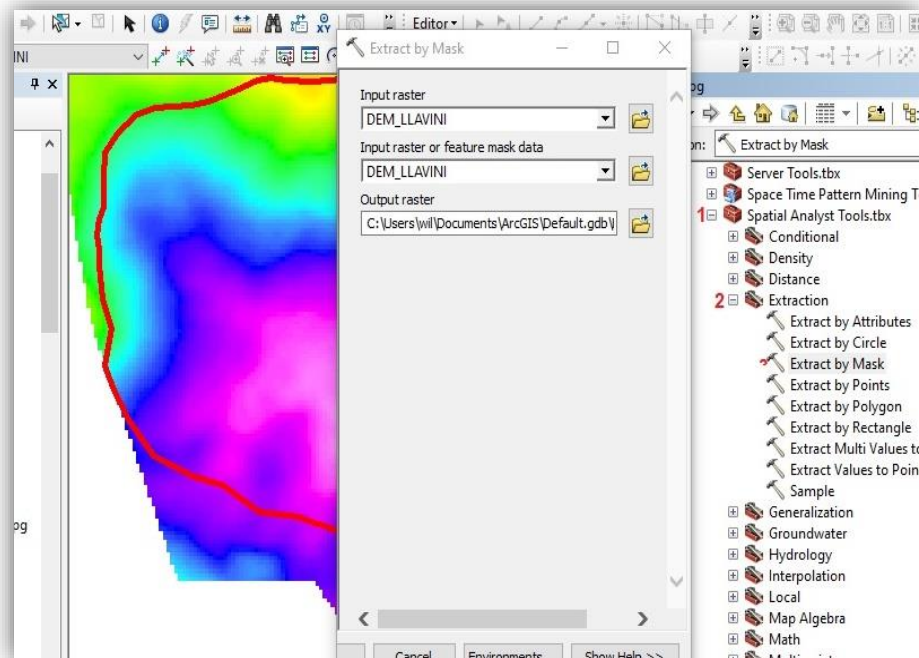


Figura N° 52: Se observa el DEM Extrayendo solo la zona de Estudio

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

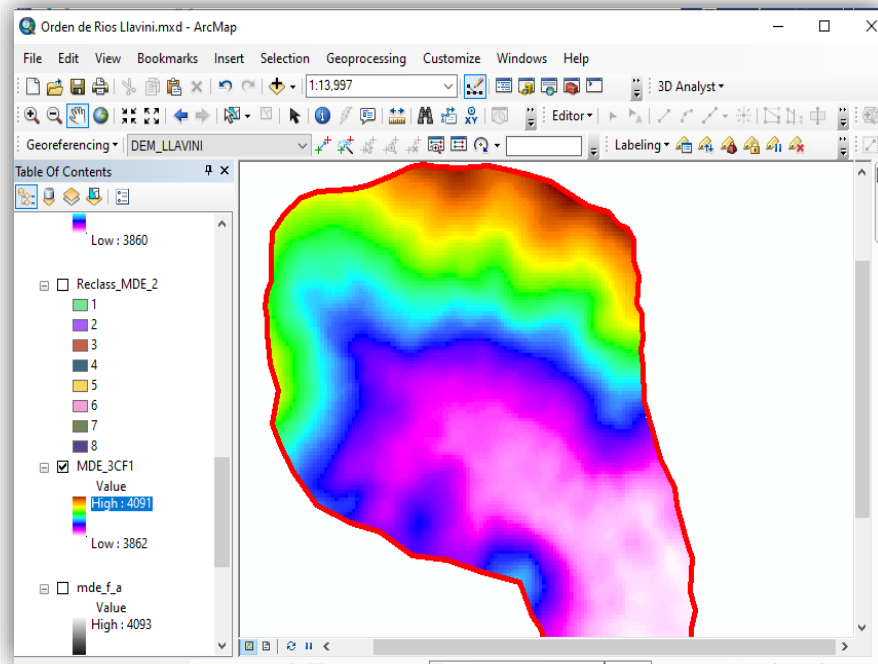


Figura N° 53: Se observa el DEM según la delimitación de la Microcuenca

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

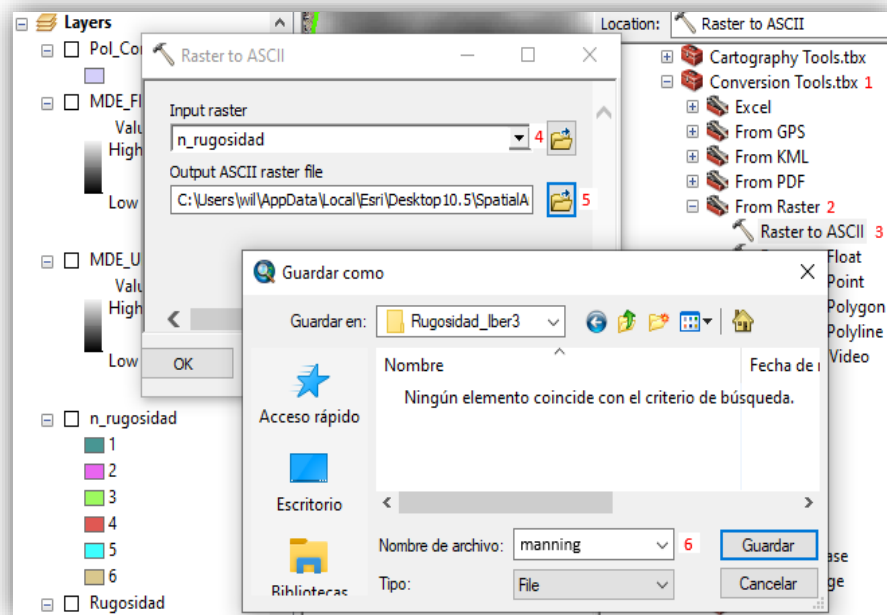


Figura N° 54: Se observa la Exportación de n_Rugosidad para Uso de Suelo

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

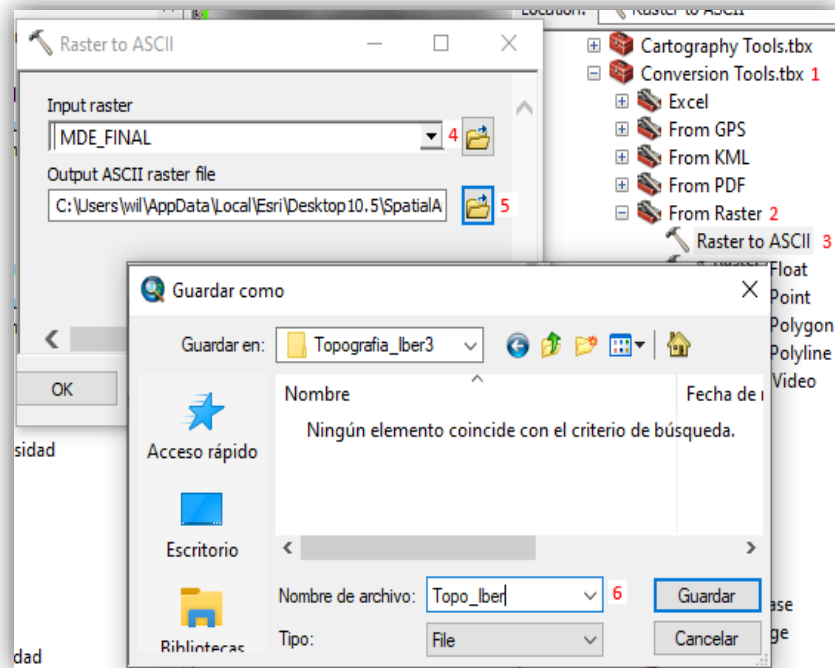


Figura N° 55: Se observa la exportación del DEM para generar nuestra malla en IBER.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

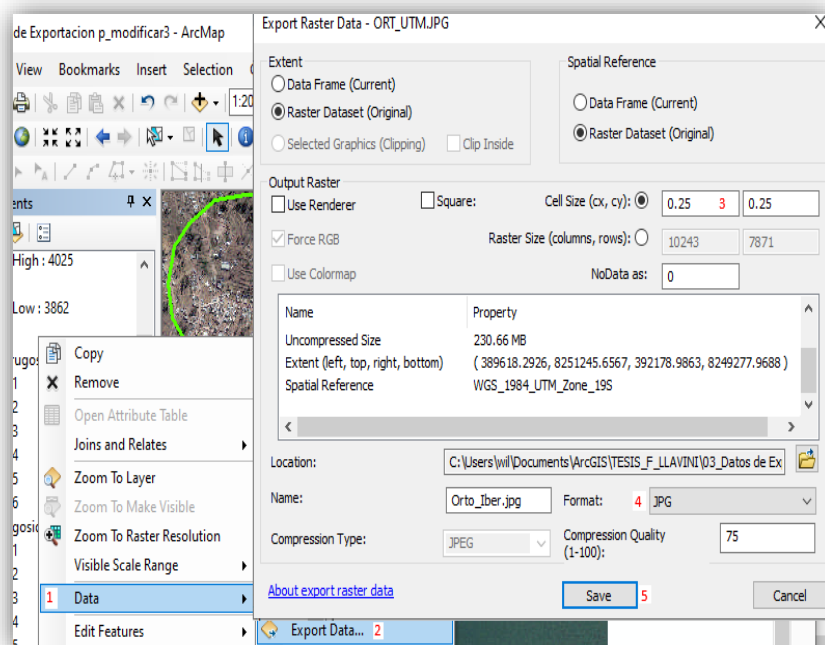


Figura N° 56: Se observa la exportación de la Orto Foto en Formato JPG (Configuramos como según la imagen).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.4.2. Forma de la Microcuenca Llavini.

Según el sistema TDSP nuestra zona de estudio se encuentra en un sistema endorreico del Lago Titicaca.

Según el software ArcGis 10.5, analizando nuestra Microcuenca su punto de evacuación o salida se encuentra en el interior de la Intercuenca 0173, que forma la Microcuenca que pertenece al Lago Titicaca. (Ver Anexo N°5, Mapa N° 03).

3.4.3. Parámetros de la Microcuenca Llavini.

3.4.3.1. Área de la Microcuenca (A).

Es la superficie en proyección, delimitada por la divisoria de agua, también llamada parteaguas (ver Figura N° 48); la cual está definida como una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico realizado con el software ArcGIS, donde se obtuvo un área 1.84 km².

3.4.3.2. Parámetro de la Microcuenca (P).

El valor del perímetro se expresa en kilómetros, según el software ArcGIS se obtuvo un perímetro de 5.52 km.

3.4.3.3. Longitud Axial (La).

se aprecia la longitud axial de la Microcuenca Llavini.

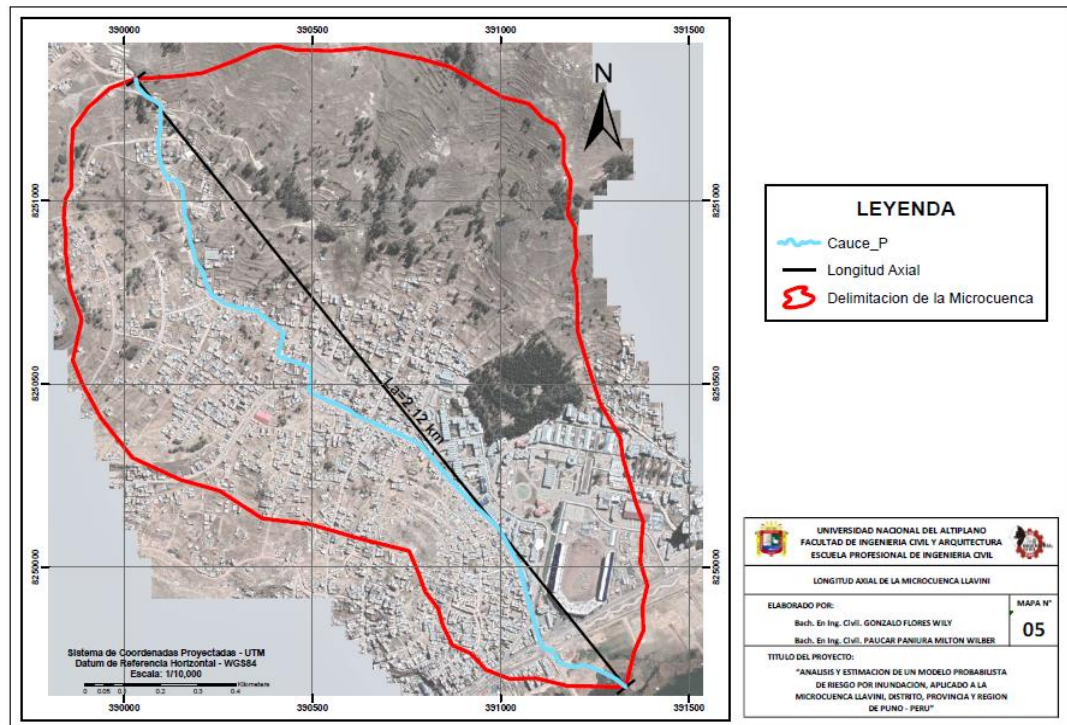


Figura N° 57: Se aprecia la Longitud Axial de la Cuenca Llavini.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.4.3.4. Ancho Promedio (B).

Considerando que la Microcuenca Llavini posee una longitud axial de 2.12 km y un área de 1.84 [km] ², se procede a evaluar la ecuación para obtener el valor del ancho promedio de la misma.

Donde:

B = Ancho Promedio (km)

A = Área de la cuenca (km²)

L_A = Longitud axial de la cuenca (km)

$$B = \frac{A}{L_A} = \frac{1.84}{2.12} = 0.87 \text{ km}$$

3.4.4. Parámetros de forma de la Microcuenca Llavini.

La forma de la cuenca es de gran importancia dado que relacionan el movimiento del agua y la respuesta de la cuenca al mismo; influyendo en la descarga de la corriente.

3.4.4.1. *Coficiente de Compacidad de Gravelius (KC)*

Para conocer el Coeficiente de compacidad de la Microcuenca Llavini, se realizará la evaluación de la ecuación del Coeficiente de Compacidad con el valor del perímetro de la cuenca de 5.52 km y un área de 1.84 km² que, sustituidos en la fórmula, queda:

Donde:

K_C = Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (adimensional)

P = Perimetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

$$K_C = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.282 \frac{5.52}{\sqrt{1.84}} = 1.146$$

De la evaluación anterior, resulta un k_c de 1.146 que, de acuerdo a la clasificación, se concluye que la Microcuenca Llavini posee una forma Redonda – Óvalo Redonda, según la Tabla N° 3

3.4.4.2. *Factor de Forma (KF)*.

Evaluando la Ecuación de Factor Forma mediante los resultados del área y longitud axial de la cuenca en estudio, se obtiene.

Donde:

K_f = Factor de Forma

$A = \text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}$

$L_A = \text{Longitud axial de la cuenca (km)}$

$$K_f = \frac{A}{L_A^2} = \frac{1.84}{2.12^2} = 0.410$$

A consecuencia del coeficiente de forma obtenido, se verifica que la Microcuenca de Llavini tiene una menor tendencia a concentrar las intensidades de lluvia.

3.4.4.3. *Relación de Elongación (Re).*

La longitud axial (LA) obtenida de la cuenca es de 2.12 km (véase Figura N°8), y el área de la Microcuenca Llavini es 1.84 km^2 . Sustituyendo en la Ecuación de la relación de elongación se obtiene:

Donde:

$R_e = \text{Relación de elongación}$

$A = \text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}$

$L_A = \text{Longitud axial de la cuenca (km)}$

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_A} = 1.128 \frac{\sqrt{1.84}}{2.12} = 0.723$$

El resultado anterior indica que la cuenca Llavini puede ser considerada como una cuenca con relieve 0.723; el cual influye en el aumento de la escorrentía superficial, debido a que al aumentar su velocidad disminuye la infiltración del suelo.

Tabla N° 13: *Parámetros Geométricos y Forma de la Microcuenca Llavini*

Parámetros	Microcuenca Llavini
Área (km ²)	1.84 km ²
Perímetro (km)	5.52 km
Longitud del Cauce Principal (km)	2,36 km
Longitud Axial	2.12 km
Índice de Compacidad	1.146 (Adimensional)
Factor de Forma	0.410 (Adimensional)
Relación de Elongación	0.723 (Adimensional)

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.4.5. Parámetros de Relieve.

3.4.5.1. Elevaciones

3.4.5.1.1. Elevación Máxima de la Microcuenca Llavini (*Emáx*).

Se define como la elevación del punto más alto de la cuenca respecto al nivel del mar, se expresa en m.s.n.m. (Ver Figura N° 58).

3.4.5.1.2. Elevación Mínima de la Microcuenca Llavini (*Emin*).

“Es la elevación del punto más bajo de la cuenca con respecto al nivel del mar, se expresa en metros sobre el nivel del mar” (León, et al, 2013, p. 102) (Ver Imagen N° 58).

3.4.5.1.3. Elevación Media de la Microcuenca Llavini (*Em*).

La elevación media de la cuenca es un parámetro fisiográfico que promedia las diferentes variaciones de las elevaciones de una cuenca. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región. Entre los métodos para el cálculo del presente parámetro están: Red de puntos y curva hipsométrica el cual lo calculamos con el programa ArGIS. (Ver figura N° 59).

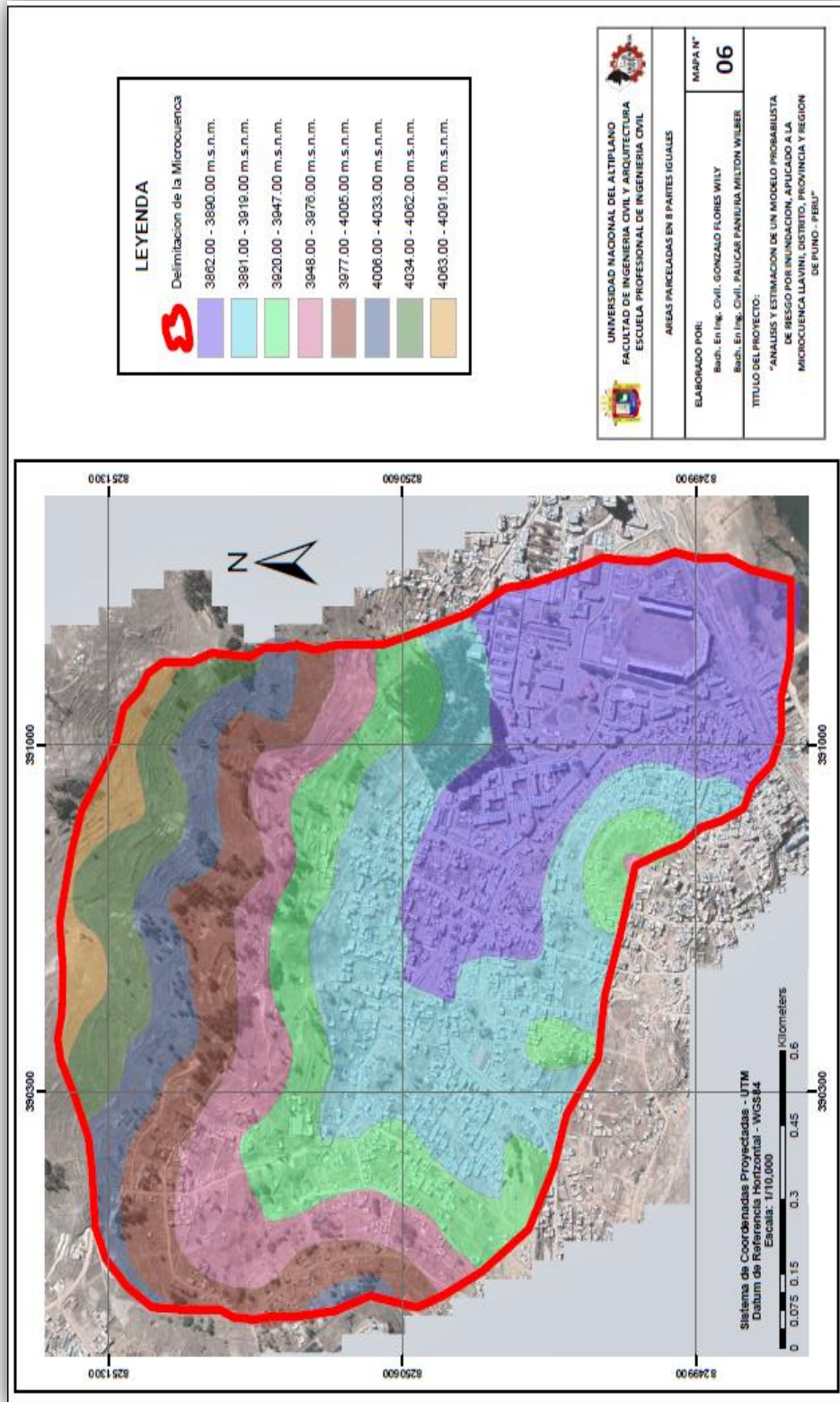


Figura N° 58: Elevaciones de la Microcuenca dividido en 8 áreas en ArGIS.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 14: Microcuenca dividido en 8 partes según las elevaciones en ArGIS

n°	Count	Área	Min	Max	Media	Sumatoria	Mayor Elev.	Menor Elev.	Elev. Media
1	108720	434880	3862.00	3890.00	3875.554	421350188	3868	3862	3875
2	102989	411956	3891.00	3919.00	3905.117	402184145	3898	3891	3905
3	67391	269564	3920.00	3947.00	3931.911	264975419	3920	3944	3931
4	53317	213268	3948.00	3976.00	3961.862	211234577	3952	3964	3962
5	50826	203304	3977.00	4005.00	3990.811	202836971	3979	3981	3991
6	35548	142192	4006.00	4033.00	4018.435	142847329	4006	4031	4018
7	28090	112360	4034.00	4062.00	4047.646	113698366	4053	4060	4048
8	14600	58400	4063.00	4091.00	4071.700	59446823	4065	4091	4071

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 15: Áreas Parciales y acumuladas para la elaboración de la curva hipsométrica

ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
			POR DEBAJO		POR ENCIMA	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
3862.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	100.00
3891.00	0.43	23.56	0.43	23.56	1.41	76.44
3920.00	0.41	22.32	0.85	45.88	1.00	54.12
3948.00	0.27	14.60	1.12	60.48	0.73	39.52
3977.00	0.21	11.55	1.33	72.03	0.52	27.97
4006.00	0.20	11.01	1.53	83.05	0.31	16.95
4034.00	0.14	7.70	1.68	90.75	0.17	9.25
4063.00	0.11	6.09	1.79	96.84	0.06	3.16
4091.00	0.06	3.16	1.85	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	1.85	100.00				

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

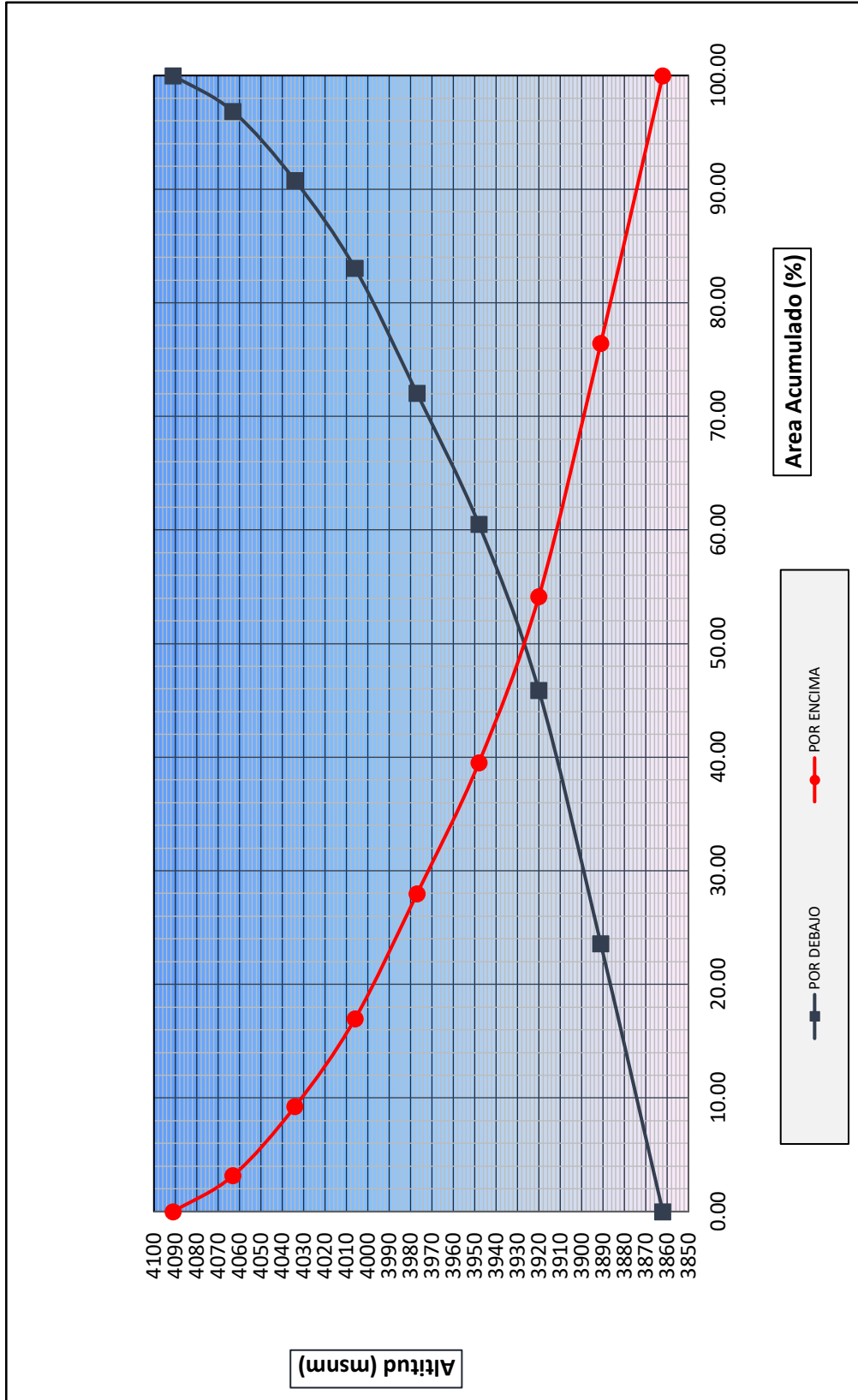


Figura N° 59: Curva Hipsométrica de la Microcuenca Llavini

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



A partir de la curva hipsométrica se puede determinar la elevación media de la Microcuenca de la Figura N° 59 calculamos la elevación media que es la intersección de las curvas hipsométricas teniendo como resultado 3,927.0 m.s.n.m.

3.4.5.2. Pendientes.

3.4.5.2.1. Pendiente de la cuenca (SC).

Analizando la Ecuación de J.W. Alvord para determinar la pendiente de la Microcuenca Llavini, respectivamente obtenemos el siguiente resultado:

Donde:

S_c : Pendiente de la cuenca (%)

D : Desnivel total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (Km)

L_{curvas} : Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (km)

A : Área de la cuenca (km^2)

$$S_c = \frac{D \times L_{curvas}}{A} \times 100 = \frac{0.005 \times 77.024}{1.84} \times 100 = 20.88 \%$$

3.4.5.2.2. Pendiente Media del Cauce Principal (SC).

Según los datos de la Tabla N°3 calculamos la pendiente del cauce principal.

Donde:

L: Longitud del cauce principal (m)

H: Diferencia de Cotas (m)

$$S_c = \frac{H}{L} = \frac{133.35}{2,357.66} * 100 = 5.66\%$$

3.4.5.2.3. Pendiente del Cauce Principal (S).

La pendiente del cauce principal varia a lo largo de la Microcuenca, es donde determinaremos según el criterio de TAYLOR y SCHWARZ. Para esto se divide el perfil del cauce en tramos iguales. Tendremos la siguiente tabla, donde se aprecia el perfil longitudinal del cauce principal de la Microcuenca Llavini.

Tabla N° 16: Datos de la Microcuenca según Criterio de TAYLOR y SCHWARZ

n°	Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0	0+000	0.00	0.00	3862.00			
1	0+100	100.00	100.00	3862.25	0.25	0.0025	20.000
2	0+200	100.00	200.00	3864.00	1.75	0.0175	0.0000
3	0+300	100.00	300.00	3868.00	4.00	0.0400	5.0000
4	0+400	100.00	400.00	3870.00	2.00	0.0200	7.0711
5	0+500	100.00	500.00	3874.00	4.00	0.0400	5.0000
6	0+600	100.00	600.00	3877.00	3.00	0.0300	5.7735
7	0+700	100.00	700.00	3878.35	1.35	0.0135	8.6066
8	0+800	100.00	800.00	3877.43	-0.92	-0.0092	0.0000
9	0+900	100.00	900.00	3877.00	-0.43	-0.0043	0.0000
10	1+000	100.00	1000.00	3880.00	3.00	0.0300	5.7735
11	1+100	100.00	1100.00	3884.00	4.00	0.0400	5.0000
12	1+200	100.00	1200.00	3893.00	9.00	0.0900	3.3333
13	1+300	100.00	1300.00	3890.97	-2.03	-0.0203	0.0000
14	1+400	100.00	1400.00	3895.00	4.03	0.0403	4.9814
15	1+500	100.00	1500.00	3898.94	3.94	0.0394	5.0355
16	1+600	100.00	1600.00	3907.00	8.06	0.0806	3.5232
17	1+700	100.00	1700.00	3916.00	9.00	0.0900	3.3333
18	1+800	100.00	1800.00	3926.00	10.00	0.1000	3.1623
19	1+900	100.00	1900.00	3935.00	9.00	0.0900	3.3333
20	2+000	100.00	2000.00	3951.00	16.00	0.1600	2.5000
21	2+100	100.00	2100.00	3962.00	11.00	0.1100	3.0151
22	2+357.66	257.66	2357.66	3995.35	33.35	0.1294	2.7796
Sumatoria							97.2217

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Según la Tabla N°8 se tiene lo siguiente:

Donde:



n: número de segmentos iguales en los que se divide el cauce principal.

$$S = \left(\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2 = \left(\frac{22}{97.2217} \right)^2 = 0.0512$$

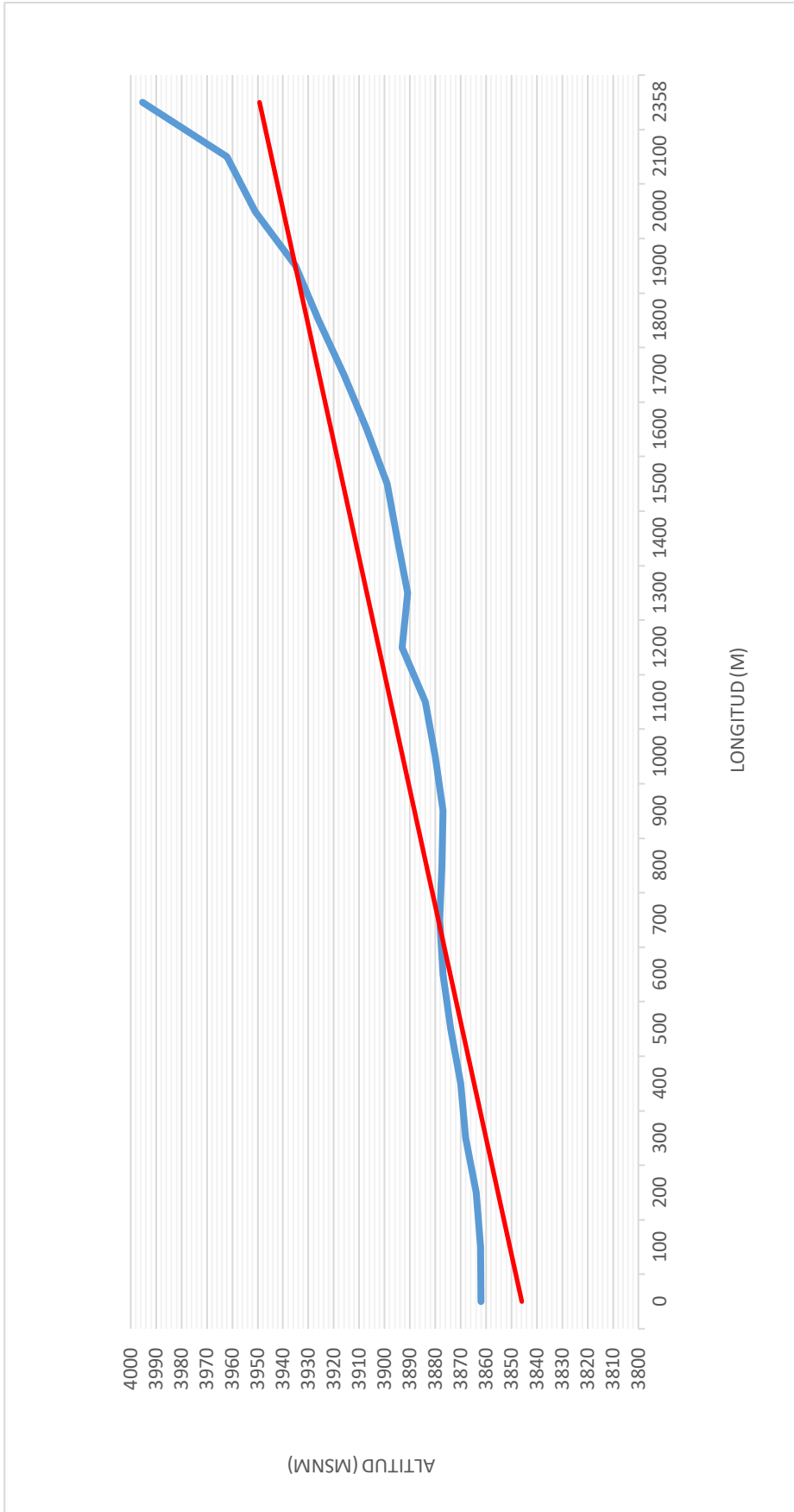


Figura N° 60: Pendiente del Cauce Principal de la Microcuenca Llavini

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

La pendiente del Cauce Principal es 5.12 % según el Criterio de Taylor y Schwarz.

Tabla N° 17: Resumen de Parámetros de la Microcuenca Llavini

Parámetros	Microcuenca Llavini
Área (km ²)	1.84 km ²
Perímetro (km)	5.52 km
Longitud del Cauce Principal (km)	2,36 km
Factor de Forma	0.410 (Adimensional)
Longitud Axial	2.12 km
Índice de Compacidad	1.146 (Adimensional)
Relación de Elongación	0.723 (Adimensional)
Pendiente Media de la Cuenca	5.66%
Pendiente De La Cuenca	20.93%
Pendiente Del Cauce Principal	5.12%
Cota Máxima del Cauce Principal	3995.35 m.s.n.m.
Cota Mínima del Cauce Principal	3962.00 m.s.n.m.
Diferencia de Cotas	133.35m
Altitud Alta (m.s.n.m.)	4091.00 m.s.n.m.
Altitud Baja (m.s.n.m.)	3962.00 m.s.n.m.
Altitud Media (m.s.n.m.)	3927.00 m.s.n.m.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.4.5.3. Tiempo de Concentración.

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú, Tenemos la formula General de Carreteras.

Donde:

T_c: Tiempo de Concentración (hrs).

L: Longitud del Cauce (km).



S: Pendiente del cauce principal (m/m)

Aplicando las Formulas según la Tabla N°17 y la pendiente del cauce principal $S=0.0512$ m/m según Taylor y Schwarz se tiene lo siguiente:

$$T_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} = 0.3 \times \left(\frac{2.36}{0.0512^{0.25}}\right)^{0.76} = 1.01 \text{ Horas}$$

Tiempo de Concentración adoptado $T_c=1.01$ Horas, convirtiendo a minutos tenemos 61 minutos.

3.5. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HÍDRICOS

3.5.1. Datos Pluviométricos del SENAMHI de la Estación Pluviométrica de Puno.

Se aprecia las siguientes tablas donde muestra los datos registrados durante un periodo de 30 años (1989 – 2018), según la estación pluviométrica de la Intercuenca 0173 del SENAMHI (Ver Anexo N° 01).

Tabla N° 18: Datos de Precipitaciones Máximas por mes y año en 24hrs. (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989	24.3	12.9	21.4	24.5	0	0.2	1.7	12.3	8.9	6	7.6	10.5
1990	23.6	6.1	16	12.6	6.5	20.4	0	6.3	7.2	20.6	13.6	13.2
1991	20.2	18.4	22	13	4.8	24.2	0	2.2	7.2	5.6	15.4	14.2
1992	9.4	16.6	9.9	24	0	0	2.3	35.8	0	7.2	9.5	12.2
1993	24	46.1	25.4	15.8	5.7	1.1	0	17.6	8	14	26	26.8
1994	26.3	27.3	24.2	15.6	29.9	0.4	0	0	9.7	17.9	15.2	9.5
1995	19.4	29	15.6	2	3.8	0	0	3	10.3	9.3	10.3	25.4
1996	36.9	18.7	16.8	20.4	0	0	2.9	4.4	0.8	8.6	18.6	18.4
1997	29.1	32.4	23.2	19.5	0.9	0	0	12.5	28.8	12.8	11.2	9.7
1998	42.9	25.7	24.1	7.1	0	4.9	0	4.3	4.5	14.7	11.7	21.3
1999	36.1	27.5	36	33.5	7.5	0	0	1.5	5.6	38.2	10.8	11.4
2000	19	31.6	13.5	22.2	0.4	1.4	3.1	8	6.2	31.4	6.6	14.9
2001	25.7	37.7	39.4	17	8.4	2.2	0	7	8.4	14	23	23.3
2002	36.1	23.7	22.8	18.7	12	9.6	12.8	18.4	4.2	18.2	11	29
2003	35.6	23.2	12.1	28	14.7	4.8	0.2	4	24.8	11.1	2.9	26.2
2004	27.8	24.7	30.4	9.2	5.4	0	3.6	25.9	12	2.1	-99.9	15.6
2005	30.1	22.2	26.8	16.9	0.4	0	0	0	3	18	24.4	17.6
2006	40.9	11.9	28.7	13	0.9	0	0	0.6	11	9.4	15.8	28.3
2007	23.8	38.8	67.2	15.7	7.2	0	2.9	1.6	13.5	40.2	11.7	11.6
2008	38.5	18	27	2.7	6.2	1.4	0.2	0.8	1.3	34.6	9.5	16.6
2009	31	16	40.2	16.2	0.4	0	1.8	0	5.2	18.4	24.2	9.9
2010	23.6	78.2	12.4	7.2	10.6	0	0	7.1	1.5	8.6	5.2	21
2011	25.4	28.2	14.8	14.2	2.6	0	5.3	0.2	17.3	15.6	13.2	20.6
2012	28.7	34	27.5	15.4	0	0.2	0	5.6	6.8	4.5	44.4	18.5
2013	16.2	28.7	32.6	7.8	7.8	6.2	0.9	4.3	7.8	11.3	24.3	41
2014	22.3	31.8	25.8	9.4	0.1	0	0.2	11	15.8	10.3	17.8	16
2015	12	25.2	21.6	15.6	0.2	0	1.8	1.8	20.4	13.4	8.3	10.8
2016	15.2	36.8	4.8	16.8	0.5	2	2.8	0	0.2	26.3	20.4	14.4
2017	55.5	25.6	38.3	11.6	10.5	1	1.6	0	20.4	29.4	11	11.4
2018	42.7	22.8	22.5	18.9	7.1	10.6	18.7	0	2.6	26.2	9.4	25

Fuente: SENAMHI 1989-2018

Procedemos a realizar tablas e histogramas según los Datos del
SENAMHI en un periodo de 30 años.



Tabla N° 19: Datos De Precipitaciones Máximas Anuales en 24hr (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Máxi mas
1989	24.3	12.9	21.4	24.5	0	0.2	1.7	12.3	8.9	6	7.6	10.5	24.50
1990	23.6	6.1	16	12.6	6.5	20.4	0	6.3	7.2	20.6	13.6	13.2	23.60
1991	20.2	18.4	22	13	4.8	24.2	0	2.2	7.2	5.6	15.4	14.2	24.20
1992	9.4	16.6	9.9	24	0	0	2.3	35.8	0	7.2	9.5	12.2	35.80
1993	24	46.1	25.4	15.8	5.7	1.1	0	17.6	8	14	26	26.8	46.10
1994	26.3	27.3	24.2	15.6	29.9	0.4	0	0	9.7	17.9	15.2	9.5	29.90
1995	19.4	29	15.6	2	3.8	0	0	3	10.3	9.3	10.3	25.4	29.00
1996	36.9	18.7	16.8	20.4	0	0	2.9	4.4	0.8	8.6	18.6	18.4	36.90
1997	29.1	32.4	23.2	19.5	0.9	0	0	12.5	28.8	12.8	11.2	9.7	32.40
1998	42.9	25.7	24.1	7.1	0	4.9	0	4.3	4.5	14.7	11.7	21.3	42.90
1999	36.1	27.5	36	33.5	7.5	0	0	1.5	5.6	38.2	10.8	11.4	38.20
2000	19	31.6	13.5	22.2	0.4	1.4	3.1	8	6.2	31.4	6.6	14.9	31.60
2001	25.7	37.7	39.4	17	8.4	2.2	0	7	8.4	14	23	23.3	39.40
2002	36.1	23.7	22.8	18.7	12	9.6	12.8	18.4	4.2	18.2	11	29	36.10
2003	35.6	23.2	12.1	28	14.7	4.8	0.2	4	24.8	11.1	2.9	26.2	35.60
2004	27.8	24.7	30.4	9.2	5.4	0	3.6	25.9	12	2.1	-99.9	15.6	30.40
2005	30.1	22.2	26.8	16.9	0.4	0	0	0	3	18	24.4	17.6	30.10
2006	40.9	11.9	28.7	13	0.9	0	0	0.6	11	9.4	15.8	28.3	40.90
2007	23.8	38.8	67.2	15.7	7.2	0	2.9	1.6	13.5	40.2	11.7	11.6	67.20
2008	38.5	18	27	2.7	6.2	1.4	0.2	0.8	1.3	34.6	9.5	16.6	38.50
2009	31	16	40.2	16.2	0.4	0	1.8	0	5.2	18.4	24.2	9.9	40.20
2010	23.6	78.2	12.4	7.2	10.6	0	0	7.1	1.5	8.6	5.2	21	78.20
2011	25.4	28.2	14.8	14.2	2.6	0	5.3	0.2	17.3	15.6	13.2	20.6	28.20
2012	28.7	34	27.5	15.4	0	0.2	0	5.6	6.8	4.5	44.4	18.5	44.40
2013	16.2	28.7	32.6	7.8	7.8	6.2	0.9	4.3	7.8	11.3	24.3	41	41.00
2014	22.3	31.8	25.8	9.4	0.1	0	0.2	11	15.8	10.3	17.8	16	31.80
2015	12	25.2	21.6	15.6	0.2	0	1.8	1.8	20.4	13.4	8.3	10.8	25.20
2016	15.2	36.8	4.8	16.8	0.5	2	2.8	0	0.2	26.3	20.4	14.4	36.80
2017	55.5	25.6	38.3	11.6	10.5	1	1.6	0	20.4	29.4	11	11.4	55.50
2018	42.7	22.8	22.5	18.9	7.1	10.6	18.7	0	2.6	26.2	9.4	25	42.70
Max	55.5 0	78.20	67.20	33.50	29.9 0	24.2 0	18.1 7	35.80	28.80	40.2 0	44.4 0	41.0 0	
Sum a	842. 3	819.8 0	743.0 0	464.5 0	154. 5	90.6 0	62.8 0	196.2	273.4	497. 9	333. 1	544. 3	
Prom	17.1 9	16.73	15.16	9.48	3.15	1.85	1.28	4.00	5.58	10.1 6	6.80	11.1 1	
Des.	10.1 9	12.94	11.91	6.96	6.32	5.97	4.05	8.46	7.34	10.1 6	22.5 3	7.45	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

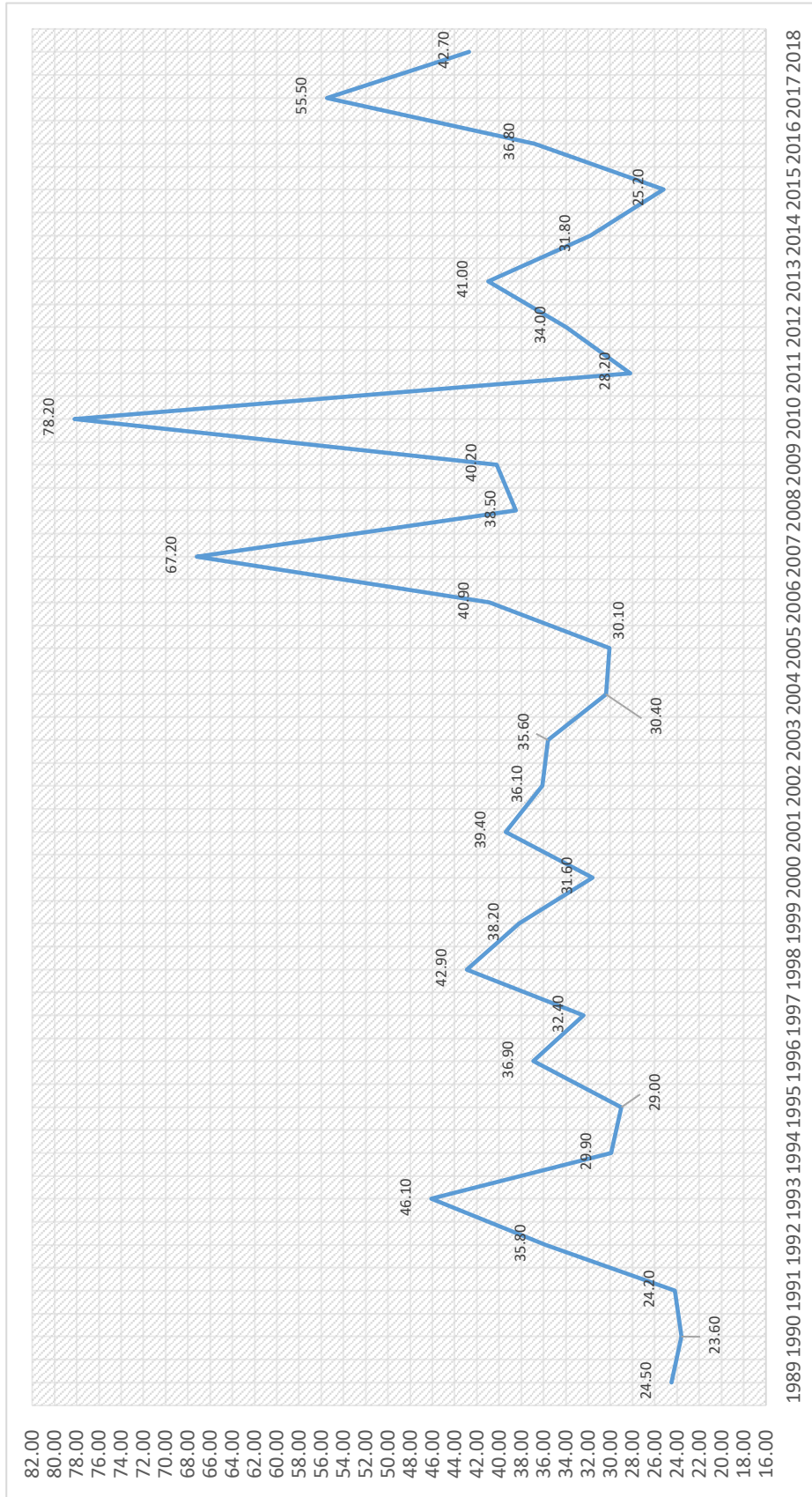


Figura N° 61: Histórico de Precipitaciones Máximas Anuales

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 20: Datos Acumulados y el Promedio Anual De Precip. Máximas en 24hr (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ACUM	Promedio
1989	24.3	12.9	21.4	24.5	-	0.2	1.7	12.3	8.9	6.0	7.6	10.5	130.3	169.57
1990	23.6	6.1	16.0	12.6	6.5	20.4	-	6.3	7.2	20.6	13.6	13.2	146.1	
1991	20.2	18.4	22.0	13.0	4.8	24.2	-	2.2	7.2	5.6	15.4	14.2	147.2	
1992	9.4	16.6	9.9	24.0	-	-	2.3	35.8	-	7.2	9.5	12.2	126.9	
1993	24.0	46.1	25.4	15.8	5.7	1.1	-	17.6	8.0	14.0	26.0	26.8	210.5	
1994	26.3	27.3	24.2	15.6	29.9	0.4	-	-	9.7	17.9	15.2	9.5	176.0	
1995	19.4	29.0	15.6	2.0	3.8	-	-	3.0	10.3	9.3	10.3	25.4	128.1	
1996	36.9	18.7	16.8	20.4	-	-	2.9	4.4	0.8	8.6	18.6	18.4	146.5	
1997	29.1	32.4	23.2	19.5	0.9	-	-	12.5	28.8	12.8	11.2	9.7	180.1	
1998	42.9	25.7	24.1	7.1	-	4.9	-	4.3	4.5	14.7	11.7	21.3	161.2	
1999	36.1	27.5	36.0	33.5	7.5	-	-	1.5	5.6	38.2	10.8	11.4	208.1	
2000	19.0	31.6	13.5	22.2	0.4	1.4	3.1	8.0	6.2	31.4	6.6	14.9	158.3	
2001	25.7	37.7	39.4	17.0	8.4	2.2	-	7.0	8.4	14.0	23.0	23.3	206.1	
2002	36.1	23.7	22.8	18.7	12.0	9.6	12.8	18.4	4.2	18.2	11.0	29.0	216.5	
2003	35.6	23.2	12.1	28.0	14.7	4.8	0.2	4.0	24.8	11.1	2.9	26.2	187.6	
2004	27.8	24.7	30.4	9.2	5.4	-	3.6	25.9	12.0	2.1	15.3	15.6	172.0	
2005	30.1	22.2	26.8	16.9	0.4	-	-	-	3.0	18.0	24.4	17.6	159.4	
2006	40.9	11.9	28.7	13.0	0.9	-	-	0.6	11.0	9.4	15.8	28.3	160.5	
2007	23.8	38.8	67.2	15.7	7.2	-	2.9	1.6	13.5	40.2	11.7	11.6	234.2	
2008	38.5	18.0	27.0	2.7	6.2	1.4	0.2	0.8	1.3	34.6	9.5	16.6	156.8	
2009	31.0	16.0	40.2	16.2	0.4	-	1.8	-	5.2	18.4	24.2	9.9	163.3	
2010	23.6	78.2	12.4	7.2	10.6	-	-	7.1	1.5	8.6	5.2	21.0	175.4	
2011	25.4	28.2	14.8	14.2	2.6	-	5.3	0.2	17.3	15.6	13.2	20.6	157.4	
2012	28.7	34.0	27.5	15.4	-	0.2	-	5.6	6.8	4.5	4.5	18.5	145.7	
2013	16.2	28.7	32.6	7.8	7.8	6.2	0.9	4.3	7.8	11.3	24.3	41.0	188.9	
2014	22.3	31.8	25.8	9.4	0.1	-	0.2	11.0	15.8	10.3	17.8	16.0	160.5	
2015	12.0	25.2	21.6	15.6	0.2	-	1.8	1.8	20.4	13.4	8.3	10.8	131.1	
2016	15.2	36.8	4.8	16.8	0.5	2.0	2.8	-	0.2	26.3	0.4	14.4	140.2	
2017	55.5	25.6	38.3	11.6	10.5	1.0	1.6	-	20.4	29.4	11.0	11.4	216.3	
2018	42.7	22.8	22.5	18.9	7.1	-	18.7	-	2.6	26.2	9.4	25.0	195.9	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos de SENAMHI

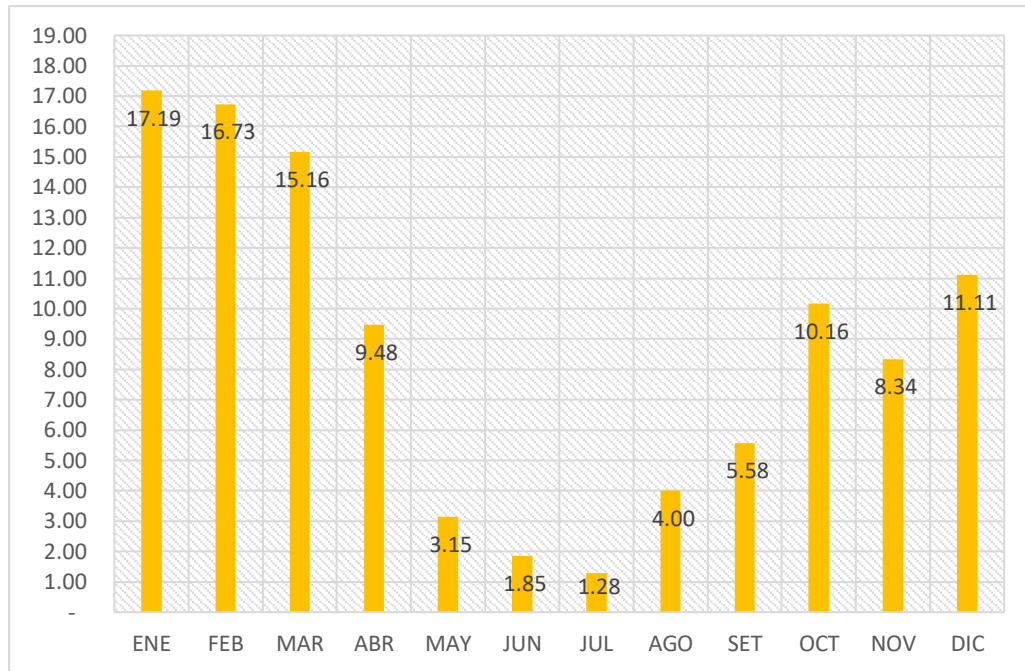


Figura N° 62: Hietograma de Precipitaciones Promedio

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

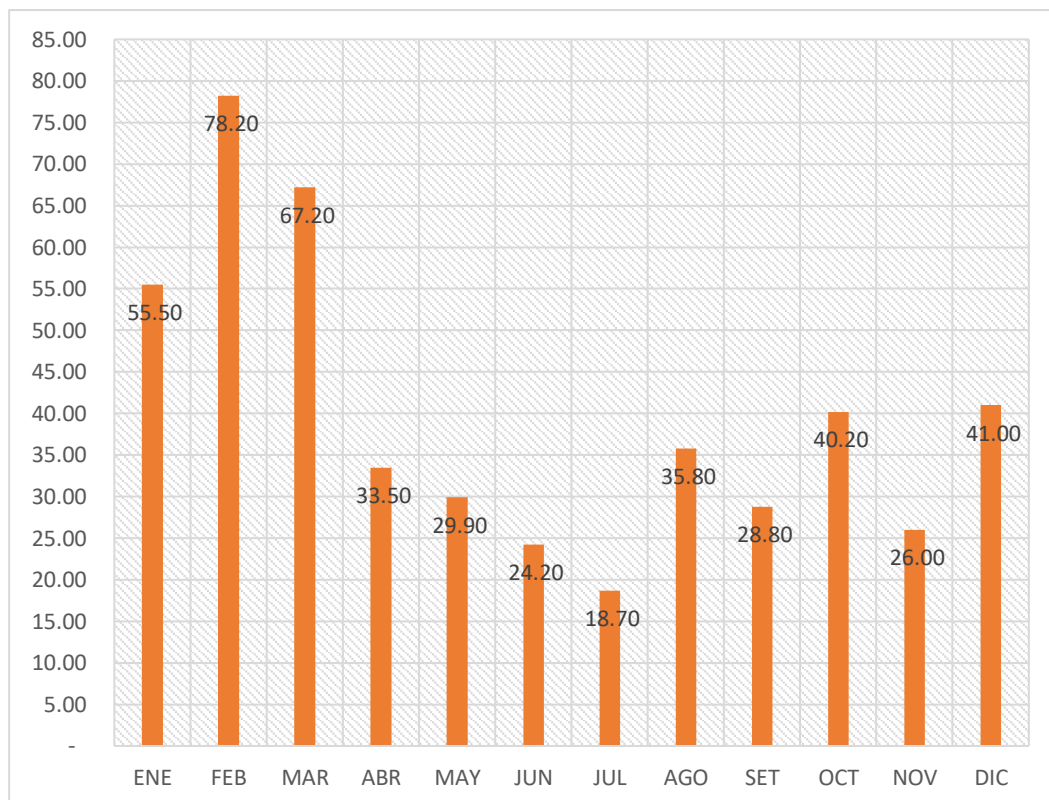


Figura N° 63: Hietograma de Precipitaciones Máximas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

Tabla N° 21: Datos de Precipitaciones Máximas, Promedio y Mínimas en 24Hr (mm)

MAXIMA	55.50	78.20	67.20	33.50	29.90	24.20	18.70	35.80	28.80	40.20	26.00	41.00
PROMEDIO 14.71 (Anual)	28.08	27.33	24.77	15.48	6.18	5.33	3.69	7.85	9.43	16.60	13.61	18.14
MINIMA	9.40	6.10	4.80	2.00	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	2.10	2.90	9.50

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

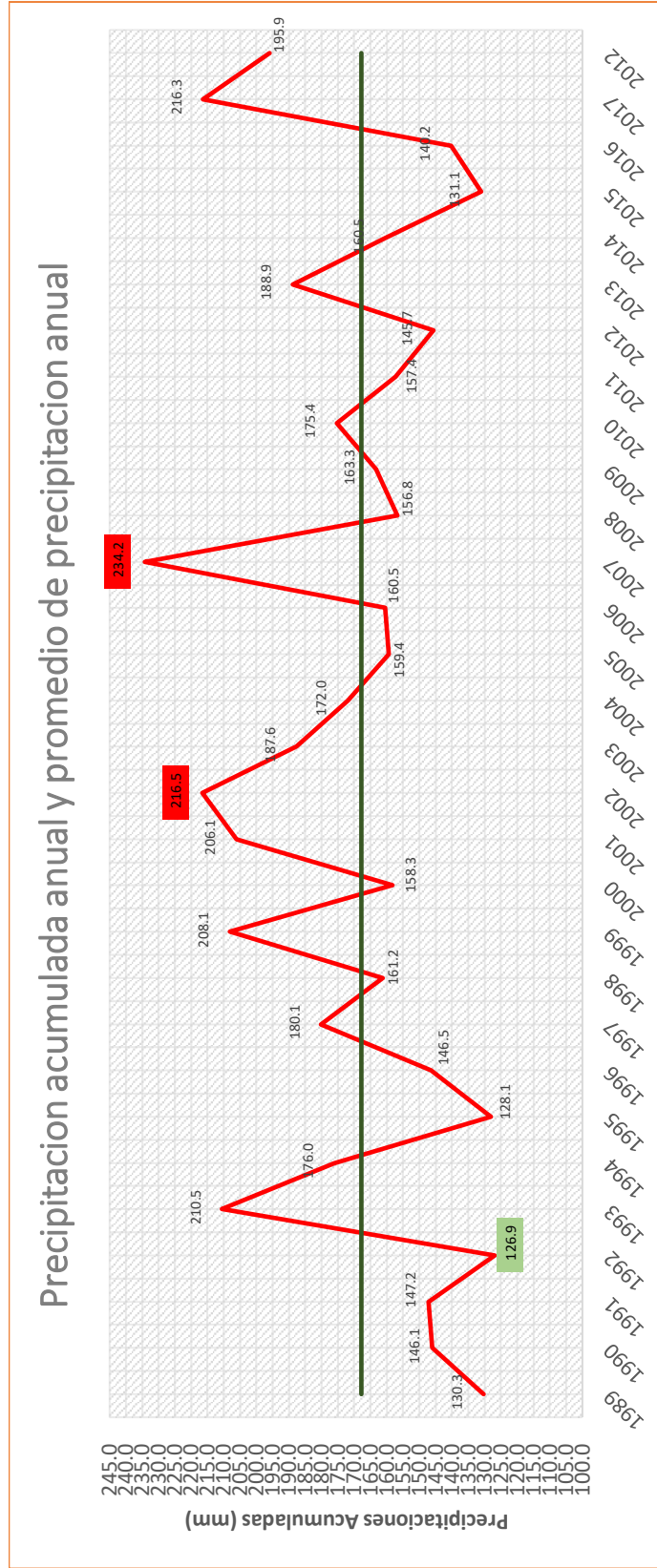


Figura N° 64: Hietograma de Precipitaciones Máximas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

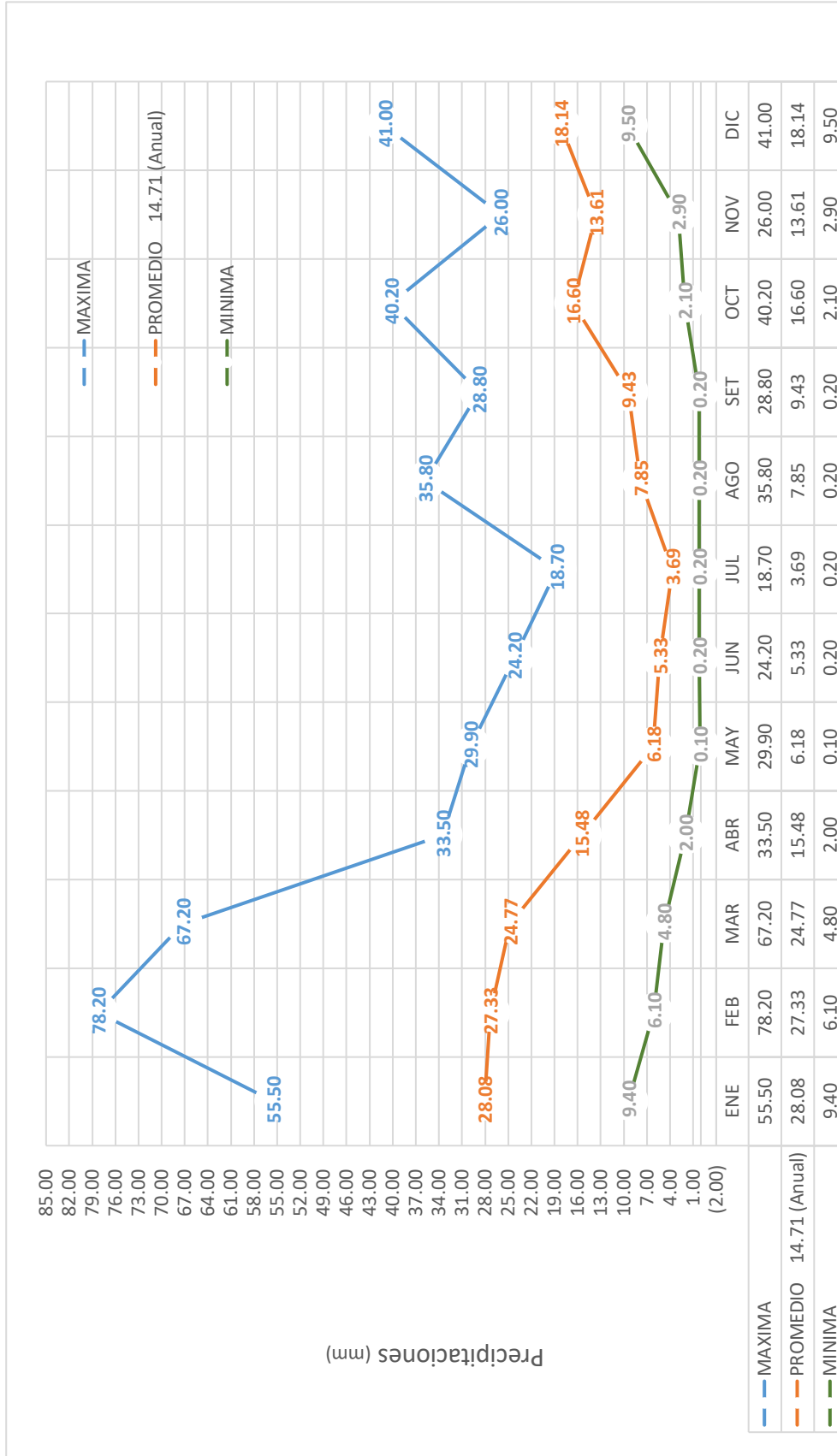


Figura N° 65: Se aprecia Máximas, promedio y Mínimas Precipitaciones (mm)

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

Tabla N° 22: Precipitaciones Máximas Históricas y Promedio Mensual

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
AÑO	2017	2010	2007	1999	1994	1991	2018	1992	1997	2007	1993	2013
Prec. Max Histórica Multianual Acumulada (mm)	55.50	78.20	67.20	33.50	29.90	24.20	18.70	35.80	28.80	40.20	26.00	41.00
Prec. Promedio Mensual Multianual	28.08	27.33	24.77	15.48	6.18	5.33	3.69	7.85	9.43	16.60	13.61	18.14

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

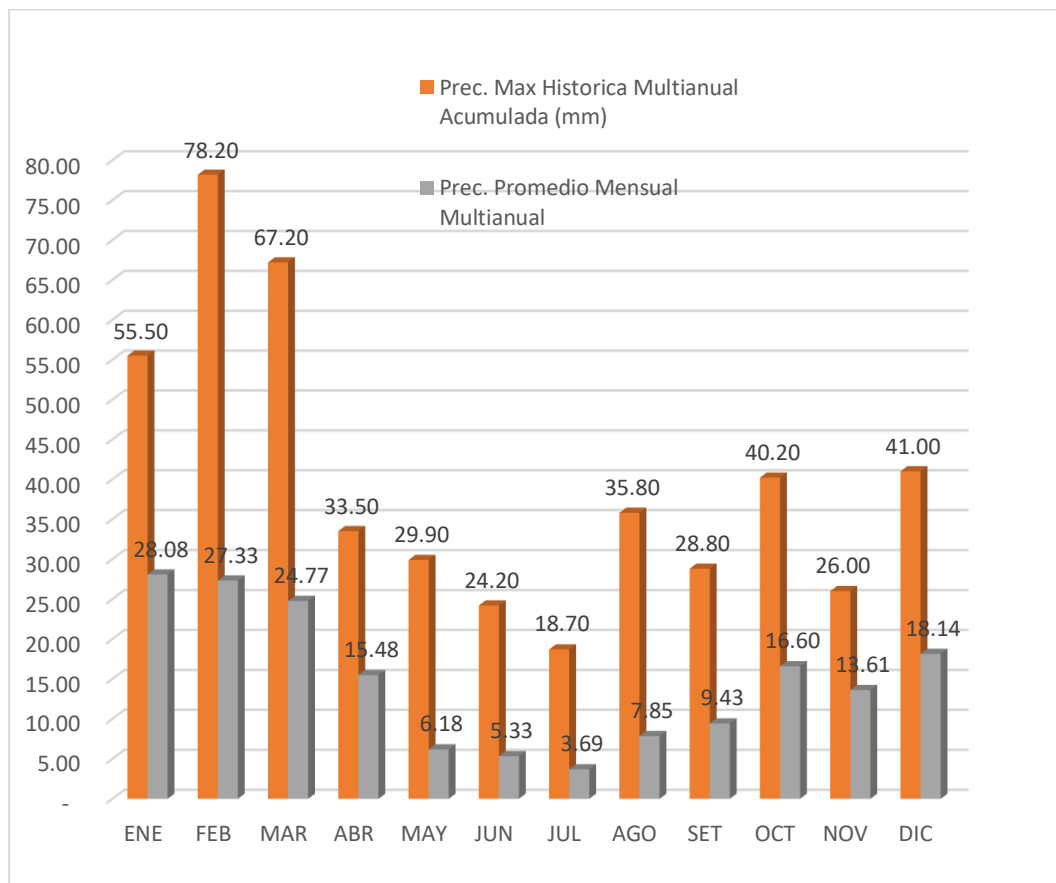


Figura N° 66: Se aprecia Precipitación promedio mensual y máximos acumulados

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI

Tabla N° 23: Se Aprecia Años de Ocurrencia, Precipitaciones Acumuladas Máximas Históricas y Promedio Mensual

	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Prec. Promedio mensual multianual (mm)	28.08	27.33	24.77	15.48	6.18	5.33	3.69	7.85	9.43	16.60	13.61	18.14
Año de Ocurrencia	2017	2010	2007	1999	1994	1991	2018	1992	1997	2007	1993	2013
Prec. Max. Acumulada	55.50	78.20	67.20	33.50	29.90	24.20	18.70	35.80	28.80	40.20	26.00	41.00
Porcentaje (%)	197.6 7	286.1 7	271.3 3	216.3 6	483.8 2	453.7 5	506.2 1	456.1 7	305.4 9	242.2 2	190.9 8	225.9 8

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

A continuación, se muestra las tablas de temperaturas mínimas y máximas.

Tabla N° 24: Se Aprecia las Temperaturas mínimas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989	2.40	1.40	3.00	-0.40	-0.80	-3.60	-4.20	-2.00	-2.40	1.40	-0.40	1.40
1990	2.40	1.80	-0.40	-0.40	-2.20	-3.40	-5.00	-3.60	-3.40	0.40	1.60	1.80
1991	2.40	2.40	1.40	1.60	-2.40	-4.60	-5.00	-4.20	-2.60	-0.40	-1.00	0.00
1992	2.00	0.60	0.60	-1.00	-1.40	-5.00	-4.60	-5.00	-2.00	-1.20	-1.40	2.00
1993	2.60	2.00	2.00	1.60	-2.40	-5.40	-4.40	-3.40	-2.00	0.00	2.00	3.40
1994	2.40	3.40	2.00	2.40	-2.00	-4.00	-5.60	-4.40	-0.80	-2.00	1.40	1.40
1995	3.00	0.80	0.60	-1.20	-2.80	-4.40	-3.80	-3.00	-0.20	-1.00	2.00	1.40
1996	2.60	4.00	0.80	1.00	-3.60	-6.00	-3.80	-1.80	-2.20	0.00	0.40	2.80
1997	1.00	0.00	2.00	-1.00	-2.20	-5.60	-3.40	-3.00	-2.80	-2.60	-0.40	2.60
1998	5.40	4.20	4.20	0.00	-3.40	-3.40	-4.80	-4.80	-4.20	0.00	-1.80	2.60
1999	3.60	4.60	3.00	2.00	-1.60	-7.00	-2.00	-2.40	-2.00	1.00	1.00	2.80
2000	4.00	2.00	3.20	0.80	-1.00	-3.80	-4.60	-5.00	-1.80	0.80	0.40	1.40
2001	3.60	4.00	1.00	0.60	-2.60	-4.00	-2.60	-2.00	-0.80	0.40	2.40	1.60
2002	2.40	4.60	4.00	2.00	-1.20	-0.60	-2.60	-1.60	0.00	2.00	2.40	2.60
2003	3.40	4.40	4.20	-0.60	-2.20	-2.80	-4.00	-2.40	-4.00	-1.00	-0.20	2.60
2004	3.40	0.80	4.00	0.60	-3.20	-3.40	-4.20	-1.80	-1.00	0.60	1.02	4.00
2005	3.00	4.00	2.40	0.60	-2.60	-4.80	-2.40	-3.60	-2.40	1.20	1.40	3.80
2006	3.80	1.80	2.20	1.20	-3.20	-3.20	-3.80	-1.80	-4.00	0.40	3.80	3.40
2007	2.80	2.80	3.60	2.60	-0.80	-1.20	-3.60	-1.80	0.80	-0.40	-0.20	1.80
2008	4.60	2.80	2.40	-2.00	-3.00	-2.60	-4.60	-3.80	-1.80	0.00	2.40	1.20
2009	2.80	2.00	2.40	0.20	-1.20	-4.80	-4.00	-4.20	-2.00	1.00	4.60	4.20
2010	5.00	4.20	4.40	1.60	-1.60	-0.40	-4.00	-2.00	-0.60	-1.40	0.00	2.60
2011	4.00	5.40	3.60	-0.20	-0.60	-3.80	-2.40	-2.40	0.40	-0.40	2.00	3.00
2012	3.60	2.40	1.60	0.80	-1.20	-2.20	-4.00	-3.00	-1.40	1.00	42.71	4.00
2013	0.30	1.10	2.40	0.10	-3.70	-7.20	-4.50	-4.40	-1.40	-2.00	2.80	2.00
2014	4.00	1.70	3.20	2.80	-3.20	-4.80	-4.40	-4.00	0.00	2.40	2.00	2.60
2015	2.00	3.00	0.40	-0.40	-3.60	-3.80	-3.00	-4.50	-0.60	1.40	0.20	1.60
2016	1.80	4.00	3.60	1.40	-1.30	-3.60	-6.00	-3.40	-0.30	-0.80	-0.80	2.00
2017	1.60	2.60	2.00	-1.50	-2.80	-3.40	-4.00	-4.60	-0.80	-1.40	-0.20	1.20
2018	3.50	2.80	3.20	-0.40	-3.80	-4.60	-3.40	-3.80	0.20	-0.40	1.20	2.20

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

Tabla N° 25: Se Aprecia las Temperaturas mínimas anuales y mensuales

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MINIMAS
1989	2.40	1.40	3.00	-0.40	-0.80	-3.60	-4.20	-2.00	-2.40	1.40	-0.40	1.40	-4.20
1990	2.40	1.80	-0.40	-0.40	-2.20	-3.40	-5.00	-3.60	-3.40	0.40	1.60	1.80	-5.00
1991	2.40	2.40	1.40	1.60	-2.40	-4.60	-5.00	-4.20	-2.60	-0.40	-1.00	0.00	-5.00
1992	2.00	0.60	0.60	-1.00	-1.40	-5.00	-4.60	-5.00	-2.00	-1.20	-1.40	2.00	-5.00
1993	2.60	2.00	2.00	1.60	-2.40	-5.40	-4.40	-3.40	-2.00	0.00	2.00	3.40	-5.40
1994	2.40	3.40	2.00	2.40	-2.00	-4.00	-5.60	-4.40	-0.80	-2.00	1.40	1.40	-5.60
1995	3.00	0.80	0.60	-1.20	-2.80	-4.40	-3.80	-3.00	-0.20	-1.00	2.00	1.40	-4.40
1996	2.60	4.00	0.80	1.00	-3.60	-6.00	-3.80	-1.80	-2.20	0.00	0.40	2.80	-6.00
1997	1.00	0.00	2.00	-1.00	-2.20	-5.60	-3.40	-3.00	-2.80	-2.60	-0.40	2.60	-5.60
1998	5.40	4.20	4.20	0.00	-3.40	-3.40	-4.80	-4.80	-4.20	0.00	-1.80	2.60	-4.80
1999	3.60	4.60	3.00	2.00	-1.60	-7.00	-2.00	-2.40	-2.00	1.00	1.00	2.80	-7.00
2000	4.00	2.00	3.20	0.80	-1.00	-3.80	-4.60	-5.00	-1.80	0.80	0.40	1.40	-5.00
2001	3.60	4.00	1.00	0.60	-2.60	-4.00	-2.60	-2.00	-0.80	0.40	2.40	1.60	-4.00
2002	2.40	4.60	4.00	2.00	-1.20	-0.60	-2.60	-1.60	0.00	2.00	2.40	2.60	-2.60
2003	3.40	4.40	4.20	-0.60	-2.20	-2.80	-4.00	-2.40	-4.00	-1.00	-0.20	2.60	-4.00
2004	3.40	0.80	4.00	0.60	-3.20	-3.40	-4.20	-1.80	-1.00	0.60	1.02	4.00	-4.20
2005	3.00	4.00	2.40	0.60	-2.60	-4.80	-2.40	-3.60	-2.40	1.20	1.40	3.80	-4.80
2006	3.80	1.80	2.20	1.20	-3.20	-3.20	-3.80	-1.80	-4.00	0.40	3.80	3.40	-4.00
2007	2.80	2.80	3.60	2.60	-0.80	-1.20	-3.60	-1.80	0.80	-0.40	-0.20	1.80	-3.60
2008	4.60	2.80	2.40	-2.00	-3.00	-2.60	-4.60	-3.80	-1.80	0.00	2.40	1.20	-4.60
2009	2.80	2.00	2.40	0.20	-1.20	-4.80	-4.00	-4.20	-2.00	1.00	4.60	4.20	-4.80
2010	5.00	4.20	4.40	1.60	-1.60	-0.40	-4.00	-2.00	-0.60	-1.40	0.00	2.60	-4.00
2011	4.00	5.40	3.60	-0.20	-0.60	-3.80	-2.40	-2.40	0.40	-0.40	2.00	3.00	-3.80
2012	3.60	2.40	1.60	0.80	-1.20	-2.20	-4.00	-3.00	-1.40	1.00	42.71	4.00	-4.00
2013	0.30	1.10	2.40	0.10	-3.70	-7.20	-4.50	-4.40	-1.40	-2.00	2.80	2.00	-7.20
2014	4.00	1.70	3.20	2.80	-3.20	-4.80	-4.40	-4.00	0.00	2.40	2.00	2.60	-4.80
2015	2.00	3.00	0.40	-0.40	-3.60	-3.80	-3.00	-4.50	-0.60	1.40	0.20	1.60	-4.50
2016	1.80	4.00	3.60	1.40	-1.30	-3.60	-6.00	-3.40	-0.30	-0.80	-0.80	2.00	-6.00
2017	1.60	2.60	2.00	-1.50	-2.80	-3.40	-4.00	-4.60	-0.80	-1.40	-0.20	1.20	-4.60
2018	3.50	2.80	3.20	-0.40	-3.80	-4.60	-3.40	-3.80	0.20	-0.40	1.20	2.20	-4.60
MINIMAS	0.30	0.00	-0.40	-2.00	-3.80	-7.20	-6.00	-5.00	-4.20	-2.60	-1.80	0.00	
MEDIA	2.98	2.72	2.43	0.49	-2.25	-3.91	-3.96	-3.26	-1.54	-0.03	2.38	2.33	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

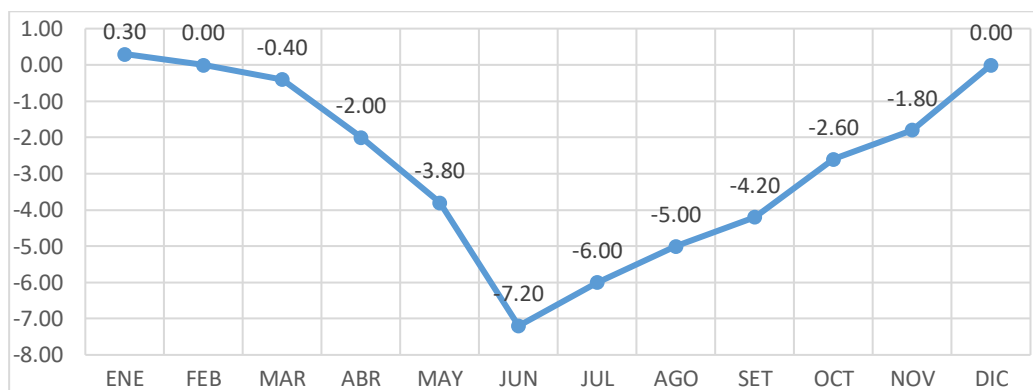


Figura N° 67: Se aprecia Histórico de Temperaturas mínimas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 26: Se Aprecia las Temperaturas máximas



AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989	17.00	16.00	16.40	16.00	14.60	16.20	15.40	15.80	18.20	18.40	18.40	19.20
1990	18.60	19.40	19.80	18.40	17.00	16.40	17.20	18.20	17.40	17.60	17.40	18.20
1991	19.00	17.60	17.80	16.80	16.00	16.00	15.80	18.80	16.80	19.80	18.00	19.00
1992	17.60	17.60	17.80	20.80	20.00	16.00	16.80	16.80	18.80	20.20	20.00	20.20
1993	16.40	17.80	16.60	16.80	18.40	17.60	17.20	18.40	19.60	19.20	20.00	19.80
1994	19.80	18.00	17.00	17.00	17.00	16.00	17.40	17.60	18.80	19.40	19.60	20.40
1995	19.40	19.00	17.00	18.80	18.40	17.00	18.20	18.80	19.40	21.00	20.00	18.00
1996	19.40	17.60	19.20	17.60	17.00	16.80	18.40	17.60	20.00	21.00	18.80	18.60
1997	18.00	15.80	16.20	16.00	16.40	16.00	17.20	17.60	18.80	20.80	21.20	22.00
1998	20.80	21.00	20.20	20.40	20.60	18.80	19.40	20.40	22.00	21.80	22.00	22.80
1999	20.80	17.20	17.40	18.40	17.40	18.00	18.40	18.20	19.80	19.80	20.20	21.20
2000	19.00	18.80	17.60	18.00	18.00	17.40	17.40	20.40	20.80	18.40	21.00	19.40
2001	16.00	17.60	16.40	16.80	17.60	16.20	16.00	16.40	18.00	19.40	20.20	20.00
2002	19.00	17.80	18.00	17.60	16.80	16.20	16.00	17.00	18.40	17.80	19.20	19.40
2003	19.80	19.00	18.00	17.00	16.40	15.80	16.80	17.20	16.60	20.20	20.40	21.40
2004	18.00	17.60	18.80	17.80	18.60	15.80	17.00	17.40	17.00	20.20	19.94	20.20
2005	19.00	17.20	18.60	17.60	19.00	16.40	17.20	19.80	19.40	20.40	19.00	20.00
2006	18.20	18.60	19.40	17.40	17.00	16.40	16.20	17.20	19.20	19.20	19.40	20.20
2007	20.60	20.20	17.00	17.40	17.00	17.00	17.20	18.00	18.00	20.40	20.40	20.00
2008	18.40	18.60	17.40	18.40	18.00	18.40	17.40	18.40	18.60	20.20	20.00	19.20
2009	18.00	18.00	18.00	18.00	18.40	17.60	18.60	18.00	20.40	20.80	20.20	19.80
2010	19.20	19.60	19.60	19.20	18.00	18.40	20.20	19.80	21.40	20.60	21.60	21.00
2011	20.20	18.00	17.40	17.00	16.40	18.80	18.00	19.80	20.00	21.00	21.60	21.60
2012	18.40	17.20	18.00	16.40	18.20	18.00	17.40	17.60	17.80	19.20	14.08	16.60
2013	15.60	16.40	16.20	16.80	16.00	15.70	17.40	19.00	18.80	20.40	19.40	19.40
2014	18.40	17.80	16.20	16.80	16.00	17.40	15.10	19.00	16.40	19.00	19.80	18.20
2015	16.80	15.00	16.20	15.20	16.00	16.40	15.30	15.20	15.80	18.00	19.00	16.80
2016	16.40	16.00	15.20	17.80	15.40	15.40	15.40	16.00	17.60	16.20	18.60	17.00
2017	15.40	17.00	16.40	15.80	16.20	15.00	15.20	18.40	16.60	17.80	17.00	17.40
2018	18.40	17.80	16.80	18.40	16.80	14.80	16.00	19.00	17.00	17.40	18.50	18.40

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

Tabla N° 27: Se Aprecia las Temperaturas máximas mensuales y anuales.



AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MA X
1989	17	16	16.4	16	14.6	16.2	15.4	15.8	18.2	18.4	18.4	19.2	19.2
1990	18.6	19.4	19.8	18.4	17	16.4	17.2	18.2	17.4	17.6	17.4	18.2	19.8
1991	19	17.6	17.8	16.8	16	16	15.8	18.8	16.8	19.8	18	19	19.8
1992	17.6	17.6	17.8	20.8	20	16	16.8	16.8	18.8	20.2	20	20.2	20.8
1993	16.4	17.8	16.6	16.8	18.4	17.6	17.2	18.4	19.6	19.2	20	19.8	20
1994	19.8	18	17	17	17	16	17.4	17.6	18.8	19.4	19.6	20.4	20.4
1995	19.4	19	17	18.8	18.4	17	18.2	18.8	19.4	21	20	18	21
1996	19.4	17.6	19.2	17.6	17	16.8	18.4	17.6	20	21	18.8	18.6	21
1997	18	15.8	16.2	16	16.4	16	17.2	17.6	18.8	20.8	21.2	22	22
1998	20.8	21	20.2	20.4	20.6	18.8	19.4	20.4	22	21.8	22	22.8	22.8
1999	20.8	17.2	17.4	18.4	17.4	18	18.4	18.2	19.8	19.8	20.2	21.2	21.2
2000	19	18.8	17.6	18	18	17.4	17.4	20.4	20.8	18.4	21	19.4	21
2001	16	17.6	16.4	16.8	17.6	16.2	16	16.4	18	19.4	20.2	20	20.2
2002	19	17.8	18	17.6	16.8	16.2	16	17	18.4	17.8	19.2	19.4	19.4
2003	19.8	19	18	17	16.4	15.8	16.8	17.2	16.6	20.2	20.4	21.4	21.4
2004	18	17.6	18.8	17.8	18.6	15.8	17	17.4	17	20.2	19.93	20.2	20.2
2005	19	17.2	18.6	17.6	19	16.4	17.2	19.8	19.4	20.4	19	20	20.4
2006	18.2	18.6	19.4	17.4	17	16.4	16.2	17.2	19.2	19.2	19.4	20.2	20.2
2007	20.6	20.2	17	17.4	17	17	17.2	18	18	20.4	20.4	20	20.6
2008	18.4	18.6	17.4	18.4	18	18.4	17.4	18.4	18.6	20.2	20	19.2	20.2
2009	18	18	18	18	18.4	17.6	18.6	18	20.4	20.8	20.2	19.8	20.8
2010	19.2	19.6	19.6	19.2	18	18.4	20.2	19.8	21.4	20.6	21.6	21	21.6
2011	20.2	18	17.4	17	16.4	18.8	18	19.8	20	21	21.6	21.6	21.6
2012	18.4	17.2	18	16.4	18.2	18	17.4	17.6	17.8	19.2	14.08	16.6	19.2
2013	15.6	16.4	16.2	16.8	16	15.7	17.4	19	18.8	20.4	19.4	19.4	20.4
2014	18.4	17.8	16.2	16.8	16	17.4	15.1	19	16.4	19	19.8	18.2	19.8
2015	16.8	15	16.2	15.2	16	16.4	15.3	15.2	15.8	18	19	16.8	19
2016	16.4	16	15.2	17.8	15.4	15.4	15.4	16	17.6	16.2	18.6	17	18.6
2017	15.4	17	16.4	15.8	16.2	15	15.2	18.4	16.6	17.8	17	17.4	18.4
2018	18.4	17.8	16.8	18.4	16.8	14.8	16	19	17	17.4	18.5	18.4	19
MAX.	20.8	21	20.2	20.8	20.6	18.8	20.2	20.4	22	21.8	22	22.8	
MEDIA	18.38	17.84	17.55	17.54	17.28	16.73	17.04	18.06	18.58	19.52	19.50	19.51	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

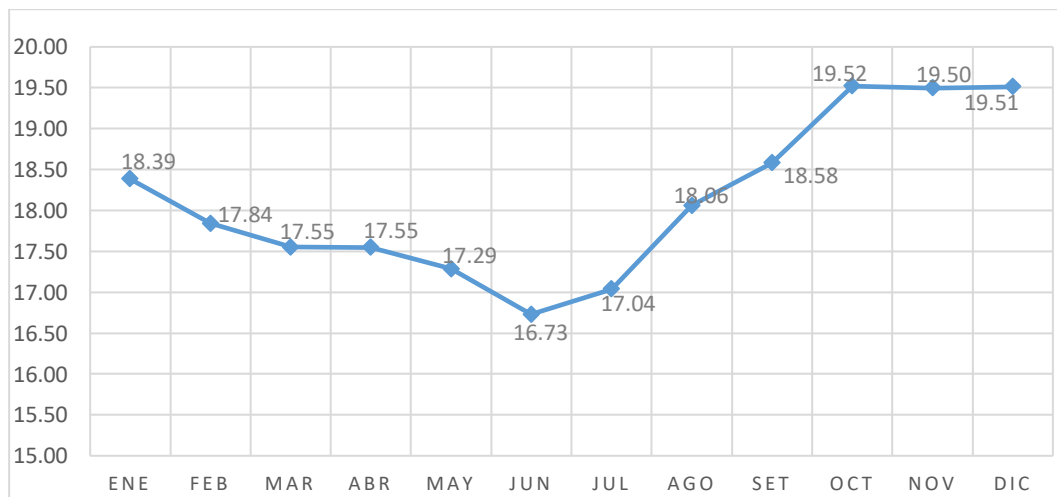


Figura N° 68: Se aprecia Histórico de Temperaturas medias mensuales
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.5.2. Análisis de Consistencia para Precipitaciones Máximas.

Antes de iniciar a procesar la información meteorológica disponible se realizará un análisis de consistencia para verificar si los datos obtenidos de la Estación pluviométrica distrito de puno son confiables.

3.5.2.1. Evaluación Grafica de datos.

Para la evaluación de datos se tendrá las precipitaciones máximas en la siguiente tabla dividido en dos grupos para realizar la comparación del análisis de consistencia.

Tabla N° 28: Precipitaciones Máximas en 24hr (mm).

AÑO	Mes Máxima Precipitación	Máximas
1989	Abril	24.50
1990	Enero	23.60
1991	Junio	24.20
1992	Agosto	35.80
1993	Febrero	46.10
1994	Mayo	29.90
1995	Febrero	29.00
1996	Enero	36.90
1997	Febrero	32.40
1998	Enero	42.90
1999	Octubre	38.20
2000	Febrero	31.60
2001	Marzo	39.40
2002	Enero	36.10
2003	Enero	35.60
2004	Marzo	30.40
2005	Enero	30.10
2006	Enero	40.90
2007	Marzo	67.20
2008	Enero	38.50
2009	Marzo	40.20
2010	Febrero	78.20
2011	Febrero	28.20
2012	Febrero	44.40
2013	Diciembre	41.00
2014	Febrero	31.80
2015	Febrero	25.20
2016	Febrero	36.80
2017	Enero	55.50
2018	Enero	42.70

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo a partir de datos del SENAMHI



Tabla N° 29: Datos 01 de Precipitaciones Máximas en 24hr (mm).

<i>n</i>	<i>AÑO</i>	<i>Mes Máxima Precipitación</i>	<i>Máximas</i>
01	1989	Abril	24.50
02	1990	Enero	23.60
03	1991	Junio	24.20
04	1992	Agosto	35.80
05	1993	Febrero	46.10
06	1994	Mayo	29.90
07	1995	Febrero	29.00
08	1996	Enero	36.90
09	1997	Febrero	32.40
10	1998	Enero	42.90
11	1999	Octubre	38.20
12	2000	Febrero	31.60
13	2001	Marzo	39.40
14	2002	Enero	36.10
15	2003	Enero	35.60

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 30: Dato 02 de Precipitaciones Máximas en 24hr (mm)

<i>n</i>	<i>AÑO</i>	<i>Mes Máxima Precipitación</i>	<i>Máximas</i>
16	2004	Marzo	30.40
17	2005	Enero	30.10
18	2006	Enero	40.90
19	2007	Marzo	67.20
20	2008	Enero	38.50
21	2009	Marzo	40.20
22	2010	Febrero	78.20
23	2011	Febrero	28.20
24	2012	Febrero	44.40
25	2013	Diciembre	41.00
26	2014	Febrero	31.80
27	2015	Febrero	25.20
28	2016	Febrero	36.80
29	2017	Enero	55.50
30	2018	Enero	42.70

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

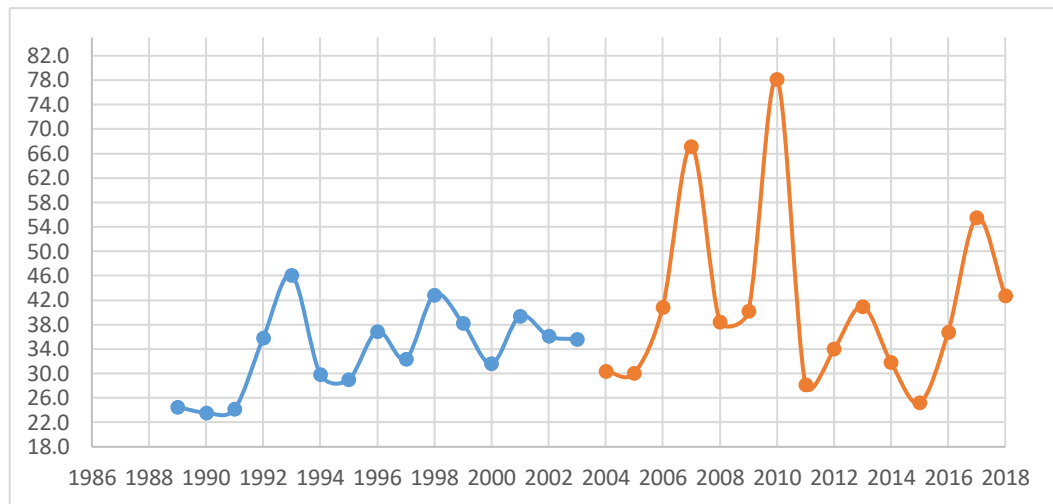


Figura N° 69: Se aprecia los Datos 01 versus Datos 02 no son consistentes

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

3.5.2.2. Evaluación Estadística de Datos.

La evaluación estadística de datos se realiza mediante tablas estadísticas con un nivel de significancia de 5%, con el número de datos se obtendrá al “T” de tablas y “F” de tablas.

Tabla N° 31: Promedio, Desviación Estándar y Varianza

	Datos 1	Datos 2
Promedio	33.7	41.4
Desv. Estandar	6.7330	14.8422
Cant. Datos	15	15
Varianza	45.33266667	220.2917143

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Según las formulas considerando que el promedio y la desviación estándar del dato 02 es mayor que del dato 01 se tiene los siguiente:

$$Sp = \left[\frac{(n1 - 1)S1^2 + (n2 - 1)S2^2}{n1 + n2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{(15 - 1)6.73^2 + (15 - 1)14.84^2}{15 + 15 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} = 11.52441714$$

$$Sd = Sp \left[\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right]^{\frac{1}{2}} = 11.524417 \left[\frac{1}{15} + \frac{1}{15} \right]^{\frac{1}{2}} = 4.208122154$$

$$tc = \frac{(X1 - X2)}{Sd} = \frac{(41.4 - 33.7)}{4.208122154} = 1.813952412$$

Escogemos la formula para el caso de; $S2^2(x) > S1^2(x)$



$$F_c = \frac{S1^2(x)}{S2^2(x)}, \text{ si } S1^2(x) > S2^2(x) \qquad F_c = \frac{S2^2(x)}{S1^2(x)}, \text{ si } S2^2(x) > S1^2(x);$$

$$F_c = \frac{220.2917143^2}{45.33266667^2} = 4.8$$

Donde:

n01 y n02: Cantidad de Datos

S1 y S2: Varianzas

tc: T.student (Teniendo en cuenta que el promedio es mayor según los datos 01 y 02)

Fc: Coeficiente de Fisher

Para el cálculo de tc y Fc de tablas se realiza mediante el Excel como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla N° 32: Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	33.74666667	41.38000000
Varianza	45.33266667	220.2917143
Observaciones	15	15
Varianza agrupada	132.8121905	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	28	
Estadístico t	-1.813952412	
P(T<=t) una cola	0.040207926	
Valor crítico de t (una cola)	1.701130934	
P(T<=t) dos colas	0.080415853	
Valor crítico de t (dos colas)	2.048407142	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 33: Prueba F para varianzas de dos muestras

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	41.38	33.74666667
Varianza	220.2917143	45.33266667
Observaciones	15	15
Grados de libertad	14	14
F	4.859447513	
P(F<=f) una cola	0.002763074	
Valor crítico para F (una cola)	2.483725741	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 34: Análisis de consistencia

	Datos 1	datos 2
Promedio	33.7	41.4
Desv. Estandar	6.7330	14.8422
Cant. Datos	15	15
Varianza	45.33266667	220.2917143
sp =	11.52441714	
sd =	4.208122154	
tc =	1.813952412	
Tt=	2.048407142	No Corregir
Fc=	4.859447513	
Ft=	2.483725741	Corregir

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Según el tabla anterior se aprecia que nuestros datos no son consistentes por la prueba Fc para varianzas de dos muestras entonces lo ajustamos a los Datos 02.

$$X'(t) = \frac{(Xt-X1)}{S1(x)} * S2(x) + X2 = \frac{(46.1-33.7)}{6.733} * 14.8422 + 41.40 = 68.6mm$$

Tabla N° 35: Corrección de Datos 01

Datos 1			Datos Corr.
NRO.	Año	Pmax	Xt
1	1989	24.5	21.0
2	1990	23.6	19.0
3	1991	24.2	20.3
4	1992	35.8	45.9
5	1993	46.1	68.6
6	1994	29.9	32.9
7	1995	29.0	30.9
8	1996	36.9	48.3
9	1997	32.4	38.4
10	1998	42.9	61.6
11	1999	38.2	51.2
12	2000	31.6	36.6
13	2001	39.4	53.8
14	2002	36.1	46.6
15	2003	35.6	45.5
Promedio			41.4
Desviación Standard			14.84223
Varianza			220.29171

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Nota: Se aprecia Promedio, Desviación Estándar y Varianza son iguales al Dato 02.

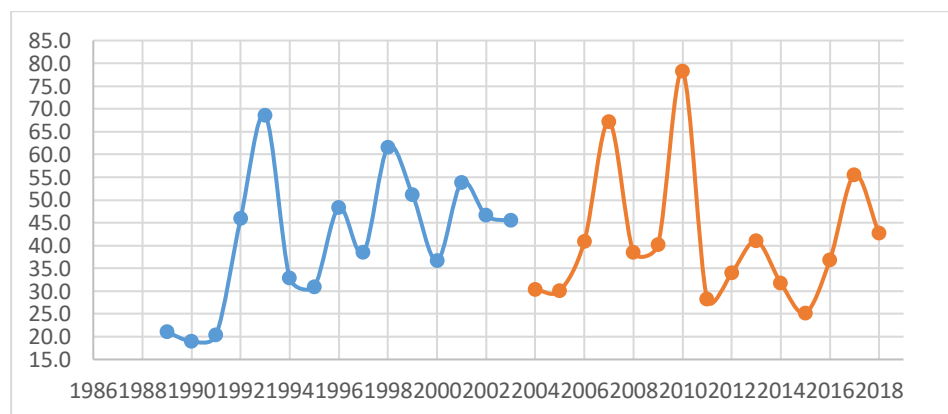


Figura N° 70: Se aprecia los Datos 01 versus Datos 02 ya son consistentes

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo /a partir de datos del SENAMHI

Realizadas ambas evaluaciones, visual y estadística, podremos ver que los datos ya son consistentes.

3.5.3. Hietogramas y Curvas I-D-F Normalizados.

3.5.3.1. *Distribuciones de Probabilidad.*

Las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas para variables hidrológicas son las siguientes:

3.5.3.1.1. *Distribución Normal o Distribución de dos Parámetros.*

a) **Función de Densidad de Probabilidad.** – La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{\frac{-1(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < \infty$$

Los dos parámetros de la distribución son la media o promedio μ y desviación estándar σ para los cuales \bar{x} (media) y s (desviación estándar) son derivados de los datos.

Donde:

μ : Media o promedio

σ : Desviación estándar de la muestra

b) **Función de Densidad de Probabilidad.** – La función de densidad está dada por:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

La distribución teórica se realiza mediante el método de Weibull:

$$P(x) = \frac{m}{n+1}$$



Si n es el total de valores y m es el rango de un valor en una lista ordenada de menor a mayor ($m=1$ para el valor menor).

Tabla N° 36: Distribución Normal de Precipitaciones Máximas

DISTRIBUCION NORMAL					
Nro. Orden	Precipitación mm	función de densidad	función de distribución de probabilidad acumulada	distribución teórica	diferencia
1	19.0	0.0084	0.0626	0.0323	0.0303
2	20.3	0.0097	0.0745	0.0645	0.0100
3	21.0	0.0103	0.0811	0.0968	0.0157
4	25.2	0.0148	0.1336	0.1290	0.0046
5	28.2	0.0182	0.1831	0.1613	0.0218
6	30.1	0.0203	0.2196	0.1935	0.0261
7	30.4	0.0206	0.2258	0.2258	0.0000
8	30.9	0.0211	0.2365	0.2581	0.0215
9	31.8	0.0220	0.2556	0.2903	0.0347
10	32.9	0.0231	0.2805	0.3226	0.0421
11	34.0	0.0241	0.3064	0.3548	0.0484
12	36.6	0.0260	0.3728	0.3871	0.0143
13	36.8	0.0260	0.3767	0.4194	0.0426
14	38.4	0.0268	0.4194	0.4516	0.0323
15	38.5	0.0268	0.4217	0.4839	0.0621
16	40.2	0.0273	0.4678	0.5161	0.0484
17	40.9	0.0273	0.4869	0.5484	0.0615
18	41.0	0.0273	0.4896	0.5806	0.0910
19	42.7	0.0272	0.5361	0.6129	0.0768
20	45.5	0.0263	0.6103	0.6452	0.0348
21	45.9	0.0261	0.6219	0.6774	0.0556
22	46.6	0.0257	0.6390	0.7097	0.0707
23	48.3	0.0244	0.6832	0.7419	0.0587
24	51.2	0.0218	0.7496	0.7742	0.0246
25	53.8	0.0190	0.8036	0.8065	0.0029
26	55.5	0.0171	0.8335	0.8387	0.0052
27	61.6	0.0105	0.9168	0.8710	0.0458
28	67.2	0.0057	0.9617	0.9032	0.0584
29	68.6	0.0048	0.9691	0.9355	0.0336
30	78.2	0.0011	0.9942	0.9677	0.0265
promedio=	41.38			Dife. Max.	0.0910
dev.standar=	14.58				

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

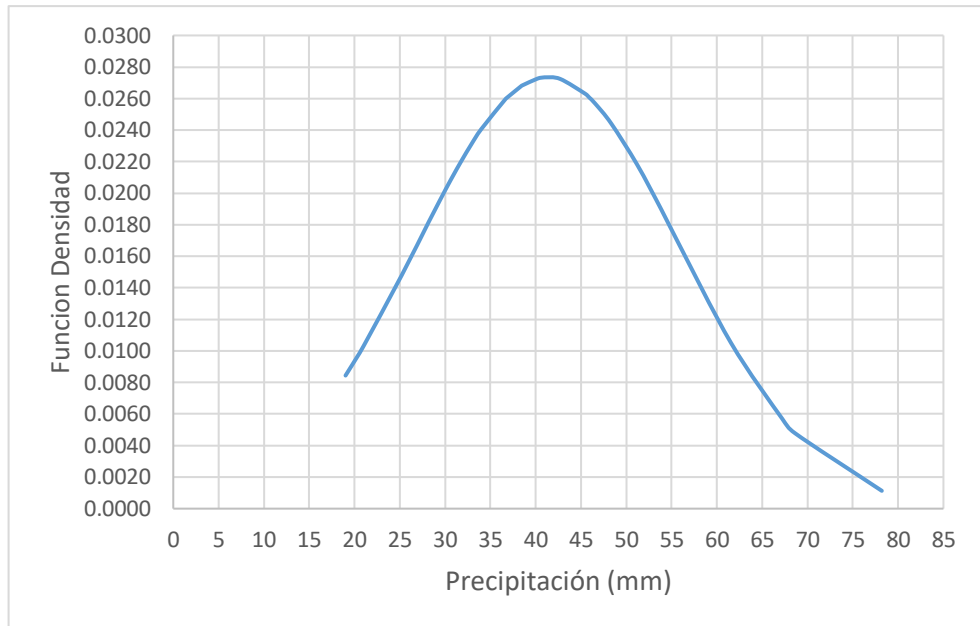


Figura N° 71: Se aprecia la función de densidad

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

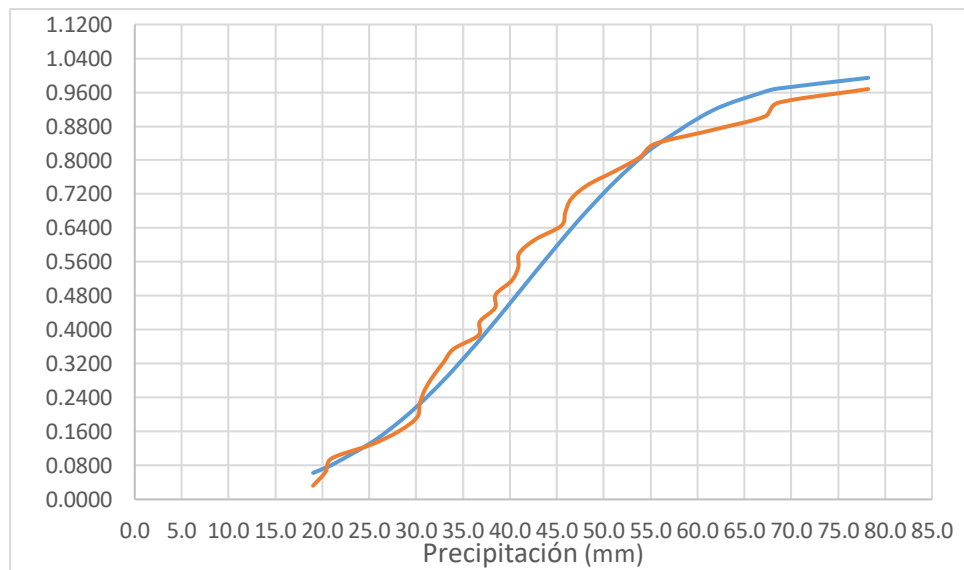


Figura N° 72: Se aprecia la función de distribución de probabilidad

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Se observa que la diferencia máxima por esta distribución es de 0.09103874.

3.5.3.1.2. Distribución Log Normal de dos Parámetros.

Si los logaritmos Y de una variable aleatoria X se distribuyen normalmente se dice que X se distribuye normalmente. Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos por ejemplo Q_{\max} , Q_{\min} , P_{\max} , P_{\min} . Tiene la ventaja que $X > 0$ y que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores.

Limitaciones: tiene solamente dos parámetros, y requiere que los logaritmos de las variables estén centrados en la media.

a) **Función de Densidad de Probabilidad.** – La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2} \right] \quad \begin{array}{l} x > 0 \\ y = \ln x \end{array}$$

Donde:

μ_y : media de los logaritmos de la población (parámetro escalar),
estimado \bar{y}

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población,
estimado s_y .

b) **Función de Distribución de Probabilidad.** – Es la integración de la función de densidad:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} dx$$

La distribución teórica se realiza mediante el método de Weibull, Los Cálculos se realizan en Excel y se muestran los resultados en la siguiente tabla.

Tabla N° 37: Distribución Normal de dos parámetros Precipitaciones Máximas

DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE DOS PARAMETROS						
Nro. Orden	Precipitación (mm)	y=ln(x)	función de densidad	función de distribución de probabilidad acumulada	distribución teórica	diferencia
1	19.0	2.9451	0.1452	0.0215	0.0323	0.0107
2	20.3	3.0124	0.2092	0.0333	0.0645	0.0312
3	21.0	3.0444	0.2458	0.0406	0.0968	0.0562
4	25.2	3.2268	0.5281	0.1095	0.1290	0.0196
5	28.2	3.3393	0.7415	0.1808	0.1613	0.0195
6	30.1	3.4045	0.8622	0.2331	0.1935	0.0396
7	30.4	3.4144	0.8796	0.2417	0.2258	0.0159
8	30.9	3.4313	0.9083	0.2568	0.2581	0.0013
9	31.8	3.4595	0.9537	0.2830	0.2903	0.0073
10	32.9	3.4935	1.0030	0.3163	0.3226	0.0062
11	34.0	3.5264	1.0439	0.3500	0.3548	0.0048
12	36.6	3.6014	1.1074	0.4310	0.3871	0.0439
13	36.8	3.6055	1.1096	0.4355	0.4194	0.0162
14	38.4	3.6484	1.1234	0.4835	0.4516	0.0318
15	38.5	3.6507	1.1236	0.4860	0.4839	0.0022
16	40.2	3.6939	1.1201	0.5346	0.5161	0.0184
17	40.9	3.7111	1.1141	0.5539	0.5484	0.0055
18	41.0	3.7136	1.1130	0.5566	0.5806	0.0241
19	42.7	3.7542	1.0879	0.6013	0.6129	0.0116
20	45.5	3.8170	1.0234	0.6677	0.6452	0.0226
21	45.9	3.8266	1.0110	0.6776	0.6774	0.0001
22	46.6	3.8409	0.9916	0.6919	0.7097	0.0178
23	48.3	3.8781	0.9358	0.7277	0.7419	0.0142
24	51.2	3.9357	0.8370	0.7788	0.7742	0.0046
25	53.8	3.9861	0.7430	0.8187	0.8065	0.0122
26	55.5	4.0164	0.6849	0.8403	0.8387	0.0016
27	61.6	4.1200	0.4907	0.9011	0.8710	0.0301
28	67.2	4.2077	0.3462	0.9376	0.9032	0.0344
29	68.6	4.2285	0.3159	0.9445	0.9355	0.0090
30	78.2	4.3593	0.1640	0.9751	0.9677	0.0074
promedio=		3.6631			diferencia mayor	0.0562
dev.standar=		0.3548285				

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

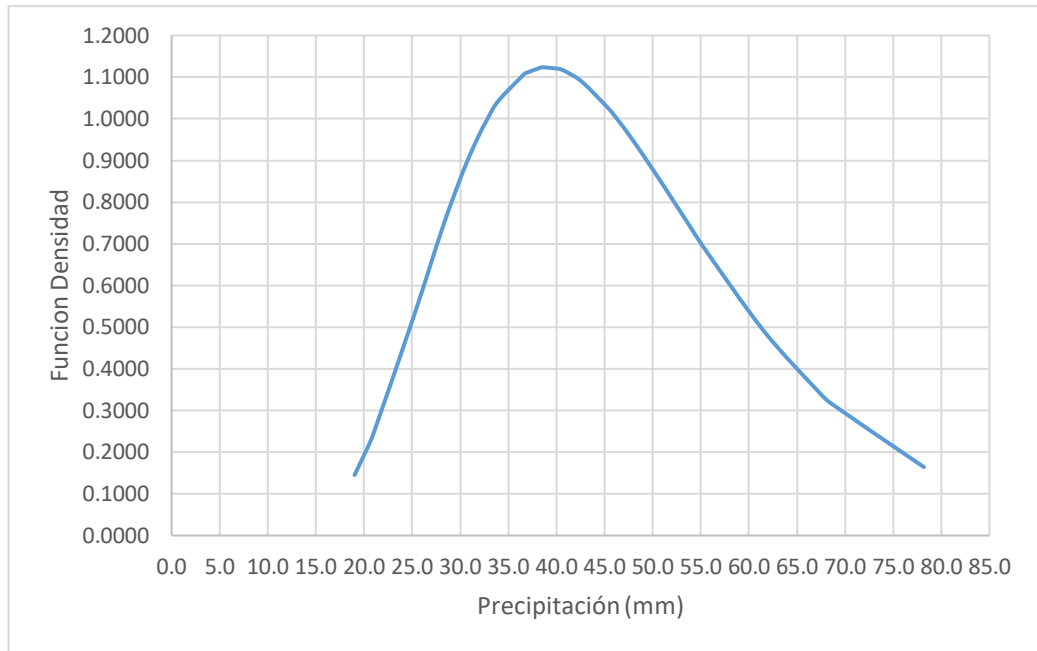


Figura N° 73: Se aprecia la función de densidad

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

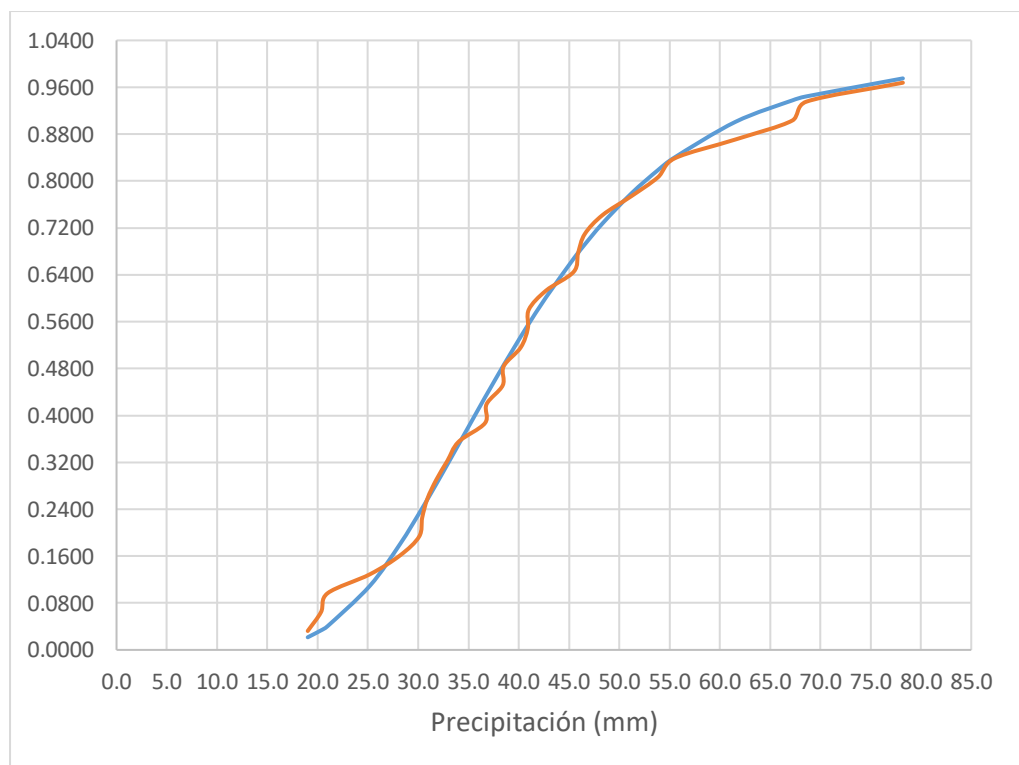


Figura N° 74: Se aprecia la función de distribución de probabilidad acumulada y teórica.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Se observa que la diferencia máxima por esta distribución es de

0.05616937.

3.5.3.1.3. Distribución Log Normal de tres Parámetros.

Esta difiere de la distribución log-normal de 2 parámetros por la introducción de un límite inferior, X_0 , tal que

a) Función de Densidad de Probabilidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(y - \mu_y)^2}{\sigma_y^2} \right] \quad x > 0$$

$$y = \ln (x - x_0)$$

$$x_0 = \frac{x_1 x_n - x_{mediana}^2}{x_1 + x_n - 2x_{mediana}}$$

Donde:

μ_y : media de los logaritmos de la población (parámetro escalar),
estimado \bar{y}

σ_y : Desviación estándar de los logaritmos de la población, estimado s_y .

X_0 : Parámetro de posición.

b) Función de Distribución de Probabilidades:

Es la integración de la función de densidad:

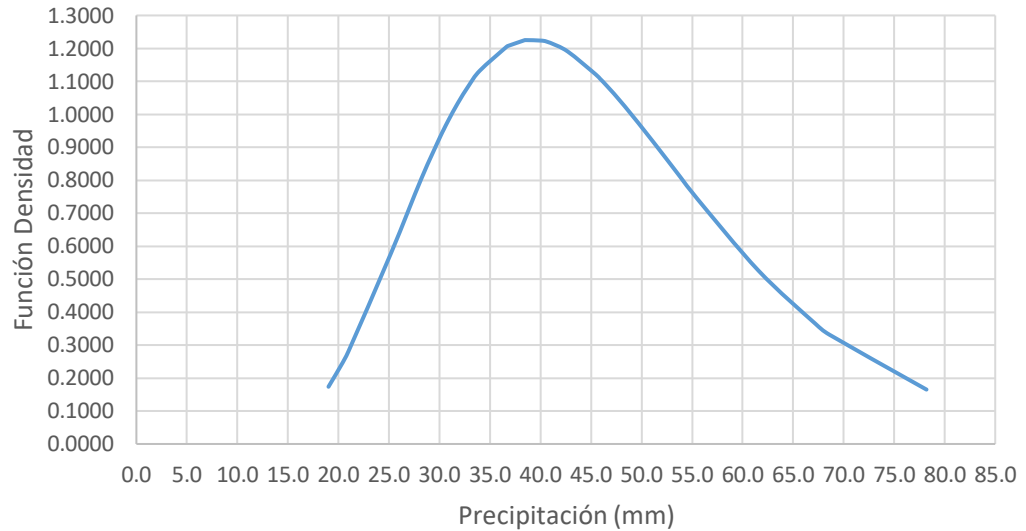
$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2} dx$$

La distribución teórica se realiza mediante el método de Weibull. Los cálculos se realizan en Excel y se muestran los resultados en la siguiente tabla.

Tabla N° 38: Distribución Normal de tres Parámetros Precipitaciones Máximas

DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE TRES PARAMETROS						
Nro. Orden	Precipitación (mm)	$y=\ln(X-X_0)$	Función de Densidad	Función de Distribución de Probabilidad Acumulada	Distribución Teórica	Diferencia
1	19.0	3.1065	0.1736	0.0240	0.0333	0.0093
2	20.3	3.1640	0.2425	0.0359	0.0667	0.0308
3	21.0	3.1916	0.2815	0.0431	0.1000	0.0569
4	25.2	3.3509	0.5788	0.1102	0.1333	0.0232
5	28.2	3.4509	0.8047	0.1792	0.1667	0.0126
6	30.1	3.5094	0.9340	0.2301	0.2000	0.0301
7	30.4	3.5184	0.9528	0.2386	0.2333	0.0052
8	30.9	3.5336	0.9839	0.2533	0.2667	0.0134
9	31.8	3.5590	1.0333	0.2790	0.3000	0.0210
10	32.9	3.5899	1.0874	0.3117	0.3333	0.0216
11	34.0	3.6198	1.1328	0.3449	0.3667	0.0217
12	36.6	3.6883	1.2051	0.4253	0.4000	0.0253
13	36.8	3.6921	1.2077	0.4299	0.4333	0.0034
14	38.4	3.7315	1.2248	0.4778	0.4667	0.0112
15	38.5	3.7336	1.2252	0.4804	0.5000	0.0196
16	40.2	3.7734	1.2234	0.5293	0.5333	0.0041
17	40.9	3.7894	1.2175	0.5487	0.5667	0.0179
18	41.0	3.7917	1.2165	0.5515	0.6000	0.0485
19	42.7	3.8293	1.1904	0.5968	0.6333	0.0365
20	45.5	3.8876	1.1210	0.6644	0.6667	0.0023
21	45.9	3.8966	1.1075	0.6744	0.7000	0.0256
22	46.6	3.9100	1.0862	0.6891	0.7333	0.0443
23	48.3	3.9447	1.0246	0.7257	0.7667	0.0409
24	51.2	3.9987	0.9148	0.7782	0.8000	0.0218
25	53.8	4.0461	0.8096	0.8190	0.8333	0.0143
26	55.5	4.0746	0.7444	0.8412	0.8667	0.0254
27	61.6	4.1727	0.5263	0.9034	0.9000	0.0034
28	67.2	4.2560	0.3648	0.9403	0.9333	0.0070
29	68.6	4.2759	0.3312	0.9472	0.9667	0.0195
30	78.2	4.4010	0.1650	0.9774	1.0000	0.0226
	mediana=	39.4			máxima diferencia	0.0569
	X₀=	-				
		3.329775038				
	promedio=	3.7496				
	desv. Stan=	0.325215199				
	Nro datos=	30				

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



*Figura N° 75: Se aprecia la función de densidad.
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo*

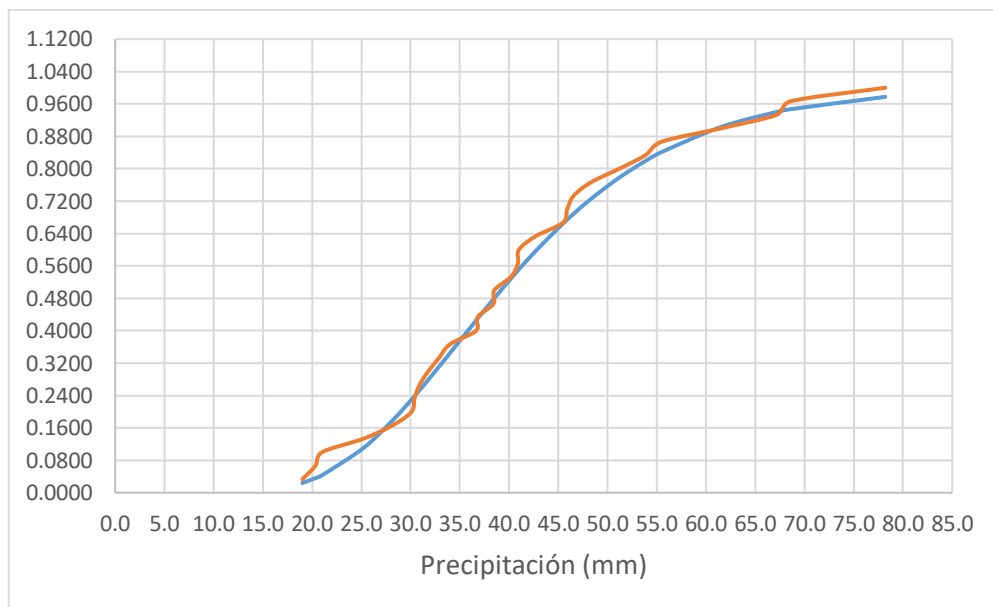


Figura N° 76: Se aprecia la función de distribución de probabilidad acumulada y teórica.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Se observa que la diferencia máxima por esta distribución es de 0.05690427.



3.5.4. Prueba de Bondad de Ajuste.

3.5.4.1. Método de la Prueba de Kolmogorov Smirnov.

Se utilizan para determinar lo bien que se ajusta un conjunto de datos a otros valores de datos esperados.

Esta prueba se utiliza para determinar si los datos de la serie se ajustan a una distribución normal, comparando dos de ellas, una proveniente de la Función de Distribución de Probabilidad obtenida con los datos y otra de la Función de la Probabilidad Teórica.

$$\Delta = \max(Po(x) - P(x))$$

Donde:

Δ : Máxima diferencia entre las funciones de Probabilidad.

$Po(x)$: Función de Distribución de Probabilidades de la muestra

$P(x)$: Función de Probabilidades teórica.

procedimiento:

- Se fija el nivel de significación $\alpha = 0.05$.
- Se determina el Nivel de significación α de la prueba; debe ser obtenido de tablas en función de α y N, donde N es el número de datos de la muestra. (Tamaño muestral), en nuestro caso se usará el Excel siendo:

$$\Delta\alpha \text{ de la prueba} = \frac{1.36}{n^{0.5}} = \frac{1.36}{30^{0.5}} = 0.24830089$$

Tabla N° 39: Resultados para las Pruebas de Bondad de Ajuste

NIVEL DE SIGNIFICACION (α)	0.05
NRO. DATOS (n)	30
NIVEL DE SIGNIFICACION ($\Delta\alpha$ de la Prueba)	0.24830089
DISTRIBUCION NORMAL (Δ)	0.09103874
DISTRIBUCION LOG NORMAL 2 PARAMETROS (Δ)	0.05616937
DISTRIBUCION LOG NORMAL 3 PARAMETROS (Δ)	0.05690427

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Condición:

Si $\Delta < \Delta\alpha$, el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \geq \Delta\alpha$, el ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

Para un nivel de significancia del 5% todos los (Δ) de las distribuciones calculadas son menores a $\Delta\alpha$ de la prueba, pero se elige el mejor ajuste, es decir la distribución log normal de 2 parámetros.

3.5.5. Precipitación Proyectada – Análisis de Frecuencia.

En los proyectos hidráulicos, se debe determinar estos eventos máximos, para lo cual se plantea la metodología de Factores de Frecuencia, para este análisis, se elige el mejor ajuste según las distribuciones de probabilidad (Distribución logarítmica de dos parámetros).

3.5.5.1. Factor de Frecuencia.

Para calcular diversas magnitudes para periodos de retorno específicos, es decir calcular un XT dado para un valor de T.

$$X_T = e^{\mu_y + K_T \sigma_y}$$

$$z = -\left[w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.01032w^2}{1 + 1.432788w + 0.18926w^2 + 0.001308w^3}\right]$$

Probabilidad de ocurrencia: $p = (1/Tr) \quad Kt = z$

Cuando: $0 < p \leq 0.5 \quad w = [\ln(\frac{1}{1-p^2})]^{1/2}$

Procedimiento: para diferentes periodos de retorno (T_R), se determina la probabilidad de ocurrencia (p), se determina el parámetro (w) y luego (K_T) y finalmente la precipitación proyectada (X_T), se toman el promedio y desviación estándar de los cálculos realizados en la distribución log normal de dos parámetros con promedio de 3.663074 y Desviación Estándar de 0.3548285. Los cálculos se realizan en Excel y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 40: Precipitación Proyectada Distribución Log. Normal de dos Parámetros.

TR	P	W	KT	precipitación proyectada
2	0.5	0.5364	1.0812	57.2099
5	0.2	0.2020	1.8625	75.4851
10	0.10	0.1003	2.1660	84.0691
25	0.04	0.0400	2.3688	90.3412
35	0.03	0.0286	2.4097	91.6610
47	0.02	0.0213	2.4362	92.5274
50	0.020	0.0200	2.4409	92.6810
100	0.010	0.0100	2.4779	93.9053
200	0.005	0.0050	2.4966	94.5320
500	0.002	0.0020	2.5079	94.9128

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.5.6. Periodo de Retorno.

“Se recomienda calcularlo a partir de la tormenta con un periodo de retorno de 25 años usando la fórmula del método racional” (Gómez et al, 2011, p.10). El periodo de retorno depende de la importancia de la estructura. Los periodos de retorno para obras de drenaje (con riesgos) con más de 100 hectáreas se recomienda 25 a 50 años de periodo de retorno (Ponce, 2014)



Por otro lado, se tienen varios factores que influyen para la determinación de un periodo de retorno como:

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 Periodo 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 (ICG, 2012, 23). El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

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

Donde:

R: Riesgo admisible

T: Periodo de retorno

n: Vida útil del proyecto

Despejando “T” se tiene:

Asumimos un riesgo admisible de 35% según la Tabla N°5, con una vida útil de 20 años, reemplazando los valores en la formula despejada de riesgo de falla admisible se tiene lo siguiente:

$$T = \frac{1}{(1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}})} = \frac{1}{(1 - (1 - 0.35)^{\frac{1}{20}})} = 46.92 \text{ Años}$$

Donde el periodo de retorno según las recomendaciones de los autores mencionados se asume un T=25años y un T=47años este último es calculado considerando la vida útil y el riesgo admisible según la formula anterior.

3.5.7. Método para el cálculo de Caudales.

Usaremos el método racional para el cálculo de nuestro caudal de diseño. “Por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km²”. (RNE, 2019, p.369).

3.5.7.1. Coeficiente de Escorrentía Ponderado (Cp).

Según el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, RNE (2019). Determinamos los coeficientes de escorrentías Ponderadas por cada zona o uso de suelo en la Microcuenca Llavini.

$$Cp = \frac{\sum Ci * Ai}{\sum Ai}$$

Donde:

$\sum Ci * Ai$: Sumatoria Coeficiente de escorrentía por el área tributaria

$\sum Ai$: Área Tributaria

Se aprecian los coeficientes de escorrentía ponderado en las siguientes

Tablas:

Tabla N° 41: Coeficiente de Escorrentía Ponderado para un T= 25 años.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Zona de Suelos Semipermeables	67.29613885	0.420	28.2643783
Zona de Viviendas	41.98549422	0.880	36.9472349
Zona de Viviendas Alejadas	32.79719731	0.460	15.0867107
Zona Universitaria	29.27599398	0.880	25.7628747
Zona Poco Permeable, Pavimentos Veredas	13.08247566	0.860	11.25092907
TOTAL	184.44	-	117.3121

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



$$Cp = \frac{\sum Ci * Ai}{\sum Ai} = \frac{117.3121}{184.44} = 0.64$$

Tabla N° 42: Coeficiente de Escorrentía Ponderado para un T= 47 años.

Descripción	Área Parcial (Ha)	Ci	Ci x Ai (Ha)
Zona de Suelos Semipermeables	67.29613885	0.446	30.04099638
Zona de Viviendas	41.98549422	0.915	38.42512431
Zona de Viviendas Alejadas	32.79719731	0.435	14.27334027
Zona Universitaria	29.27599398	0.915	26.79338969
Zona Poco Permeable, Pavimentos Veredas	13.08247566	0.895	11.71143221
TOTAL	184.44	-	121.2443

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

$$Cp = \frac{\sum Ci * Ai}{\sum Ai} = \frac{121.244}{184.44} = 0.65$$

Entonces los coeficientes de escorrentía ponderado para un periodo de retorno de 25 años es Cp=0.64 y para un periodo de retorno de 47 años es Cp= 0.65.



3.5.7.2. *Intensidad de Precipitación ILLA – SENAMHI – UNI.*

Para el cálculo de intensidades se realizará mediante ILLA SENAMHI – UNI.

3.5.7.2.1. *Método de Illa – SENAMHI – UNI.*

Para el proceso de los cálculos correspondientes a la obtención de los caudales máximos instantáneos en cada una de los sectores urbanos de interés, se ha determinado las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) del área de estudio con periodos de retorno de 5, 10, 25, 35, 47, 50, 100 y 500 años utilizando la metodología ILLA, para luego aplicar el método racional en el cálculo del caudal máximo.

Teniendo el tiempo de concentración 61 minutos procedemos a calcular las intensidades con la siguiente formula.

Para $t \leq 3$ horas

$$i(t, T) = a (1 + k \text{Log}T) * (t + b)^{n-1}$$

Dónde:

i : Intensidad de Lluvia (mm/h)

a : Parámetro de intensidad (mm)

k : Parámetro de frecuencia (adimensional).

b : Parámetro (hora).

n : Parámetro duración (adimensional)

t : Duración (hora)

T: Tiempo de retorno (años).

Según la figura N° 7 del Instituto Ítalo Latinoamericano – IILA – SENAMHI – UNI en la estación meteorológica de puno 1236, donde se determinamos los parámetros como se muestra a continuación.

Tabla N° 43: Determinación De Los Parámetros K, para la Zona 123 y Sub Zona 1236.

ZONA	K	SUB ZONA	E_g
123	0.553	123 ₁	85.0
		123 ₂	75.0
		123 ₃	100-0.022*Y
		123 ₄	70-0.019*Y
		123 ₅	24.0
		123 ₆	30.5
		123 ₇	-2+0.06*Y
		123 ₈	26.6
		123 ₉	23.3
		123 ₁₀	6+0.005*Y
		123 ₁₁	1+0.005*Y
		123 ₁₂	75.0
		123 ₁₃	70.0

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, R.N.E.

(2019).

Tabla N° 44: Determinación De Valores De Los Parámetros n y a, para la Sub Zona 1236.

SUB ZONA	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321-385	2	0.357	32.2
123 ₃	384-787-805	3	0.405	a = 37,85 - 0,0083 Y
123 ₁₃	244-193	2	0.432	
123 ₅	850-903	2	0.353	9.2
123 ₆	840-913-918 958	4	0.380	11.0
123 ₈	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0.232	14.0

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, R.N.E.

(2019).



De acuerdo a la ubicación meteorológica de puno, el valor de b es 0.4 horas (aplicado para la sierra), k es 0.553, n es 0.38 y a es 11.

Finalmente, teniendo todos los valores, procedemos a reemplazar los valores en la siguiente ecuación para obtener las curvas I-D-F por el método IILA se analizó en Excel como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla N° 45: Curvas I-D-F Según el método IILA – SENAMHI – UNI

t/T	2	5	10	25	35	47	50	100	500
2	21.55	25.61	28.69	32.76	34.25	35.56	35.83	38.91	46.05
4	20.58	24.46	27.40	31.28	32.71	33.96	34.22	37.16	43.98
6	19.72	23.44	26.25	29.97	31.34	32.54	32.79	35.60	42.14
8	18.95	22.52	25.22	28.80	30.11	31.26	31.50	34.21	40.48
10	18.25	21.69	24.29	27.74	29.00	30.11	30.34	32.94	38.99
12	17.61	20.93	23.45	26.77	27.99	29.06	29.28	31.80	37.63
14	17.03	20.24	22.68	25.89	27.07	28.10	28.32	30.75	36.39
16	16.50	19.61	21.97	25.08	26.22	27.22	27.43	29.79	35.25
18	16.01	19.03	21.31	24.33	25.44	26.41	26.62	28.90	34.20
20	15.55	18.49	20.71	23.64	24.72	25.66	25.86	28.08	33.23
22	15.13	17.98	20.14	23.00	24.04	24.96	25.16	27.31	32.33
24	14.74	17.51	19.62	22.40	23.42	24.31	24.50	26.60	31.49
26	14.37	17.08	19.13	21.84	22.83	23.71	23.89	25.94	30.70
28	14.02	16.67	18.67	21.31	22.28	23.14	23.31	25.32	29.96
30	13.70	16.28	18.24	20.82	21.77	22.60	22.78	24.73	29.27
32	13.39	15.92	17.83	20.36	21.28	22.10	22.27	24.18	28.62
34	13.10	15.58	17.45	19.92	20.83	21.62	21.79	23.66	28.00
36	12.83	15.25	17.08	19.50	20.39	21.17	21.33	23.17	27.42
38	12.57	14.94	16.74	19.11	19.98	20.75	20.91	22.70	26.87
40	12.33	14.65	16.41	18.74	19.59	20.34	20.50	22.26	26.34
42	12.09	14.38	16.10	18.38	19.22	19.96	20.11	21.84	25.84
44	11.87	14.11	15.81	18.05	18.87	19.59	19.74	21.44	25.37
46	11.66	13.86	15.53	17.73	18.53	19.24	19.39	21.05	24.92
48	11.46	13.62	15.26	17.42	18.21	18.91	19.05	20.69	24.49
50	11.27	13.39	15.00	17.13	17.91	18.59	18.73	20.34	24.07
52	11.08	13.17	14.75	16.84	17.61	18.29	18.43	20.01	23.68
54	10.90	12.96	14.52	16.58	17.33	17.99	18.13	19.69	23.30
56	10.74	12.76	14.29	16.32	17.06	17.71	17.85	19.38	22.94
58	10.57	12.57	14.08	16.07	16.80	17.44	17.58	19.09	22.59
60	10.42	12.38	13.87	15.83	16.55	17.19	17.32	18.80	22.26
61	10.26	12.20	13.67	15.60	16.31	17.06	17.07	18.53	21.93

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

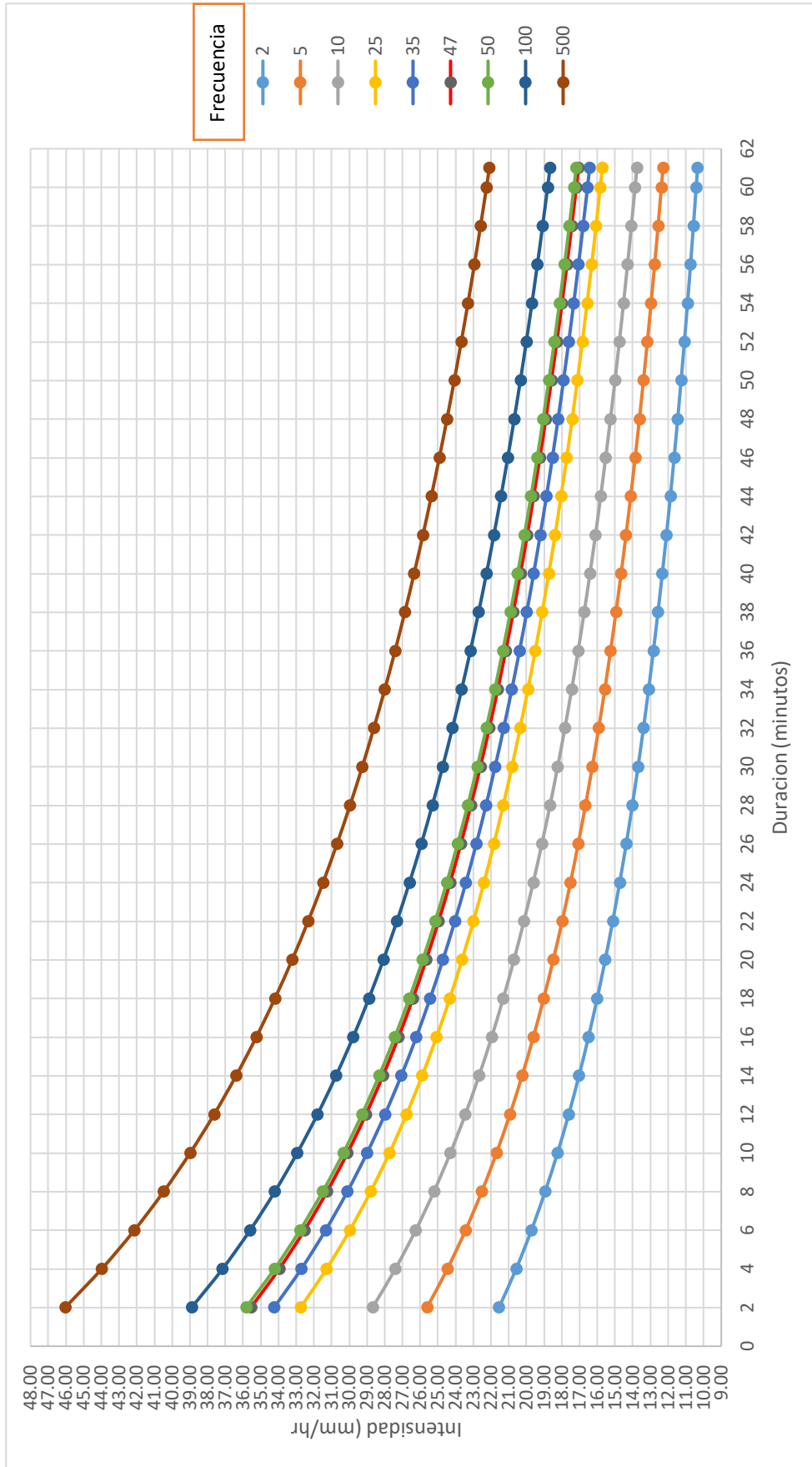


Figura N° 77: Curva Intensidad – Duración - Frecuencia.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.5.8. Normalización de curva I-D-F con el Método de Bloques Alternos.

Con el método de bloques alternos se obtiene la intensidad normalizada según el manual de hidrología para un periodo de retorno de 25 años como se aprecia en la siguiente Tabla:

Tabla N° 46: Normalización de Curvas I_D_F para un periodo de retorno de 25 años.

tiempo	intensidad (mm/hr)	precipitación (mm)	incremento de precip. (mm)		hietograma	Hietograma normalizado (mm)		de mayor a menor	precipitación (mm)	intensidad Normalizada (mm/hr)
2	32.7557	1.0919	1.0919	31	0.1462	0.8387	1	6.2638	6.2638	187.915
4	31.2847	2.0856	0.9938	29	0.3043	1.7456	2	5.7013	11.9651	179.476
6	29.9747	2.9975	0.9118	27	0.3193	1.8318	3	5.2310	17.1961	171.961
8	28.7990	3.8399	0.8424	25	0.3361	1.9283	4	4.8327	22.0288	165.216
10	27.7366	4.6228	0.7829	23	0.3551	2.0373	5	4.4914	26.5203	159.121
12	26.7709	5.3542	0.7314	21	0.3767	2.1613	6	4.1960	30.7163	153.581
14	25.8883	6.0406	0.6864	19	0.4015	2.3036	7	3.9380	34.6543	148.518
16	25.0780	6.6875	0.6469	17	0.4303	2.4685	8	3.7109	38.3652	143.869
18	24.3308	7.2992	0.6118	15	0.4640	2.6618	9	3.5096	41.8748	139.582
20	23.6390	7.8797	0.5804	13	0.5040	2.8915	10	3.3300	45.2047	135.614
22	22.9964	8.4320	0.5523	11	0.5523	3.1688	11	3.1688	48.3735	131.927
24	22.3976	8.9590	0.5270	9	0.6118	3.5096	12	3.0233	51.3968	128.492
26	21.8378	9.4630	0.5040	7	0.6864	3.9380	13	2.8915	54.2883	125.280
28	21.3132	9.9461	0.4831	5	0.7829	4.4914	14	2.7715	57.0598	122.271
30	20.8203	10.4101	0.4640	3	0.9118	5.2310	15	2.6618	59.7216	119.443
32	20.3561	10.8566	0.4464	1	1.0919	6.2638	16	2.5611	62.2828	116.780
34	19.9180	11.2868	0.4303	2	0.9938	5.7013	17	2.4685	64.7512	114.266
36	19.5037	11.7022	0.4154	4	0.8424	4.8327	18	2.3829	67.1341	111.890
38	19.1112	12.1037	0.4015	6	0.7314	4.1960	19	2.3036	69.4377	109.638
40	18.7387	12.4924	0.3887	8	0.6469	3.7109	20	2.2299	71.6676	107.501
42	18.3845	12.8692	0.3767	10	0.5804	3.3300	21	2.1613	73.8289	105.469
44	18.0474	13.2348	0.3656	12	0.5270	3.0233	22	2.0973	75.9262	103.535
46	17.7259	13.5899	0.3551	14	0.4831	2.7715	23	2.0373	77.9635	101.691
48	17.4190	13.9352	0.3453	16	0.4464	2.5611	24	1.9811	79.9447	99.930
50	17.1256	14.2714	0.3361	18	0.4154	2.3829	25	1.9283	81.8730	98.247
52	16.8448	14.5988	0.3275	20	0.3887	2.2299	26	1.8786	83.7517	96.636
54	16.5757	14.9181	0.3193	22	0.3656	2.0973	27	1.8318	85.5834	95.092
56	16.3175	15.2297	0.3116	24	0.3453	1.9811	28	1.7875	87.3709	93.611
58	16.0696	15.5340	0.3043	26	0.3275	1.8786	29	1.7456	89.1165	92.189
60	15.8313	15.8313	0.2974	28	0.3116	1.7875	30	1.7059	90.8223	90.822
61	15.7156	15.9775	0.1462	30	0.2974	1.7059	31	0.8387	91.6610	90.158
		Precipitación teórica	15.9775							
		Precipitación de diseño (T=25 años)	91.6610			91.661				

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

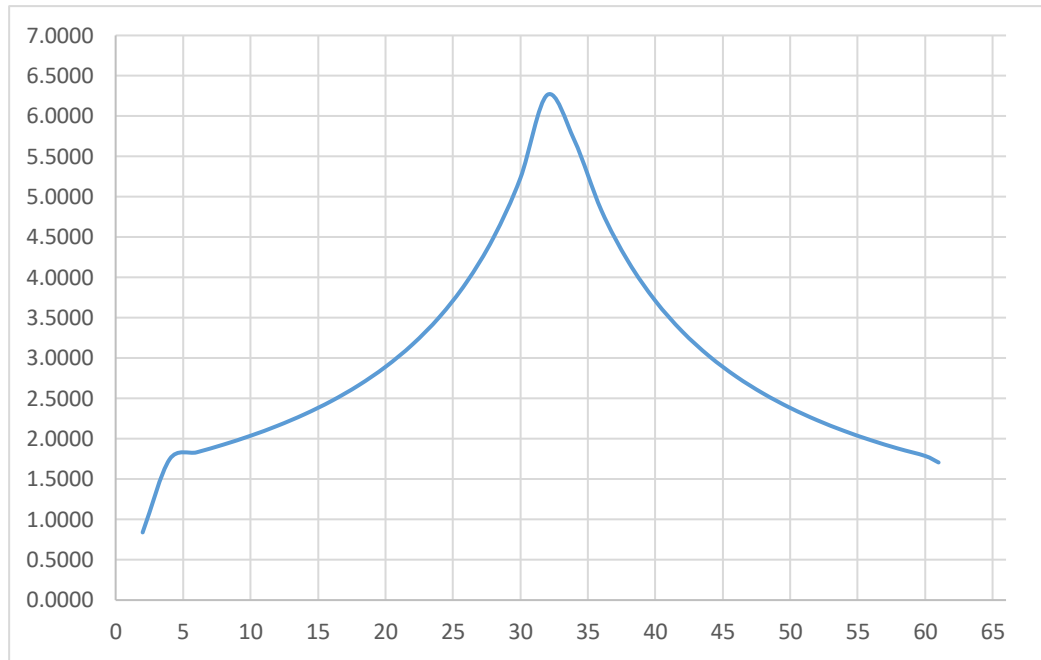


Figura N° 78: Hietograma normalizado para $T=25$ años (mm).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

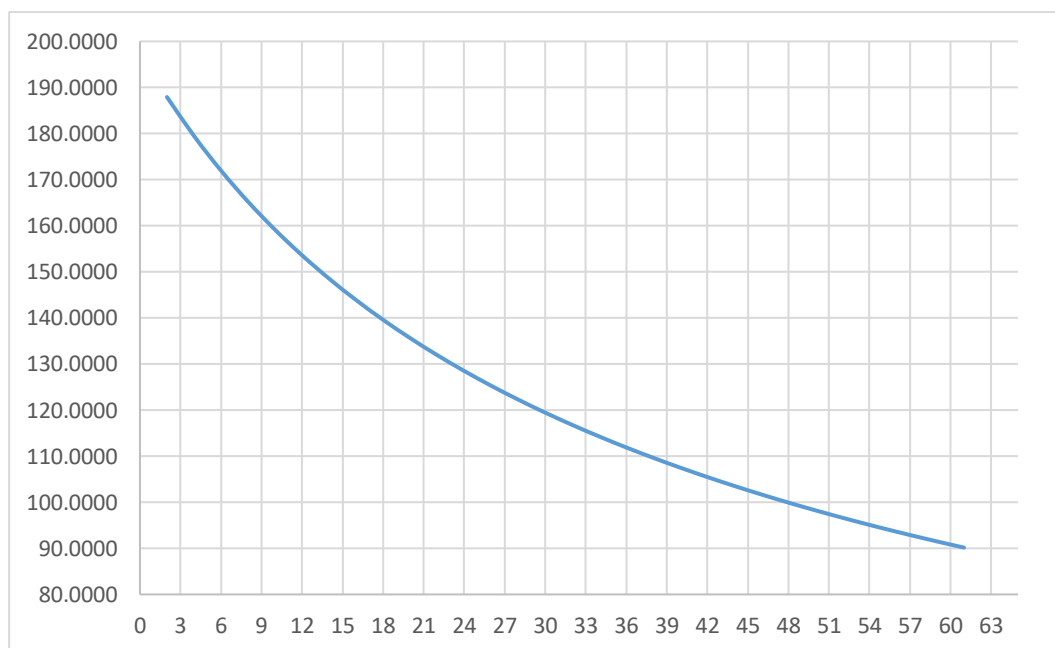


Figura N° 79: Curva de Intensidad normalizada para $T=25$ años (mm/hr).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

Con el método de bloques alternos se obtiene la intensidad normalizada según el manual de hidrología para un periodo de retorno de 47 años como se aprecia en la siguiente Tabla:

Con el método de bloques alternos se obtiene la intensidad normalizada según el manual de hidrología para un periodo de retorno de 47 años como se aprecia en la siguiente Tabla:

Tabla N° 47: Normalización de Curvas I_DF para un periodo de retorno de 47 años.

Tiempo	Intensidad (mm/hr)	Precipitación (mm)	Incremento de precip. (mm)		Hietograma	Hietograma normalizado (mm)		de mayor a menor	precipitación (mm)	intensidad Normalizada (mm/hr)
2	35.5565	1.1852	1.1852	31	0.1587	0.8466	1	6.3230	6.3230	189.691
4	33.9598	2.2640	1.0788	29	0.3303	1.7621	2	5.7551	12.0782	181.172
6	32.5378	3.2538	0.9898	27	0.3466	1.8491	3	5.2805	17.3587	173.586
8	31.2615	4.1682	0.9144	25	0.3649	1.9466	4	4.8784	22.2370	166.777
10	30.1083	5.0180	0.8498	23	0.3855	2.0566	5	4.5339	26.7709	160.625
12	29.0600	5.8120	0.7939	21	0.4090	2.1817	6	4.2357	31.0066	155.032
14	28.1020	6.5571	0.7451	19	0.4359	2.3254	7	3.9752	34.9818	149.922
16	27.2223	7.2593	0.7022	17	0.4671	2.4918	8	3.7460	38.7278	145.229
18	26.4112	7.9234	0.6641	15	0.5037	2.6870	9	3.5428	42.2706	140.901
20	25.6603	8.5534	0.6301	13	0.5471	2.9188	10	3.3614	45.6320	136.896
22	24.9628	9.1530	0.5996	11	0.5996	3.1987	11	3.1987	48.8307	133.174
24	24.3127	9.7251	0.5721	9	0.6641	3.5428	12	3.0519	51.8826	129.706
26	23.7051	10.2722	0.5471	7	0.7451	3.9752	13	2.9188	54.8014	126.464
28	23.1356	10.7966	0.5244	5	0.8498	4.5339	14	2.7977	57.5991	123.426
30	22.6005	11.3003	0.5037	3	0.9898	5.2805	15	2.6870	60.2861	120.572
32	22.0966	11.7849	0.4846	1	1.1852	6.3230	16	2.5853	62.8714	117.884
34	21.6211	12.2519	0.4671	2	1.0788	5.7551	17	2.4918	65.3632	115.346
36	21.1714	12.7028	0.4509	4	0.9144	4.8784	18	2.4054	67.7686	112.947
38	20.7453	13.1387	0.4359	6	0.7939	4.2357	19	2.3254	70.0940	110.674
40	20.3409	13.5606	0.4219	8	0.7022	3.7460	20	2.2510	72.3450	108.517
42	19.9566	13.9696	0.4090	10	0.6301	3.3614	21	2.1817	74.5267	106.466
44	19.5906	14.3664	0.3968	12	0.5721	3.0519	22	2.1171	76.6438	104.514
46	19.2416	14.7519	0.3855	14	0.5244	2.7977	23	2.0566	78.7004	102.652
48	18.9085	15.1268	0.3749	16	0.4846	2.5853	24	1.9999	80.7003	100.875
50	18.5900	15.4917	0.3649	18	0.4509	2.4054	25	1.9466	82.6469	99.176
52	18.2851	15.8471	0.3555	20	0.4219	2.2510	26	1.8964	84.5433	97.549
54	17.9930	16.1937	0.3466	22	0.3968	2.1171	27	1.8491	86.3923	95.991
56	17.7128	16.5319	0.3382	24	0.3749	1.9999	28	1.8044	88.1967	94.496
58	17.4437	16.8622	0.3303	26	0.3555	1.8964	29	1.7621	89.9588	93.060
60	17.1850	17.1850	0.3228	28	0.3382	1.8044	30	1.7220	91.6807	91.680
61	17.0594	17.3437	0.1587	30	0.3228	1.7220	31	0.8466	92.5274	91.010
Precipitación teórica		17.3437								
Precipitación de diseño (T=47 años)		92.5274								
				92.5274						

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

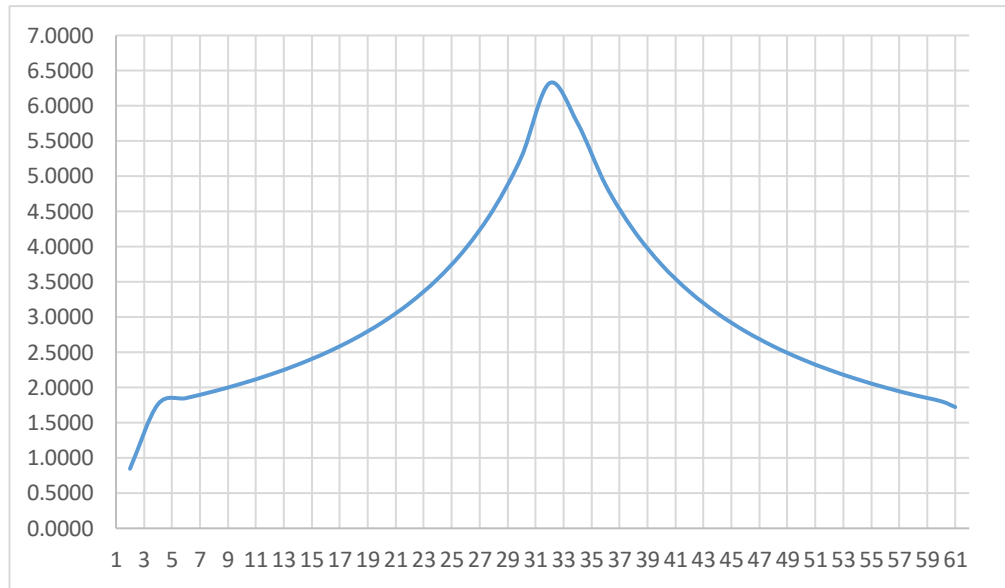


Figura N° 80: Hietograma normalizado para T=47 años (mm).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

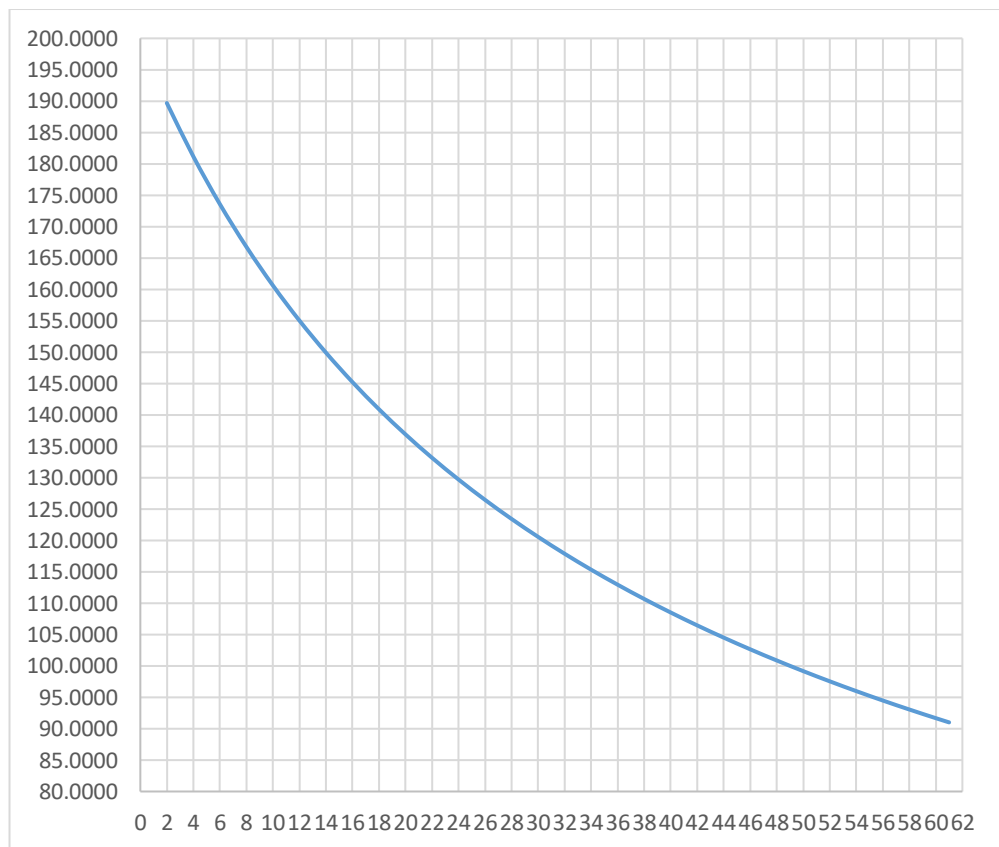


Figura N° 81: Hietograma normalizado para T=47 años (mm).

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.5.9. Método Racional.

Calculamos el caudal de diseño para 25 años de periodo de retorno, con el Coeficiente esorrentía ponderado 0.64 y la intensidad normalizada igual a 90.16 (mm/hr) y un área de la cuenca 1.84 (km²) procedemos:

$$Q = \frac{C.I.A}{360} = \frac{0.64 * 90.16 * 1.84}{360} = 29.38(m^3/s)$$

Calculamos el caudal de diseño para 47 años de periodo de retorno, con el Coeficiente esorrentía ponderado 0.65 y la intensidad normalizada igual a 91.01 (mm/hr) y un área de la cuenca 1.84 (km²) procedemos:

$$Q = \frac{C.I.A}{360} = \frac{0.65 * 91.01 * 1.84}{360} = 30.31(m^3/s)$$

Para el modelamiento hidráulico de inundación pluvial con Iber asumimos el caudal mayor que es 30.31m³/s.

3.6. MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN CON IBER

3.6.1. Pre – Proceso.

El Pre-Proceso es la parte donde se analiza varios parámetros como; Uso del Suelo, Imagen Raster (DEM), La Rugosidad, así como parámetros de la cuenca que ya fueron determinados y el Caudal de Diseño igual a 31.08m³/s para 47 años de Periodo de Retorno.

a. Teniendo listo el Raster (DEM en Formato Tif) georreferenciado con 8 puntos de control de la zona de estudio, que fue obtenido del Proceso con el Programa Agisoft Photoscan 1.4.3, Previamente trabajado en ArcGIS el MDE (Modelo Digital de Elevación), La Rugosidad, Uso de Suelo Exportados en Formato ASCII y las Celdas de Topografía 1x1m para tener la precisión adecuada para buenos resultados. Teniendo los archivos empezamos a crear un nuevo proyecto en IBER 2.4.3.

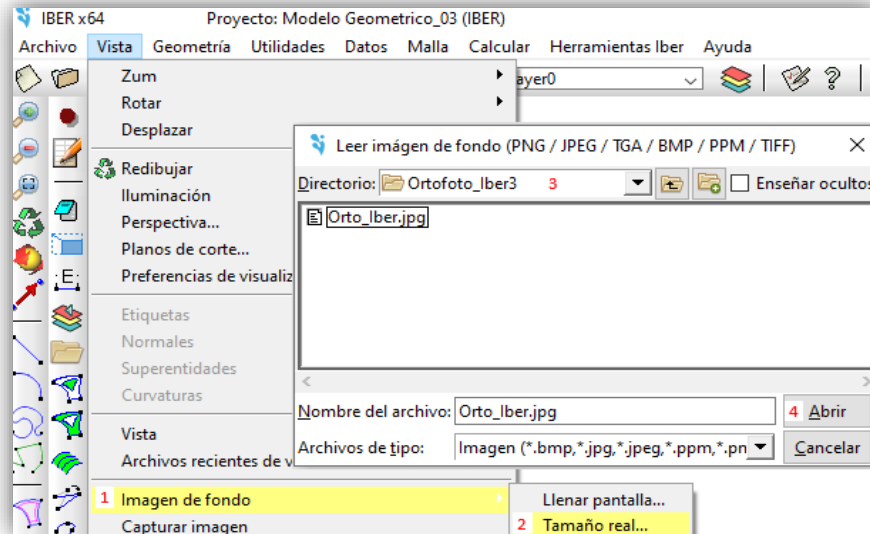


Figura N° 82: Se Aprecia la Importación de la Orto foto a IBER

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

b. Creamos la malla según lo exportado del ArcGIS, nos vamos herramientas IBER y seguimos los pasos según la imagen.

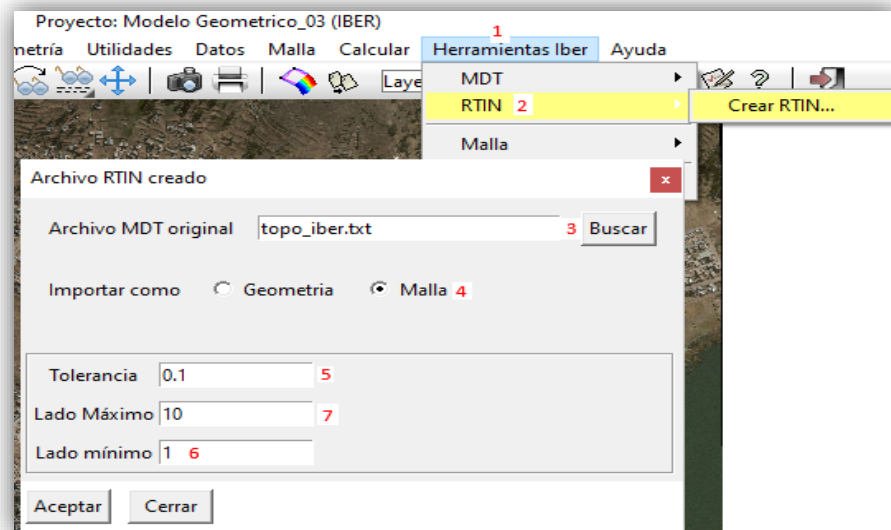


Figura N° 83: Se Aprecia la Creación de malla según la topografía exportada del ArcGIS con tamaño de celdas 1x1m

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

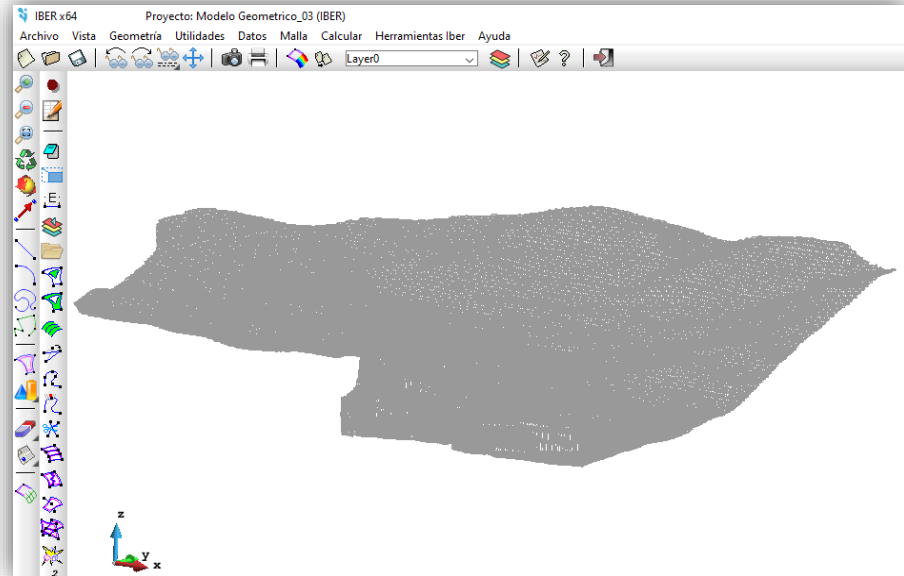


Figura N° 84: Se Aprecia el mallado según la topografía del DEM

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

- c. Importamos Los Archivos Exportados del ArcGIS y Creamos diferentes Usos de Suelo en el programa IBER.

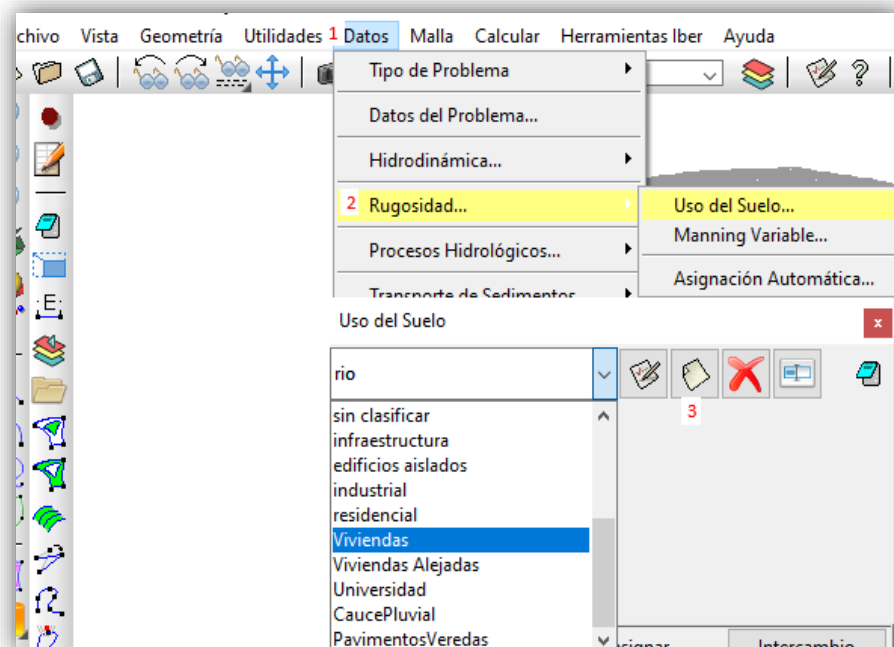


Figura N° 85: Se Aprecia los diferentes tipos de suelos con coeficientes manning IBER

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

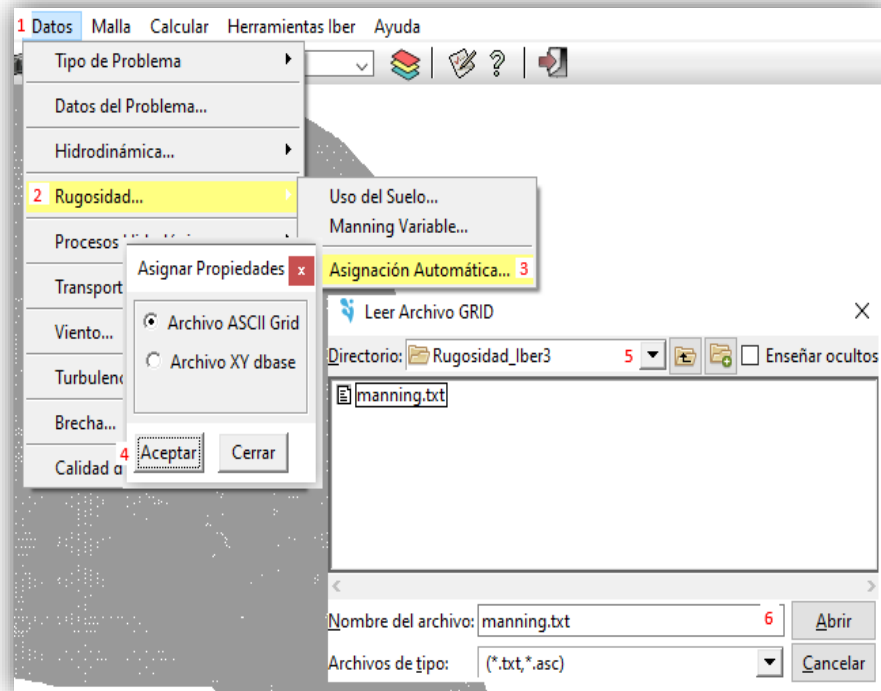


Figura N° 86: Se Aprecia la importación para la asignación Automática de los coeficientes manning de ArcGIS

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

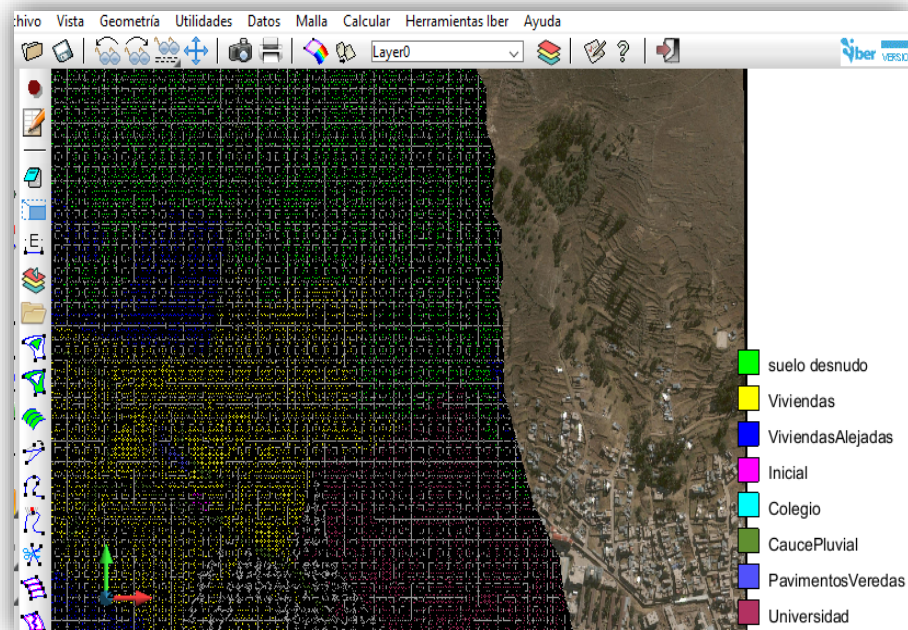


Figura N° 87: Se Aprecia los coeficientes manning según el tipo de suelo.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

d. Asignación de datos según el caudal de diseño para un periodo de retorno de 47 años.

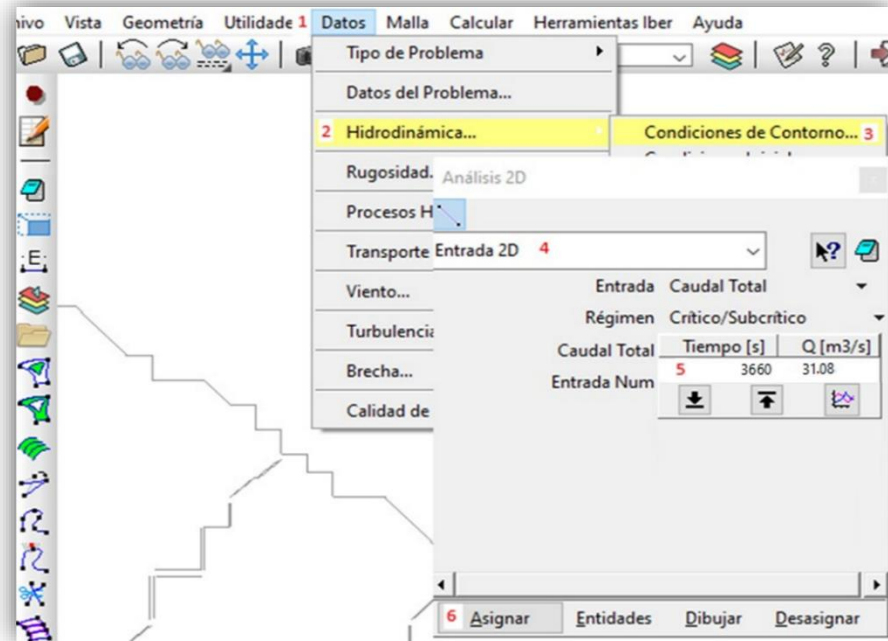


Figura N° 88: Se Aprecia la asignación de caudales en las entradas del cauce Pluvial en IBER Teniendo una entrada.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

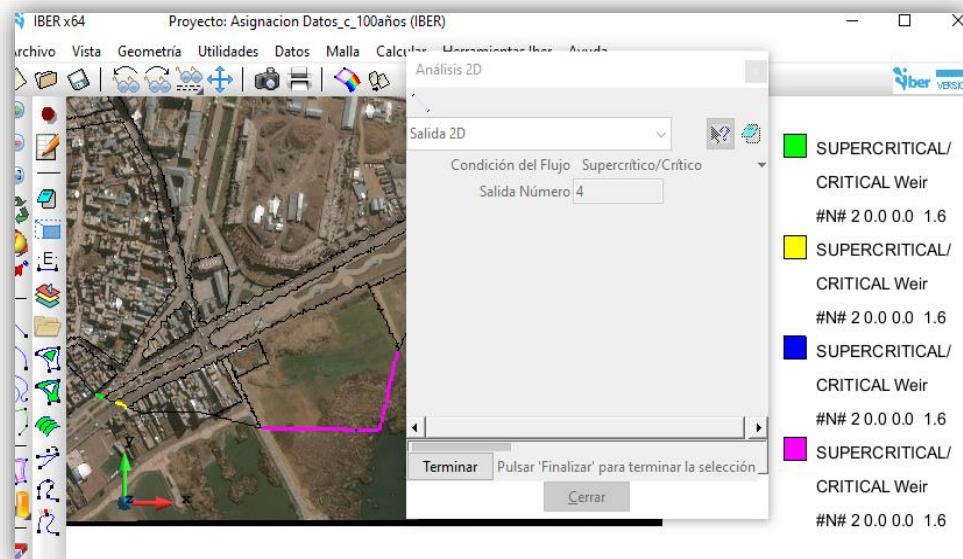


Figura N° 89: Se Aprecia la asignación las condiciones de salida del cauce pluvial.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

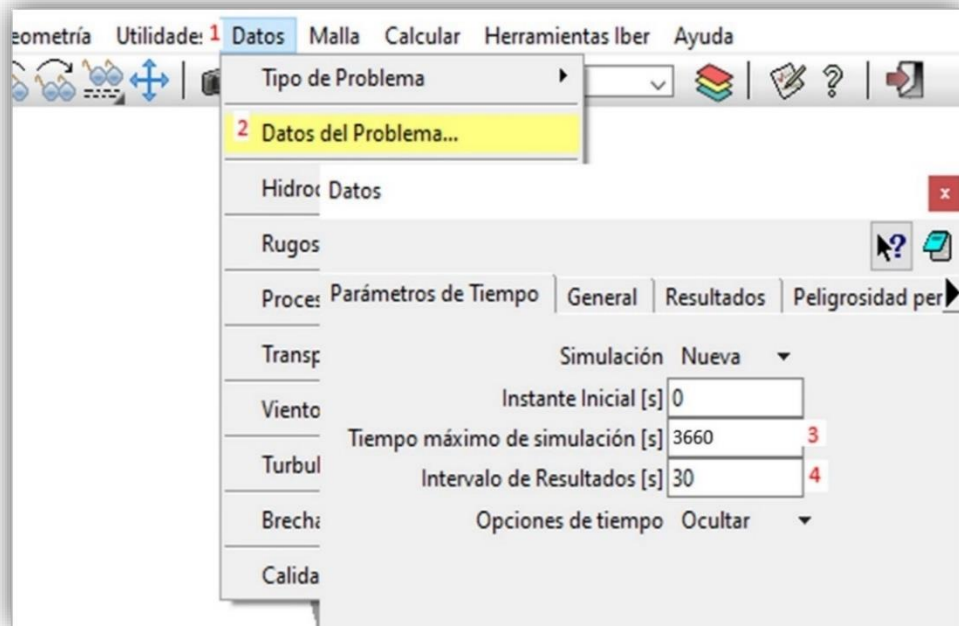


Figura N° 90: Se Aprecia el modelo para 61 minutos que es 3660 segundos condición de modelamiento.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.6.2. Post – Proceso.

Realizamos los siguientes procesos de datos

- a. Ahora procesamos los datos ingresados en IBER 2.4.3

haciendo clic en calcular o clic en F5:

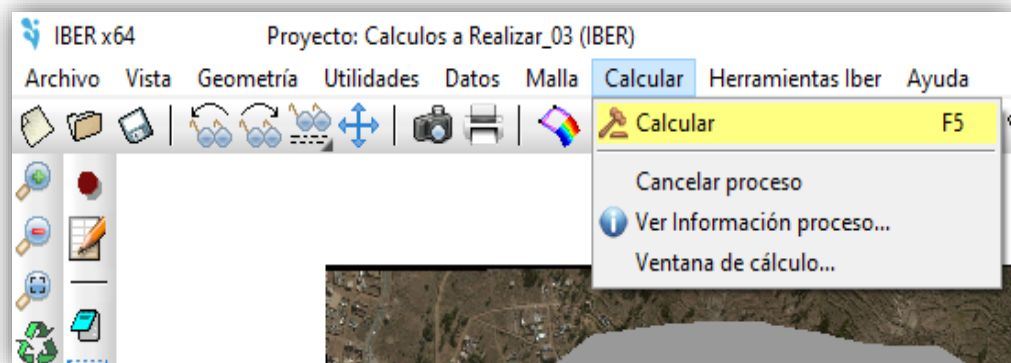


Figura N° 91: Se Aprecia el modelo analizado para 61 minutos ó 3,660 segundos.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

3.6.2.1. Resultados de la Modelación Hidráulica con IBER.

Primero se recolecto y proceso datos de 30 años del SENAMHI de la estación pluviométrica de la Intercuenca 0173 y obtener intensidad máxima y un caudal de diseño $Q=30.31\text{m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 47 años, según Pre-Proceso y Post-Proceso el cual nos dio como resultado un modelo hidráulico en 2D con Iber las siguientes figuras.

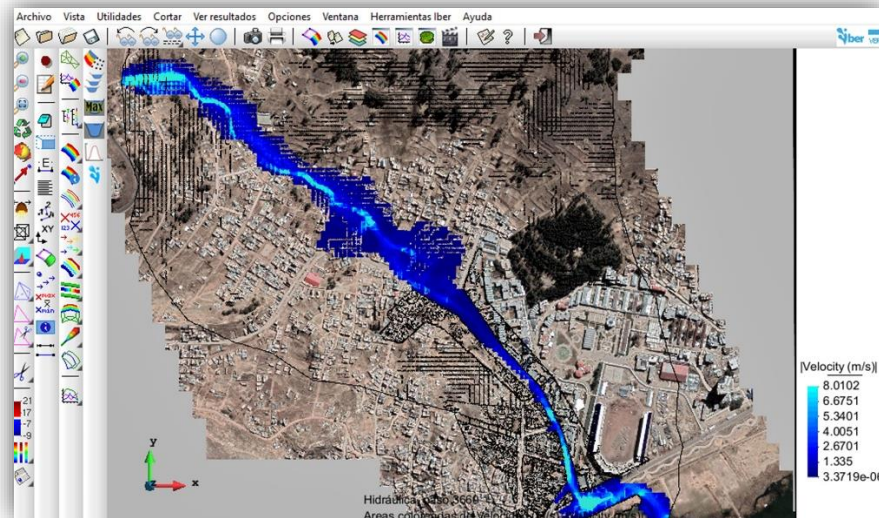


Figura N° 92: Se Aprecia la Velocidad (m2/s).
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.

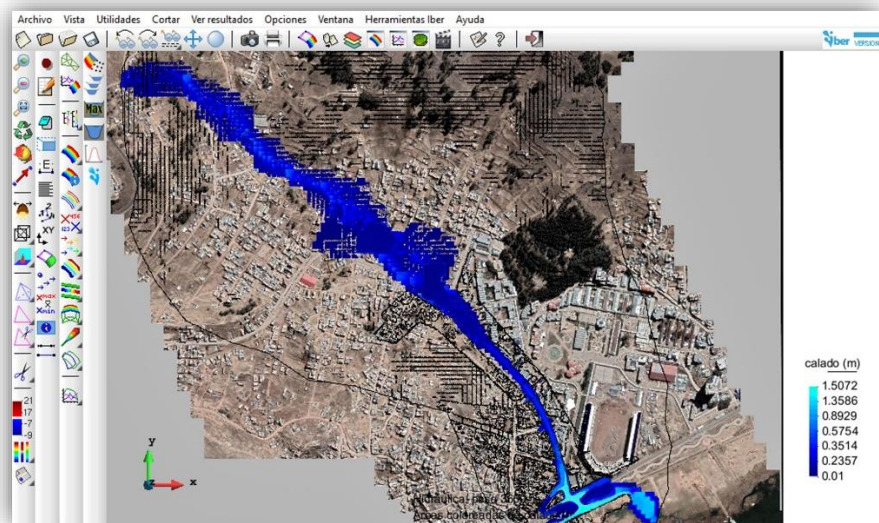
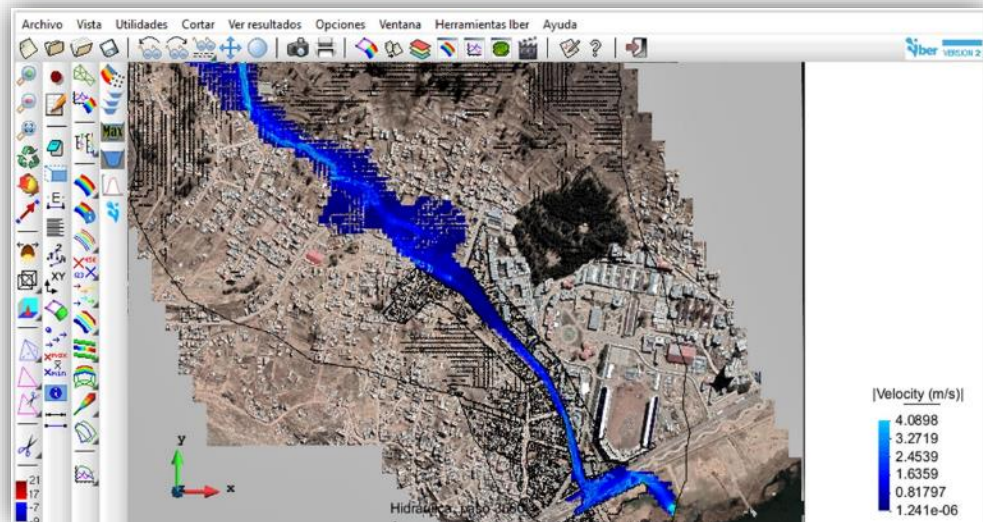
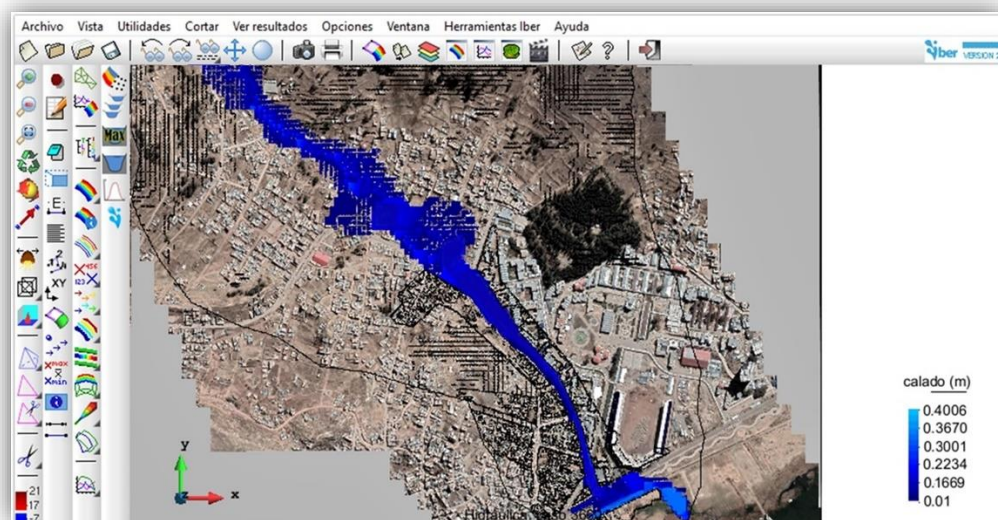


Figura N° 93: Se Aprecia el Calado y/o Altura del agua (m)
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Teniendo en cuenta las figuras anteriores se tiene un modelamiento Hidráulico en 2D en la Microcuenca Llavini con un caudal de $30.31\text{m}^3/\text{s}$, Pero parte del caudal total es evacuado por el canal existente, ($Q=14.0\text{m}^3/\text{s}$, ver Anexo N° 04) quedándonos un caudal de $16.31\text{ m}^3/\text{s}$, se realizó un nuevo modelo hidráulico como se aprecia en las siguientes figuras, que es el que está ocasionando la inundación pluvial.



*Figura N° 94: Se Aprecia la Velocidad (m²/s).
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo.*



*Figura N° 95: Se Aprecia el Calado y/o Altura del agua (m)
Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo*

3.7. DETERMINACIÓN DEL RIESGO SEGÚN CENEPRED

3.7.1. Identificación del Peligro por inundación Pluvial.

3.7.1.1. Identificación y Caracterización del Peligro.

Tabla N° 48: Peligro Identificado.

Peligro identificado	Clasificación	
	Por su origen	Por su duración
INUNDACIÓN	Pluviales	Estáticas o lentas

Fuente: Manual CENEPRED

3.7.1.2. Parámetros Generales para la Evaluación de Inundaciones.

Los parámetros generales ayudaran a caracterizar el fenómeno de origen natural, el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico dependerá del nivel de detalle (escala), y de la información obtenida.

3.7.1.3. Ponderación de los Parámetros Descriptores

Tabla N° 49: Parámetros de Evaluación del nivel de Peligro

PARAMETRO	DESCRIPCION
> 0.38 m	Tirante de agua mayor a 0.38 m.
0.30 – 0.38 m	Tirante de agua entre 0.30 a 0.38 m.
0.25 – 0.30 m	Tirante de agua entre 0.25 a 0.30 m.
0.20 – 0.25 m	Tirante de agua entre 0.20 a 0.25 m.
< 0.20 m	Tirante de agua menores a 0.20 m.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 50: Matriz de Normalización del nivel de Peligro.

TIRANTE DE AGUA	> 0.38 m	0.30 – 0.38 m	0.25 – 0.30 m	0.30 – 0.38 m	< 0.20 m	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
> 0.38 m	0.516	0.523	0.575	0.485	0.360	0.492
0.30 – 0.38 m	0.258	0.261	0.230	0.303	0.320	0.275
0.25 – 0.30 m	0.103	0.131	0.115	0.121	0.200	0.134
0.38 – 0.75 m	0.065	0.052	0.057	0.061	0.080	0.063
< 0.20 m	0.057	0.033	0.023	0.030	0.040	0.037

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 51: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del nivel de Peligro.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.021
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0189

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4. Susceptibilidad del Territorio.

Para la evaluación de la susceptibilidad dentro de la Microcuenca Llavini, Distrito, Provincia de Puno, se consideraron los siguientes factores:

Tabla N° 52: Factores de la Susceptibilidad.

FACTOR DESENCADENANTE	FACTORES CONDICIONANTES		
Precipitación	Topografía	Unidades Geomorfológicas	Unidades Geológicas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4.1. Ponderación del Factor Desencadenante.

a) Precipitación.

Tabla N° 53: Parámetros de Precipitación

PARAMETRO	DESCRIPCION
PAP1	Anomalía de precipitación mayor a 300 % con respecto al promedio mensual multianual
PAP2	Anomalía de precipitación de 100 % a 300% con respecto al promedio mensual multianual
PAP3	Anomalía de precipitación de 50 % a 100% con respecto al promedio mensual multianual
PAP4	Anomalía de precipitación de 10 % a 50% con respecto al promedio mensual multianual
PAP5	Anomalía de precipitación menor al 10 % con respecto al promedio mensual multianual

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 54: Matriz de Normalización del Parámetro de Precipitación.

PRECIPITACIÓN	PAP1	PAP2	PAP3	PAP4	PAP5	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
PAP1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
PAP2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
PAP3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
PAP4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PAP5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 55: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Precipitación.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0607
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0544

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4.2. Ponderación del Factor Condicionante.

Tabla N° 56: Parámetros del Factor Condicionante

PARAMETRO	DESCRIPCION
P_T	TOPOGRAFIA
P_GEOMO	GEOMORFOLOGIA
P_GEOL	GEOLOGIA

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 57: Matriz de Normalización del Factor Condicionante.

PARAMETRO	P_T	P_GEOMO	P_GEOL	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
P_T	0.632	0.667	0.571	0.623
P_GEOMO	0.211	0.222	0.286	0.239
P_GEOL	0.158	0.111	0.143	0.137

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 58: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) del Factor Condicionante.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0092
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0175

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4.3. Ponderación del Factor Condicionante – Topografía.

Tabla N° 59: Parámetros del Factor Condicionante – Topografía

DESCRIPTOR	DESCRIPCION
T1	Altitudes menores a 3,880 m.s.n.m
T2	Altitudes entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m
T3	Altitudes entre 3,900 a 3,950 m.s.n.m
T4	Altitudes entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m
T5	Altitudes mayores a 4,090 m.s.n.m

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 60: Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Topografía.

PRECIPITACIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
T1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
T2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
T3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
T4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
T5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 61: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Topografía.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0607
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0544

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4.4. Ponderación del Factor Condicionante – Unidad Geomorfológica.

Colina en roca sedimentaria (RC-rs): Corresponde a los afloramientos de rocas sedimentarias, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de baja a moderada pendiente.

Montañas y Colinas en roca volcánica (RMM– rv): El paisaje muestra acumulaciones de materiales volcánicos del tipo de derrames

lávicos, piroclásticos o intercalaciones de ambos. La morfología más característica está representada por superficies planas y onduladas que forman altiplanos volcánicos amplios, con frentes escarpados a abruptos. Los movimientos en masa asociados son derrumbes, deslizamiento, caída de rocas y erosión en laderas.

Vertiente o piedemonte aluvial (V – at): Es una planicie inclinada extendida al pie de las estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Está conformado por acumulaciones de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, asociados usualmente al fenómeno El Niño.

- **Determinación de los descriptores del parámetro geomorfológico**

Identificación de los parámetros que permitan caracterizar los descriptores geomorfológicos, el cual se detalla en la Tabla N° 63.

Tabla N° 62: *Parámetros del Factor Condicionante – Unidad Geomorfológica*

PARAMETRO	DESCRIPCION
V-al	Vertiente o Piedemonte Aluvial
RC-rs	Colina en roca Sedimentaria
RMM-rv	Montañas y Mesetas Volcánicas de las lavas y Brechas Volcánicas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 63: *Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Unidad Geomorfológica.*

PARAMETRO	V-al	RC-rs	RMM-rv	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
V-al	0.652	0.667	0.625	0.648
RC-rs	0.217	0.222	0.250	0.230
RMM-rv	0.130	0.111	0.125	0.122

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 64: *Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Unidad Geomorfológica.*

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0018
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.4.5. Ponderación del Factor Condicionante – Unidad Geológica.

Deposito Aluvial (Qh-al): Está compuesto por sedimentos que son de granulometría gruesa, constituida de cantos rodados, grava, gravilla, arena con matriz areno arcillosa limosa. Estos depósitos recientes corresponden a etapas de elevado traslado de sólidos y de periodos de intenso cambio climatológico.

Formación Vilquechico (Ks-vi): Está compuesta por lutitas rojas y verduzcas grisáceas a pardo amarillentas, en capas delgadas que se intercalan con areniscas cuarzosas grises de grano fino.

Formación Ayabacas (Kis-ayb): esta formación está representada por calizas de tonalidades blanquecinas, con estratos que van desde los centímetros hasta los metros de espesor y de aspecto bastante perturbado y metamorfisado.

- **Determinación de los descriptores del parámetro geológico**

Identificación de los parámetros que permitan caracterizar parámetros geológicos, el cual se detalla en la Tabla N° 66.

Tabla N° 65: Parámetros del Factor Condicionante – Unidad Geológica

PARAMETRO	DESCRIPCION
Qh-al	Depósito aluvial
Ks-vi	Formación Vilquechico
Kis-ayb	Formación Ayabacas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 66: Matriz de Normalización del Factor Condicionante - Unidad Geológica

PARAMETRO	Qh-al	Ks-vi	Kis-ayb	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
Qh-al	0.652	0.692	0.556	0.633
Ks-vi	0.217	0.231	0.333	0.260
Kis-ayb	0.130	0.077	0.111	0.106

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 67: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Unidad Geológica.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0194
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0369

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.5. Resumen de Tablas ponderados de Parámetros y Descriptores de Inundación.

Tabla N° 68: Resumen de tablas ponderados de los parámetros de Peligro

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
		NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO
Parámetros de Evaluación	60%	Intensidad del caudal	1.00	Tirante de agua	1.000	> 0.38 m	0.492
						0.30 – 0.38 m	0.275
						0.25 – 0.30 m	0.134
						0.20 – 0.25 m	0.063
						< 0.20 m	0.037
Susceptibilidad	40%	Condicionante	90%	TOPOGRAFIA	0.623	Altitudes menores a 3,880 m.s.n.m	0.503
						Altitudes entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m	0.260
						Altitudes entre 3,900 a 3,950 m.s.n.m	0.134
						Altitudes entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m	0.068
						Altitudes mayores a 4,090 m.s.n.m	0.035
				GEOMORFOLOGIA	0.239	Vertiente o Piedemonte Aluvial (V-al)	0.648
						Colina en roca Sedimentaria (RC-rs)	0.230
						Montañas y Mesetas	0.122



						Volcánicas de las lavas y Brechas Volcánicas (RMM-rv)	
						Depósito aluvial (Qh-al)	0.633
						Formación Vilquechico (Ks-vi)	0.260
						Formación Ayabacas (Kis-ayb)	0.106
		Desencadenante	10%	Precipitación	1.000	Anomalía de precipitación mayor a 300 % con respecto al promedio mensual multianual	0.503
						Anomalía de precipitación de 100 % a 300% con respecto al promedio mensual multianual	0.260
						Anomalía de precipitación de 50 % a 100% con respecto al promedio mensual multianual	0.134
						Anomalía de precipitación de 10 % a 50% con respecto al promedio mensual multianual	0.068
						Anomalía de precipitación menor al 10 % con respecto al promedio mensual multianual	0.035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.6. Ponderación y Determinación del Valor del Peligro.

Para determinar el nivel de peligrosidad se realizará mediante la siguiente formula:

- $\sum_{i=1}^n Fenomeno_i \times Descriptor_i \times peso = Valor_1$

- $\sum_i^n Factor_{condic_i} \times Descriptor_{condic_i} \times peso_{condic} \times peso_{suscptibilidad} = Valor_2$
- $\sum_i^n Factor_{desenc_i} \times Descriptor_{desenc_i} \times peso_{desenc} \times peso_{suscptibilidad} = Valor_3$
- $Valor_1 + Valor_2 + Valor_3 = Valor_{Peligrosidad}$

Aplicando las formulas antes mencionadas se obtiene el siguiente resultado:

Tabla N° 69: Determinación del Valor del Peligro.

PARAMETROS DE EVALUACION	SUCEPTIBILIDAD				VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO	
0.6	0.4						
Intensidad del caudal	FACTORES CONDICIONANTES			FAC. DESECADE NANTES			
1	0.7			0.3			
Tirante de Agua	Topografía	Geomorfología	Geología	Precipitación			
1.000	0.623	0.239	0.137	1.000			
0.492	0.503	0.648	0.633	0.503	0.511	$0.267 \leq P < 0.511$	MUY ALTO
0.275	0.260	0.230	0.260	0.260	0.267	$0.132 \leq P < 0.267$	ALTO
0.134	0.134	0.122	0.106	0.134	0.132	$0.07 \leq P < 0.132$	MEDIO
0.063	0.068	0.122	0.106	0.068	0.070	$0.045 \leq P < 0.07$	BAJO
0.037	0.035	0.122	0.106	0.035	0.045		

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.7. Niveles de Peligro.

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla N° 70: Rangos del Peligro por Inundación Pluvial

NIVELES DE PELIGROSIDAD	
$0.267 \leq P < 0.511$	MUY ALTO
$0.132 \leq P < 0.267$	ALTO
$0.070 \leq P < 0.132$	MEDIO
$0.045 \leq P < 0.07$	BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.1.8. Estratificación de los Niveles de Peligro.

las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuya descripción y su valor correspondiente se detallan a continuación.

Tabla N° 71: Matriz de Peligro.

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	<p>Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes mayores a a 0.38 m, de 0.30 a 0.38 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: mayor a 300 %; de 100 a 300%.</p> <p>Topografía con altitudes: menores a 3,880 m.s.n.m., entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p>	$0.267 \leq P < 0.511$
PELIGRO ALTO	<p>Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes de 0.30 a 0.38 m., de 0.25 a 0.30 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 100 a 300%; de 50 a 100%.</p> <p>Topografía con altitudes: entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m., entre 3,900 a 3950 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p>	$0.132 \leq P < 0.267$
PELIGRO MEDIO	<p>Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes de 0.25 a 0.30 m., 0.20 a 0.25 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 50 a 100%; de 10 a 50%.</p> <p>Topografía con altitudes: entre 3,900 a 3950 m.s.n.m., entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m; Unidades</p>	$0.070 \leq P < 0.132$

	geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)	
PELIGRO BAJO	<p>Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes menores a 0.20 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 10 a 50%; y menor a 10%</p> <p>Topografía con altitudes: entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m., y mayores a 4,090 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p>	$0.045 \leq P < 0.070$

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2. Análisis de la de Vulnerabilidad.

Se determinó por cada tipo de Vulnerabilidad, el mismo que dependió del número de variables y sus respectivas características.

3.7.2.1. Análisis de la Dimensión Social.

Se analizó la población expuesta dentro de la Microcuenca Llavini, ante una inundación pluvial, identificando la población vulnerable y no vulnerable, la información recopilada se adquirió a través del portal web SIGRID (CENEPRED, 2019), que ayudara a identificar los niveles de vulnerabilidad social.

Tabla N° 72: Dimensión Social

Dimensión Social		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Población	niños	Capacitación en Tema de Riesgo por inundación pluvial
	adultos	Interés en participar en Campañas de Prevención de riesgos por inundación pluvial
	ancianos	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.1.1. Ponderación de los Factores de la Dimensión Social.

Tabla N° 73: Parámetros de los Factores de la Dimensión Social

PARAMETRO	DESCRIPCION
RESILIENCIA	EXPOSICIÓN
EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD
FRAGILIDAD	RESILIENCIA

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 74: Matriz de Normalización de los Factores de la Dimensión Social

PARAMETRO	RESILIENCIA	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
RESILIENCIA	0.167	0.143	0.182	0.164
EXPOSICIÓN	0.333	0.286	0.273	0.297
FRAGILIDAD	0.500	0.571	0.545	0.539

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 75: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Factores de la Dimensión Social.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0046
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0088

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.1.2. Ponderación de los Parámetros de Exposición social – Población.

El análisis de la dimensión social, se realiza sobre una población de 26,299 personas y 93 manzanas, datos que han sido recopilados a través del portal web SIGRID (CENEPRED, 2019), de los cuales se ha considerado en grupos de, población Urbana, Institutos Educativos, población Universitaria (UNA-PUNO) y sin población, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla N° 76: Parámetros de Exposición social – Población

PARAMETRO	DESCRIPCION
UNA-PUNO	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
POBL_URB	POBLACIÓN URBANA
I.E	INSTITUTOS EDUCATIVOS
S_P	SIN POBLACIÓN

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 77: Matriz de Normalización de los Parámetros de Exposición social – Población

PRECIPITACIÓN	UNA-PUNO	POBL_URB	I.E	S_P	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
UNA-PUNO	0.608	0.670	0.543	0.409	0.558
POBL_URB	0.203	0.223	0.326	0.318	0.268
I.E	0.122	0.074	0.109	0.227	0.133
S_P	0.068	0.032	0.022	0.045	0.042

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 78: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Parámetros de Exposición social – Población.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0582
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.066

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Los elementos de la matriz priorización, indican que, para un análisis de vulnerabilidad, se obtiene que la población (UNA-PUNO) es el 55.77% de importancia, porque la población que comprende es de 18,941 personas; la Población Urbana es de 26.76%, porque la población que comprende es de 6,600 personas; los Institutos Educativos el 13.30%, porque la población que comprende es de 758 personas y las áreas sin Población es de 4.17%.

3.7.2.1.3. Ponderación de los Parámetros de la Fragilidad social.

En la siguiente tabla podemos verificar la población mediante un grupo etario, precisando que la información recopilada se adquirió a través del portal web SIGRID (CENEPRED, 2019) y fue procesada de acuerdo a los descriptores propuestos.

Tabla N° 79: Grupo Etario

Grupo Etario	Categoría	Población Total	Porcentaje (%)
Niños: Menores a 15 años	Urbana	1,850	7.03%
Ancianos: Mayores a 65 años		465	1.77%
Adultos: de 15 a 64 años		5,043	19.17%
Población de la UNA - PUNO (Adultos)		18,941	72.03%
Total		26,299	100.00%

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Los porcentajes de cada grupo etario, respecto al total, se muestra en la siguiente figura, cantidades que determinan los resultados del mapa de vulnerabilidad.



Figura N° 96: Grupo Etario

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Se analiza sobre un arreglo matricial mediante el método de análisis jerárquico del manual del CENEPRED (2014). teniendo como parámetros los 03 grupos etarios. La ponderación se efectúa según la importancia para el análisis de vulnerabilidad social.

Tabla N° 80: Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario

PARAMETRO	DESCRIPCION
NIÑOS	NIÑOS
ANCIANOS	ANCIANOS
ADULTOS	ADULTOS

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 81: Matriz de Normalización de los Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario

PARAMETRO	NIÑOS	ANCIANOS	ADULTOS	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
NIÑOS	0.686	0.706	0.615	0.669
ANCIANOS	0.229	0.235	0.308	0.257
ADULTOS	0.086	0.059	0.077	0.074

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 82: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Parámetros de la Fragilidad social – Grupo Etario.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0092
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0175

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Los elementos de la matriz priorización, indican que, para un análisis de vulnerabilidad, se obtiene que los ancianos tienen el 25.72% de importancia, los niños el 66.90% y los adultos el 7.38%; implicando que los niños son los más importantes en el análisis de vulnerabilidad.

Como resultado, se obtiene el valor de cada parámetro del grupo etario:

- Parámetro Ancianos = 0.257
- Parámetro Niños = 0.669
- Parámetro Adultos = 0.074

3.7.2.1.4. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Niños.

Los descriptores de este parámetro, son determinados mediante análisis estadístico, la información recopilada que se adquirió a través del portal web SIGRID (CENEPRED, 2019) y fue procesada de acuerdo a los descriptores propuestos del grupo etario niños, distribuidos en todo el ámbito de estudio; son rangos con una cierta cantidad de niños que serán analizados matricialmente para su ponderación. Los elementos de la matriz, son rangos con el número de niños existentes por manzanas:

Tabla N° 83: Cantidad de niños a nivel de Manzanas

DESCRIPTOR NIÑOS	CANT. MANZANAS
DE 30 - 353 NIÑOS	16
DE 11 - 30 NIÑOS	36
DE 1-11 NIÑOS	26
NO HAY NIÑOS	15

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

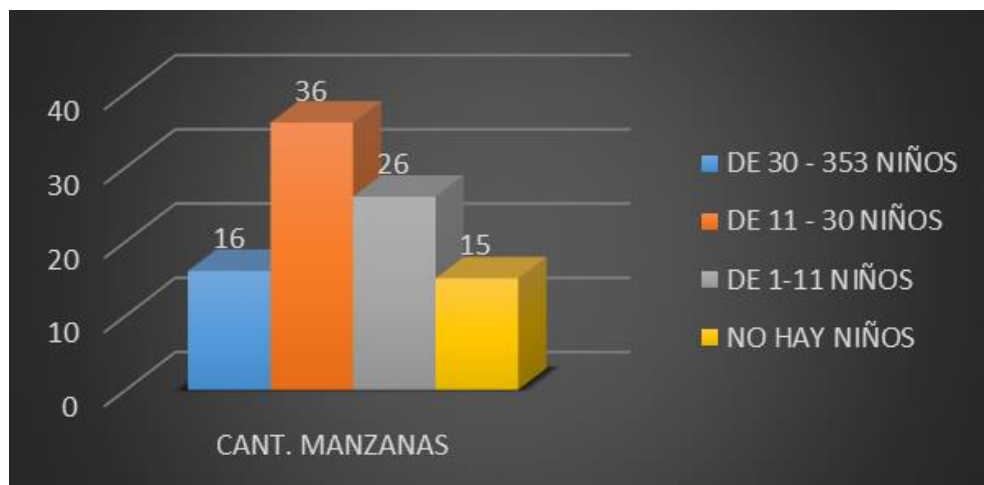


Figura N° 97: Grafico de cantidad de niños a nivel de manzanas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 84: rangos con el número de niños existentes

PARAMETRO	DESCRIPCION
<30,353]	INDICA QUE HAY DE 30 A 353 NIÑOS
<11,30]	INDICA QUE HAY DE 11 A 30 NIÑOS
<0,11]	INDICA QUE HAY DE 1 A 11 NIÑOS
[0]	NO HAY NIÑOS

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 85: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Niños

PRECIPITACIÓN	<30,353]	<11,30]	<0,11]	[0]	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
<30,353]	0.543	0.541	0.588	0.467	0.535
<11,30]	0.271	0.270	0.235	0.333	0.278
<0,11]	0.109	0.135	0.118	0.133	0.124
[0]	0.078	0.054	0.059	0.067	0.064

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 86: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Niños.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0074
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0084

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

El resultado matricial, determina el valor de cada descriptor

- Descriptor para [0] niños = 0.064
- Descriptor para <0,11] niños = 0.124
- Descriptor para <11,30] niños = 0.278
- Descriptor para <30,353]niños = 0.535

3.7.2.1.5. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario

Adultos.

De manera similar se calcula las siguientes matrices.

Tabla N° 87: Cantidad de adultos a nivel de manzanas

DESCRIPTOR ADULTOS	CANT. MANZANAS
DE 200 - 19,000 ADULTOS	4
DE 41 - 200 ADULTOS	37
DE 1 - 40 ADULTOS	46
NO HAY ADULTOS	6

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

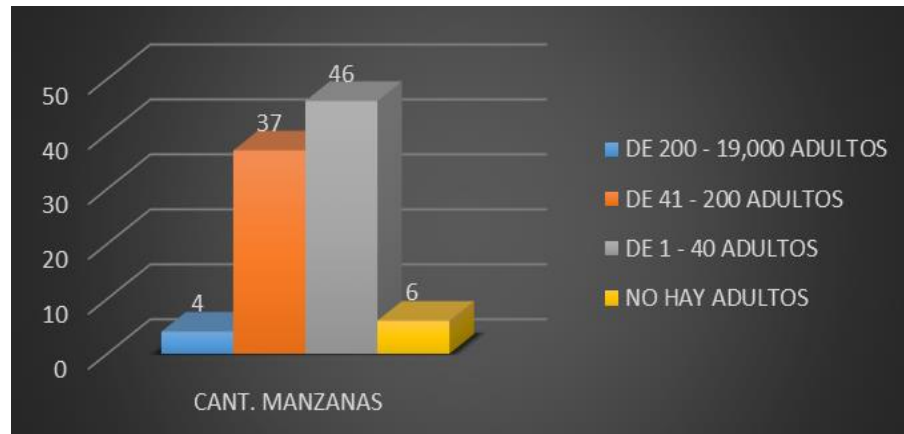


Figura N° 98: Grafico de cantidad de adultos a nivel de manzanas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 88: rangos con el número de Adultos existentes

PARAMETRO	DESCRIPCION
<200,19,000]	INDICA QUE HAY DE 201 A 19,000 ADULTOS
<40,200]	INDICA QUE HAY DE 41 A 200 ADULTOS
<0,40]	INDICA QUE HAY DE 1 A 40 ADULTOS
[0]	NO HAY ADULTOS

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 89: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Adultos

PRECIPITACIÓN	<200,19,000]	<40,200]	<0,40]	[0]	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
<200,19,000]	0.545	0.541	0.632	0.429	0.537
<40,200]	0.273	0.270	0.211	0.357	0.278
<0,40]	0.091	0.135	0.105	0.143	0.119
[0]	0.091	0.054	0.053	0.071	0.067

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

*Tabla N° 90: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)
- Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Adultos.*

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0201
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0227

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Como resultado final, se obtiene la matriz de priorización con los valores de cada descriptor:

- Descriptores para [0] Adultos = 0.067
- Descriptores para <0,40] Adultos = 0.119
- Descriptores para <40,200] Adultos = 0.278
- Descriptores para <200,19,000] Adultos = 0.537

3.7.2.1.6. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Ancianos.

De manera similar se determina los arreglos matriciales y las ponderaciones para cada parámetro de este grupo etario:

Tabla N° 91: Cantidad de ancianos a nivel de manzanas

DESCRIPTOR ANCIANOS	CANT. MANZANAS
DE 21 - 37 ANCIANOS	16
DE 10 - 20 ANCIANOS	36
DE 1 - 9 ANCIANOS	26
NO HAY ANCIANOS	12

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

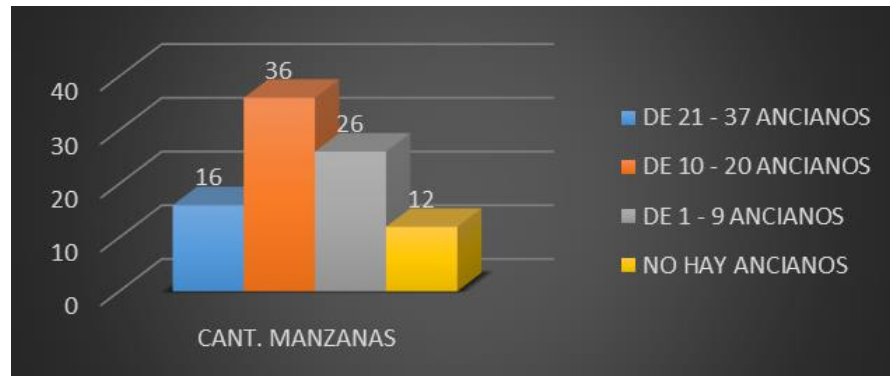


Figura N° 99: Grafico de cantidad de ancianos a nivel de manzanas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 92: rangos con el número de Ancianos existentes

PARAMETRO	DESCRIPCION
<20,37]	INDICA QUE HAY DE 21 A 37 ANCIANOS
<9,20]	INDICA QUE HAY DE 10 A 20 ANCIANOS
<0,9]	INDICA QUE HAY DE 1 A 9 ANCIANOS
[0]	NO HAY ANCIANO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 93: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Ancianos

PRECIPITACIÓN	<20,37]	<9,20]	<0,9]	[0]	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
<20,37]	0.528	0.541	0.533	0.467	0.517
<9,20]	0.264	0.270	0.267	0.333	0.284
<0,9]	0.132	0.135	0.133	0.133	0.133
[0]	0.075	0.054	0.067	0.067	0.066

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 94: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Descriptores de la Fragilidad social – Grupo Etario Ancianos.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0041
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0046

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Como resultado final, se obtiene la matriz de priorización con los valores de cada descriptor:

- Descriptor para [0] Ancianos = 0.066

- Descriptor para <0,9] Ancianos = 0.133
- Descriptor para <9,20] Ancianos = 0.284
- Descriptor para <20,37] Ancianos = 0.517

3.7.2.1.7. Ponderación de los Parámetros de la Resiliencia social.

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros del factor resiliencia en la dimensión social, se realizó 84 encuestas, a razón de una encuesta por manzana -ver anexo N° 06-, para determinar si la población obtuvo capacitaciones o si muestra interés en el tema.

Se utilizó el proceso de análisis jerárquico del manual del CENEPRED (2014), para la obtención de pesos ponderados. Los resultados obtenidos son los siguientes:

3.7.2.1.8. Ponderación de los Descriptores de la Resiliencia social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación.

Tabla N° 95: Parámetros de los descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación

PARAMETRO	DESCRIPCION
NUNCA	nunca tuvo capacitación en temas de riesgo por inundación
1 vez cada 3 años	Una vez cada 3 años tuvo capacitación en temas de riesgo por inundación
1 vez cada 2 años	Una vez cada 2 años tuvo capacitación en temas de riesgo por inundación
1 vez al año	Una vez al año tuvo capacitación en temas de riesgo por inundación

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 96: Matriz de Normalización de los descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación

PRECIPITACIÓN	NUNCA	1 vez cada 3 años	1 vez cada 2 años	1 vez al año	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
NUNCA	0.522	0.533	0.533	0.462	0.512
1 vez cada 3 años	0.261	0.267	0.267	0.308	0.275
1 vez cada 2 años	0.130	0.133	0.133	0.154	0.138
1 vez al año	0.087	0.067	0.067	0.077	0.074

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 97: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - descriptores de la Resiliencia Social – Capacitación en Temas de Riesgo por Inundación.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0035
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0039

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.1.9. Ponderación de los Descriptores de la Resiliencia social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo.

Tabla N° 98: Parámetros de los descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo

PARAMETRO	DESCRIPCION
No Muestra Interés	no muestra interés en participar en campañas de prevención de riesgo por inundación
Muestra interés de vez en cuando	Muestra interés de vez en cuando en participar en campañas de prevención de riesgo por inundación
Siempre estoy atento para participar	Siempre estoy atento para participar en campañas de prevención de riesgo por inundación
Me gusta participar	Me gusta participar en campañas de prevención de riesgo por inundación

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 99: Matriz de Normalización de los descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo

PRECIPITACIÓN	No Muestra Interés	Muestra interés de vez en cuando	Siempre estoy atento para participar	Me gusta participar	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
No Muestra Interés	0.608	0.662	0.526	0.529	0.581
Muestra interés de vez en cuando	0.203	0.221	0.316	0.294	0.258
Siempre estoy atento para participar	0.122	0.074	0.105	0.118	0.105
Me gusta participar	0.068	0.044	0.053	0.059	0.056

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 100: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - descriptores de la Resiliencia Social – Interés en Participar en Temas de Prevención de Riesgo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0137
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0155

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2. Análisis de la Dimensión Económica.

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión económica, se evaluaron los siguientes parámetros exposición, Fragilidad y Resiliencia como se señala en la siguiente tabla:

Tabla N° 101: Matriz de la Dimensión Económica

Dimensión Económica		
Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Uso Actual de Suelo	Material Estructural	Cuenta con Obras de Mitigación
	Estado de Conservación	
	Servicios Básicos	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.1. Ponderación de los Factores de la Dimensión Económica.

Tabla N° 102: Parámetros de los Factores de la Dimensión Económica

PARAMETRO	DESCRIPCION
EXPOSICIÓN	EXPOSICIÓN
RESILIENCIA	RESILIENCIA
FRAGILIDAD	FRAGILIDAD

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 103: Matriz de Normalización de los Factores de la Dimensión Económica

PARAMETRO	EXPOSICIÓN	RESILIENCIA	FRAGILIDAD	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
EXPOSICIÓN	0.125	0.111	0.130	0.122
RESILIENCIA	0.250	0.222	0.217	0.230
FRAGILIDAD	0.625	0.667	0.652	0.648

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 104: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - Factores de la Dimensión Económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0018
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.2. Ponderación de los Parámetros de la Exposición Económica – Uso Actual de Suelo.

Tabla N° 105: Parámetros de la Exposición Económica – Uso Actual

PARAMETRO	DESCRIPCION
P_RESI	RESIDENCIAL
P_INST	INSTITUCIONAL
P_RECRE	RECREACIONAL
S_C	SIN CONSTRUCCIÓN

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 106: Matriz de Normalización de la Exposición Económica – Uso Actual

PRECIPITACIÓN	P_RESI	P_INST	P_RECRE	S_C	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
P_RESI	0.552	0.541	0.588	0.529	0.553
P_INST	0.276	0.270	0.235	0.294	0.269
P_RECRE	0.110	0.135	0.118	0.118	0.120
S_C	0.061	0.054	0.059	0.059	0.058

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 107: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Exposición Económica – Uso Actual

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0025
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0029

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.3. Ponderación de los Parámetros de la Fragilidad Económica

Tabla N° 108: Parámetros de la Fragilidad Económica

PARAMETRO	DESCRIPCION
EST_CONS	ESTADO DE CONSERVACIÓN
M_ESTR	MATERIAL ESTRUCTURAL
SERV_BAS	SERVICIOS BASICOS

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 109: Matriz de Normalización de la Fragilidad Económica

PARAMETRO	EST_CONS	M_ESTR	SERV_BAS	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
EST_CONS	0.690	0.727	0.625	0.681
M_ESTR	0.172	0.182	0.250	0.201
SERV_BAS	0.138	0.091	0.125	0.118

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 110: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Fragilidad Económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0124
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0235

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.4. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material

Estructural.

Tabla N° 111: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.

PARAMETRO	DESCRIPCION	CANT.
ADOB	ADOBE	2,387
ALB_ESTR	ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL	118
EST_APORT	ESTRUCTURA APORTICADA	312

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 112: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.

PARAMETRO	ADOB	ALB_ESTR	EST_APORT	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
ADOB	0.652	0.667	0.625	0.648
ALB_ESTR	0.217	0.222	0.250	0.230
EST_APORT	0.130	0.111	0.125	0.122

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 113: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Material Estructural.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0018
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0035

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.5. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación.

Para la evaluación del parámetro de estado de conservación de las viviendas, se usó el instrumento del test de validación -ver anexo N° 06-, que se aplicó a 2,817 viviendas, mediante el cual, se valoró diferentes ítems de calificación y del cual se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla N° 114: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación.

PARAMETRO	DESCRIPCION	CANT.
MUY BUENA	ESTRUCTURA EN MUY BUEN ESTADO	329
BUENA	ESTRUCTURA EN BUEN ESTADO	2,176
REGULAR	ESTRUCUTRA EN ESTADO REGULAR	304
MALO	ESTUCTURA EN MAL ESTADO	8

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 115: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación.

PRECIPITACIÓN	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALO	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
MUY BUENA	0.063	0.040	0.031	0.085	0.055
BUENA	0.125	0.080	0.039	0.097	0.085
REGULAR	0.313	0.320	0.155	0.136	0.231
MALO	0.500	0.560	0.775	0.681	0.629

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 116: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Estado de Conservación

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0634
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0719

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.6. Ponderación de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios

Básicos.

Tabla N° 117: Parámetros de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.

PARAMETRO	DESCRIPCION	CANT.
3_SERV	CUENTA CON 3 SERVICIOS BASICOS	2,657
2_SERV	CUENTA CON 2 SERVICIOS BASICOS	147
1_SERV	CUENTA CON 1 SERVICIO BASICO	8
0_SERV	SIN SERVICIOS BASICOS	5

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 118: Matriz de Normalización de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.

PRECIPITACIÓN	3_SERV	2_SERV	1_SERV	0_SERV	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
3_SERV	0.063	0.036	0.057	0.078	0.058
2_SERV	0.188	0.107	0.094	0.109	0.124
1_SERV	0.313	0.321	0.283	0.271	0.297
0_SERV	0.438	0.536	0.566	0.543	0.520

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 119: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de los Descriptores de la Fragilidad Económica – Servicios Básicos.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0232
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0263

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.2.7. Ponderación de los Parámetros de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación.

Tabla N° 120: Parámetros de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación

PARAMETRO	DESCRIPCION
NINGUNA	NO CUENTA CON NINGUNA OBRA
D_PLUV	DRENAJE PLUVIAL
DIQ_RET	DIQUES DE RETENCIÓN

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 121: Matriz de Normalización de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación.

PARAMETRO	NINGUNA	D_PLUV	DIQ_RET	VECTOR PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
NINGUNA	0.718	0.762	0.583	0.688
D_PLUV	0.179	0.190	0.333	0.234
DIQ_RET	0.103	0.048	0.083	0.078

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 122: Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC) - de la Resiliencia Económica – Cuenta con Obras de Mitigación

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0387
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0738

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.3. Resumen de tablas Ponderados de Parámetros y Descriptores del Análisis de Vulnerabilidad

En la siguiente tabla se visualiza el resumen de las tablas ponderados utilizados para el análisis de vulnerabilidad.

Tabla N° 123: Resumen de Parámetros y Descriptores del Análisis de Vulnerabilidad

DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO			DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	Variable	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO
SOCIAL	40%	EXPOSICIÓN	0.297	V1	Población	1.000	UNA - PUNO	0.5580
							Población Urbana	0.2680
							Instituto Educativo	0.1330
							Sin población	0.0420
		FRAGILIDAD	0.539	V2	NIÑOS	0.669	de 30 a 353 niños	0.5350
							11 a 30 niños	0.2780
							1 a 11 niños	0.1240
							No hay niños	0.0640
				V3	ADULTOS	0.074	de 200 a 19,000 adultos	0.5370
							de 41 a 200 adultos	0.2780
							de 1 a 40 adultos	0.1190
							No hay adultos	0.0670
				V4	ANCIANOS	0.257	de 21 a 37 ancianos	0.5170
							de 10 a 20 ancianos	0.2840



ECONÓMICA	60%		0.164	V5	Capacitaciones en temas de riesgo	0.300	de 1 a 9 ancianos	0.1330
							No hay ancianos	0.0660
		RESILIENCIA	0.164	V5	Capacitaciones en temas de riesgo	0.300	Nunca	0.5120
							1 vez cada 3 años	0.2750
		RESILIENCIA	0.164	V5	Capacitaciones en temas de riesgo	0.300	1 vez cada 2 años	0.1380
							1 vez al año	0.0740
		RESILIENCIA	0.164	V6	Interés en participar en campañas de prevención de riesgo	0.700	No muestra interés	0.5810
							Muestra interés de vez en cuando	0.2580
		RESILIENCIA	0.164	V6	Interés en participar en campañas de prevención de riesgo	0.700	Siempre estoy atento para participar	0.1050
							Me gusta participar	0.0560
		ECONÓMICA	60%	EXPOSICIÓN	0.122	V7	Uso del suelo o lotes	1.000
Institucional	0.2690							
Recreacional	0.1200							
Sin Construcción	0.0580							
FRAGILIDAD	0.648			V8	Material Estructural	0.201	Adobe	0.6480
							Albañilería Estructural	0.2300
							Estructura Aperturada	0.1220
FRAGILIDAD	0.648			V9	Estado de Conservación	0.681	Mala	0.6290
							Regular	0.2310
							Buena	0.0850
							Muy Buena	0.0550
FRAGILIDAD	0.648	V10	Servicio Básicos	0.118	Sin servicio	0.5200		
					con 1 servicio	0.2970		
					con 2 servicios	0.1240		
					con 3 servicios	0.0580		
RESILIENCIA	0.230	V11		1.000	Ninguna	0.6880		



					Cuenta con Obras de mitigación		Drenaje pluvial	0.2340
							Diques Retención cárcavas de en	0.0780

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.4. Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad.

Tabla N° 124: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad – Dimensión Social

DIMENSIÓN SOCIAL																
Exposición	Fragilidad						Resiliencia				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL				
	Población		ANCIANOS		Valor Fragilidad Social		Peso Fragilidad Social		Capacitaciones en temas de riesgo				Interés en participar en campañas de prevención de riesgo		Valor Resiliencia Social	
Valor Exposición Social	Pdes x P par	Peso Exposición Social	NIÑOS	ADULTOS	Pdes x P par	Pdes x P par	Peso Fragilidad Social	P_FACTOR	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par	P_FACTOR	P_FACTOR	P_FACTOR	P_FACTOR
0.558	0.297	0.297	0.358	0.040	0.133	0.531	0.539	0.154	0.407	0.56	0.164	0.544	0.40			
0.268	0.297	0.297	0.186	0.021	0.073	0.280	0.539	0.083	0.181	0.26	0.164	0.273	0.40			
0.133	0.297	0.297	0.083	0.009	0.034	0.126	0.539	0.041	0.074	0.11	0.164	0.126	0.40			
0.042	0.297	0.297	0.043	0.005	0.017	0.065	0.539	0.022	0.039	0.06	0.164	0.057	0.40			

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 125: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad – Dimensión Económica.

DIMENSIÓN ECONOMICA											
Exposición		Fragilidad				Resiliencia			VALOR DIMENSIÓN ECONOMICA	PESO DIMENSIÓN ECONOMICA	
Uso del suelo o lotes	Valor Exposición Economic	Material Estructural	Estado de Conservación	Servicio Básicos	Valor Fragilidad Economic	Peso Fragilidad Economic	Cuenta con Obras de mitigación	Valor Resiliencia Economic	Peso Resiliencia Economic	P_FACTOR	
	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par	P_FACTOR	Pdes x P par	P_FACTOR	P_FACTOR			
	0.553	0.130	0.428	0.061	0.620	0.648	0.69	0.69	0.230	0.627	0.60
	0.269	0.046	0.157	0.035	0.239	0.648	0.23	0.23	0.230	0.241	0.60
	0.120	0.025	0.058	0.015	0.097	0.648	0.08	0.08	0.230	0.095	0.60
	0.058		0.037	0.007	0.044	0.648				0.036	0.60

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 126: Ponderación y Determinación del valor de Vulnerabilidad

Dimensión Social		Dimensión Económica		VALOR DE LA VULNERABILIDAD
VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL	VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA	
0.544	0.40	0.627	0.60	0.594
0.273	0.40	0.241	0.60	0.254
0.126	0.40	0.095	0.60	0.108
0.057	0.40	0.036	0.60	0.044

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.5. Niveles de Vulnerabilidad.

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla N° 127: Rangos de Vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD			
$0.254 \leq P \leq$	0.594		MUY ALTO
$0.108 \leq P <$	0.254		ALTO
$0.044 \leq P <$	0.108		MEDIO
$0.001 \leq P <$	0.044		BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.2.6. Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad.

Tabla N° 128: Estratificación de los niveles de Vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTO	Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos; con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones; Material estructural: adobe, albañilería Estructural; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.	$0.254 < R \leq 0.594$
ALTO	Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.	$0.108 < R \leq 0.254$



MEDIO	Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.	$0.044 < R \leq 0.108$
BAJO	Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.	$0.001 < R \leq 0.044$

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

3.7.3. Estimación del nivel de riesgo.

Primero se Identificó y analizo el peligro al que está expuesto la Microcuenca Llavini, segundo se analizó el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, tercero se realizó el respectivo análisis de vulnerabilidad explicada por los factores de exposición fragilidad y resiliencia, por último, se procede a la determinación de los niveles de riesgo.

3.7.3.1. Cálculo y Determinación de los Niveles de Riesgo.

La determinación de los valores de riesgo se realizó para la unidad mínima de análisis, que para el presente estudio es el lote.

La determinación del valor de riesgo se realiza en base a la construcción de una base de datos la cual cada registro (fila) representa un lote.

Para la determinación del nivel de riesgo se utilizó el método simplificado – Matriz de Riesgo, el cual permite determinar el nivel de riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de la vulnerabilidad calculada en las secciones precedentes.

Para estratificar el nivel de riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada, para tal efecto en el eje Y estarán los niveles de peligro y en el eje X estarán los niveles de vulnerabilidades.

3.7.3.2. Cálculo del Valor de Riesgo.

Finalmente, el valor de riesgo se obtiene de multiplicar el valor de peligrosidad y el valor de vulnerabilidad.

$$V_{VULNERABILIDAD} \times VALOR_{PELIGROSIDAD} = VALOR RIESGO SOCIAL$$

Donde:

- $V_{VULNERABILIDAD}$: Valor de vulnerabilidad
- $VALOR_{PELIGROSIDAD}$: Valor de Peligrosidad

3.7.3.2.1. Determinación de los Niveles de Riesgos.

Tabla N° 129: Matriz simplificada, peligrosidad vs vulnerabilidad

PMA	0.511	0.022	0.055	0.130	0.304
PA	0.267	0.012	0.029	0.068	0.159
PMA	0.132	0.006	0.014	0.034	0.078
PB	0.07	0.003	0.008	0.018	0.042
		0.044	0.108	0.254	0.594
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 130: Matriz de niveles de riesgo

NIVELES DE PELIGRO	
$0.078 \leq P \leq 0.304$	MUY ALTO
$0.018 \leq P < 0.078$	ALTO
$0.003 \leq P < 0.018$	MEDIO
$0.001 \leq P < 0.003$	BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

Tabla N° 131: Estratificación de riesgo

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>PELIGRO: Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes mayores a 0.38 m, de 0.30 a 0.38 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: mayor a 300 %; de 100 a 300%.</p> <p>Topografía con altitudes: menores a 3,880 m.s.n.m., entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al);</p>	$0.078 \leq R \leq 0.304$



	<p>Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p> <p>VULNERABILIDAD: Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos; con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones; Material estructural: adobe, albañilería Estructural; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.</p>	
<p>RIESGO ALTO</p>	<p>PELIGRO: Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes de 0.30 a 0.38 m., de 0.25 a 0.30 m.</p> <p>Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 100 a 300%; de 50 a 100%.</p> <p>Topografía con altitudes: entre 3,880 a 3,900 m.s.n.m., entre 3,900 a 3950 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p> <p>VULNERABILIDAD: Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños</p>	<p>0.018<= R < 0.078</p>



	<p>en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.</p>	
RIESGO MEDIO	<p>PELIGRO: Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes de 0.25 a 0.30 m., 0.20 a 0.25 m. Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 50 a 100%; de 10 a 50%. Topografía con altitudes: entre 3,900 a 3950 m.s.n.m., entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p> <p>VULNERABILIDAD: Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos</p>	0.003 <= R < 0.018



	<p>en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.</p>	
<p>RIESGO BAJO</p>	<p>PELIGRO: Intensidad de caudal para periodo de duración de 61 min, en un periodo de retorno de 47 años, con tirantes menores a 0.20 m. Porcentaje de precipitaciones máximas acumuladas comparadas con precipitaciones promedio mensual multianual: de 10 a 50%; y menor a 10% Topografía con altitudes: entre 3,950 a 4,090 m.s.n.m., y mayores a 4,090 m.s.n.m.; Unidades geomorfológicas: Colina en roca sedimentaria (RC-rs), Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas (RMM-rv) y Vertiente o Piedemonte aluvial (V-al); Unidades Geológicas: Deposito aluvial (Qh-al), Formación Vilquechico (Ks-vi) y Formación Ayabacas (Kis-ayb)</p> <p>VULNERABILIDAD: Población dividida entre la UNA-PUNO, Población Urbana, Institutos Educativos, Sin población, con Grupo Etario entre: Niños en rangos de: 30 a 70 niños, de 11 a 30 niños, de 1 a 11 niños, sin niños; Adultos en rangos de: 200 a 19,000 adultos, de 41 a 200 adultos, de 1 a 40 adultos, sin</p>	<p>0.001 <= R < 0.003</p>



adultos; Ancianos en rangos de: 21 a 37 ancianos, de 10 a 20 ancianos, de 1 a 9 ancianos, y sin ancianos; con capacitaciones en temas de riesgo: nunca, 1 vez cada 3 años, 1 vez cada 2 años, 1 vez al año; Interés en participar en campañas de prevención de riesgo: no muestra interés, Muestra interés de vez en cuando, Siempre estoy atento para participar, me gusta participar; Uso del suelo o lotes entre: Residencial, Instituciones, recreacional, sin construcción; Material estructural: adobe, albañilería Estructural, Estructura Aporticada; Estado de Conservación: Muy buena, Buena, Regular, Mala; Servicios Básicos: con 3 servicios, con 2 servicios, con 1 servicio, sin servicio; cuenta con obras de mitigación: ninguna, Drenaje Pluvial, Diques de Retención en cárcavas.

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO A NIVEL DE MANZANAS

Para la elaboración de mapas de peligros, se procedió a analizar a nivel de manzanas con características que respondían a una misma estratificación de peligro para ello se utilizó las herramientas de análisis espaciales propias del software GIS cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla N° 132: Estimación del Peligro a nivel de Manzanas

VALOR DE PELIGROSIDAD													
MANZANAS	DESCRIPTORES PARAMETRO DE EVALUACION		60%	DESCRIPTOR DE SUSCEPTIBILIDAD						40%	VALOR DE PELIGROSIDAD	NIVEL DE PELIGRO	
	TIRANTE DE AGUA	PESO TIRANTE DE AGUA		VALOR FENOMENO DE INUNDACION	FACTOR CONDICIONANTE			70%	FACTOR DESENCADENANTE				
					TOPOGRAFIA	GEOMORFOLOGIA	GEOLOGIA		PRECIPITACION				P_P
1	1	1	0.623	0.239	0.137	0.137	1	1	1	1	1		
Mz. 1	< 0.20 m	0.037	0.022	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.209	ALTO
Mz. 2	0.25-0.30 m	0.134	0.080	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.267	MUY ALTO
Mz. 3	0.25-0.30 m	0.134	0.080	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.267	MUY ALTO
Mz. 4	0.25-0.30 m	0.134	0.080	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.267	MUY ALTO
I.E. 70035	< 0.20 m	0.037	0.022	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.209	ALTO
Mz. 6	< 0.20 m	0.037	0.022	0.503	0.648	0.633	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.209	ALTO
Mz. 7	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.633	0.633	0.283	PAP2	0.26	0.08	0.166	ALTO
Mz. 8	0.20-0.25 m	0.063	0.038	0.260	0.230	0.633	0.633	0.213	PAP2	0.26	0.08	0.154	ALTO
Mz. 9	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.230	0.633	0.633	0.213	PAP2	0.26	0.08	0.138	ALTO
Mz. 10	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.230	0.633	0.633	0.213	PAP2	0.26	0.08	0.138	ALTO
Mz. 11	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.106	0.106	0.232	PAP2	0.26	0.08	0.146	ALTO
Mz. 12	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 13	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 14	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 15	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 16	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 17	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.230	0.106	0.106	0.162	PAP2	0.26	0.08	0.118	MEDIO
Mz. 18	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 19	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.230	0.106	0.106	0.162	PAP2	0.26	0.08	0.118	MEDIO

Mz. 20	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 21	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 22	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 23	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 24	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 25	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 26	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 27	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 28	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.106	0.078	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 29	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.106	0.078	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 30	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.106	0.078	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 31	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 32	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 33	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 34	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 35	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 36	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 37	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 38	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 39	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 40	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 41	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 42	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.260	0.122	PAP2	0.26	0.08	0.102	MEDIO
Mz. 43	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.260	0.122	PAP2	0.26	0.08	0.102	MEDIO
Mz. 44	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.260	0.122	PAP2	0.26	0.08	0.102	MEDIO
Mz. 45	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 46	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.260	0.122	PAP2	0.26	0.08	0.102	MEDIO
Mz. 47	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 48	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 49	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO

Mz. 50	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 51	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 52	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 53	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Área Verde 1	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 55	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 56	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 57	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 58	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 59	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 60	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 61	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 62	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.106	0.177	PAP2	0.26	0.08	0.124	MEDIO
Mz. 63	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 64	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
ÁREA VERDE 2	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 66	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 67	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 68	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 69	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
Mz. 70	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.260	0.192	PAP2	0.26	0.08	0.130	MEDIO
Mz. 71	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.122	0.260	0.061	PAP2	0.26	0.08	0.078	BAJO
Mz. 72	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.122	0.260	0.061	PAP2	0.26	0.08	0.078	BAJO
Mz. 73	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.122	0.260	0.061	PAP2	0.26	0.08	0.078	BAJO
Mz. 74	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.122	0.260	0.061	PAP2	0.26	0.08	0.078	BAJO
Mz. 75	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.122	0.260	0.075	PAP2	0.26	0.08	0.083	MEDIO
Mz. 76	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.260	0.093	PAP2	0.26	0.08	0.091	MEDIO
Mz. 77	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.260	0.122	PAP2	0.26	0.08	0.102	MEDIO
Mz. 78	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.260	0.079	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO

Mz. 79	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.260	0.079	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 80	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.260	0.079	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 81	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.106	0.064	PAP2	0.26	0.08	0.079	BAJO
Mz. 82	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.106	0.078	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 83	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.260	0.093	PAP2	0.26	0.08	0.091	MEDIO
Mz. 84	< 0.20 m	0.037	0.022	0.068	0.230	0.106	0.078	PAP2	0.26	0.08	0.085	MEDIO
Mz. 85	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.106	0.064	PAP2	0.26	0.08	0.079	BAJO
Mz. 86	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 87	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 88	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.230	0.106	0.107	PAP2	0.26	0.08	0.096	MEDIO
Mz. 89	< 0.20 m	0.037	0.022	0.260	0.648	0.260	0.247	PAP2	0.26	0.08	0.152	ALTO
UNA- PUNO	< 0.20 m	0.037	0.022	0.503	0.648	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.209	ALTO
COL. APLIC. UNA PUNO	< 0.20 m	0.037	0.022	0.503	0.648	0.633	0.388	PAP2	0.26	0.08	0.209	ALTO
BOSQUE UNA- PUNO	< 0.20 m	0.037	0.022	0.134	0.648	0.106	0.177	PAP2	0.26	0.08	0.124	MEDIO
AREA VERDE 3	< 0.20 m	0.037	0.022	0.035	0.230	0.106	0.064	PAP2	0.26	0.08	0.079	BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

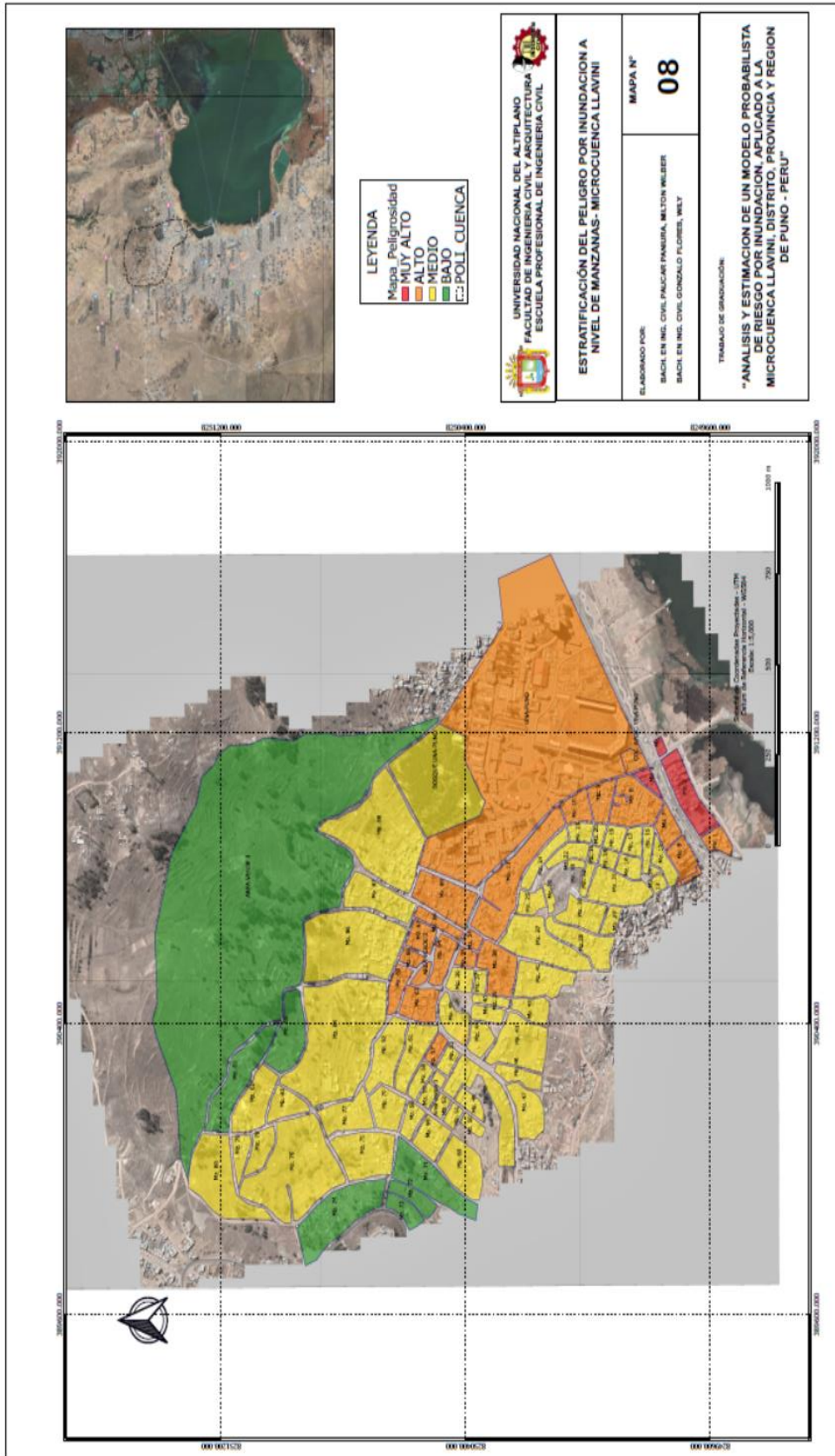


Figura N° 100: Mapa de peligro por Inundación a nivel de Manzanas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

4.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD A NIVEL DE MANZANAS

4.2.1. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad Social a Nivel de Manzanas.

Tabla N° 133: Determinación de Vulnerabilidad Social a nivel de Manzanas

MANZANAS	EXPOSICIÓN	DIMENSION SOCIAL										RESILIENCIA	40%	V_DIMENSION_SOCIAL		
		FRAGILIDAD					GRUPO ETARIO (PESO)									
		POBLACION	niños 0 A 14		adultos 15 A 64		ancianos MAYO A 65		P_niños	P_adultos	P_ancianos				Capacitación en temas de Riesgo	Interés por participar en campañas de prevención de riesgo por inundación
			1.00													
Mz. 1	0.268	9	37	3	0.669	0.074	0.257	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081			
Mz. 2	0.268	16	60	5	0.278	0.278	0.133	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106			
Mz. 3	0.268	17	34	2	0.278	0.119	0.133	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103			
Mz. 4	0.268	0	0	0	0.064	0.067	0.066	0.064	0.067	0.066	0.512	0.258	0.068			
I.E. 70035	0.133	353	30	0	0.535	0.119	0.066	0.535	0.119	0.066	0.512	0.258	0.120			
Mz. 6	0.268	24	154	10	0.278	0.278	0.284	0.278	0.278	0.284	0.512	0.258	0.114			
Mz. 7	0.268	39	115	16	0.535	0.278	0.284	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151			
Mz. 8	0.268	59	262	37	0.535	0.278	0.284	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151			
Mz. 9	0.268	28	104	15	0.278	0.278	0.284	0.278	0.278	0.284	0.512	0.258	0.114			
Mz. 10	0.268	46	144	16	0.535	0.278	0.284	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151			
Mz. 11	0.268	42	89	14	0.535	0.278	0.284	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151			
Mz. 12	0.268	32	106	8	0.535	0.278	0.133	0.535	0.278	0.133	0.512	0.258	0.143			
Mz. 13	0.268	8	38	4	0.124	0.119	0.133	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081			

Mz. 14	0.268	13	25	4	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 15	0.268	12	63	7	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 16	0.268	20	61	1	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 17	0.268	16	44	10	0.278	0.278	0.284	0.512	0.258	0.114
Mz. 18	0.268	5	18	1	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 19	0.268	9	33	8	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 20	0.268	8	38	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 21	0.268	2	16	1	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 22	0.268	13	28	1	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 23	0.268	8	40	10	0.124	0.119	0.284	0.512	0.258	0.089
Mz. 24	0.268	14	49	7	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 25	0.268	9	29	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 26	0.268	4	22	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 27	0.268	55	132	10	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
Mz. 28	0.268	53	130	5	0.535	0.278	0.133	0.512	0.258	0.143
Mz. 29	0.268	17	64	5	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 30	0.268	30	59	2	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 31	0.268	13	47	6	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 32	0.268	9	15	0	0.124	0.119	0.066	0.512	0.258	0.077
Mz. 33	0.268	0	8	1	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 34	0.268	13	31	1	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 35	0.268	14	34	5	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 36	0.268	15	44	6	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 37	0.268	6	21	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 38	0.268	32	85	3	0.535	0.278	0.133	0.512	0.258	0.143
Mz. 39	0.268	5	18	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 40	0.268	19	53	4	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 41	0.268	39	152	11	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
Mz. 42	0.268	13	37	2	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 43	0.268	40	79	6	0.535	0.278	0.133	0.512	0.258	0.143

Mz. 44	0.268	12	29	4	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 45	0.268	11	27	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 46	0.268	8	30	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 47	0.268	12	33	2	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 48	0.268	70	213	11	0.535	0.537	0.284	0.512	0.258	0.155
Mz. 49	0.268	14	36	5	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 50	0.268	9	22	0	0.124	0.119	0.066	0.512	0.258	0.077
Mz. 51	0.268	9	39	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 52	0.268	13	32	2	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 53	0.268	10	46	4	0.124	0.278	0.133	0.512	0.258	0.083
Área Verde 1	0.042	0	0	0	0.064	0.067	0.066	0.074	0.258	0.032
Mz. 55	0.268	11	33	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 56	0.268	19	54	5	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 57	0.268	4	34	4	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 58	0.268	11	35	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 59	0.268	18	44	5	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 60	0.268	6	31	0	0.124	0.119	0.066	0.512	0.258	0.077
Mz. 61	0.268	14	29	2	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 62	0.268	23	59	2	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 63	0.268	24	69	5	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 64	0.268	15	50	7	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
ÁREA VERDE 2	0.042	0	0	0	0.064	0.067	0.066	0.074	0.258	0.032
Mz. 66	0.268	21	51	5	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 67	0.268	12	36	4	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 68	0.268	6	25	7	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 69	0.268	18	44	3	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 70	0.268	28	55	3	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 71	0.268	21	78	7	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 72	0.268	0	0	0	0.064	0.067	0.066	0.512	0.258	0.068

Mz. 73	0.268	0	2	1	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 74	0.042	24	73	16	0.278	0.278	0.284	0.512	0.258	0.087
Mz. 75	0.268	18	38	2	0.278	0.119	0.133	0.512	0.258	0.103
Mz. 76	0.042	3	19	1	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.054
Mz. 77	0.268	6	15	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 78	0.268	0	8	4	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 79	0.268	3	15	3	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 80	0.042	0	12	1	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.045
Mz. 81	0.268	0	8	3	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 82	0.268	6	18	2	0.124	0.119	0.133	0.512	0.258	0.081
Mz. 83	0.268	0	8	2	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 84	0.268	29	86	8	0.278	0.278	0.133	0.512	0.258	0.106
Mz. 85	0.268	0	4	1	0.064	0.119	0.133	0.512	0.258	0.072
Mz. 86	0.268	44	129	11	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
Mz. 87	0.268	33	94	11	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
Mz. 88	0.268	52	135	13	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
Mz. 89	0.268	34	121	25	0.535	0.278	0.284	0.512	0.258	0.151
UNA-PUNO	0.558	0	18941	0	0.000	0.537	0.066	0.512	0.258	0.100
COL. APLIC. UNA-PUNO	0.133	0	375	0	0.000	0.537	0.066	0.512	0.258	0.050
BOSQUE UNA-PUNO	0.042	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.512	0.258	0.027
AREA VERDE 3	0.042	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.512	0.258	0.027

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

4.2.2. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad Económica a Nivel de Manzanas.

Tabla N° 134: Determinación de Vulnerabilidad Económica a nivel de Manzanas

MANZANAS		DIMENSION ECONOMICA											60%		V_D MENS ION_ ECON OMIC O		
		FRAGILIDAD											RESILIENCIA				
		0.648											0.23				
EXPO SICIO N	0.122											CUE NT A CON OBRAS DE MITIG ACION		P_ OBRAS DE MITI GACI ON	V_D MENS ION_ ECON OMIC O		
Uso del Suelo o Lotes	MATERIAL ESTRUCTUR AL			MAT_ ESTR C. (peso)		ESTADO DE CONSERVACION				DESC_ EC (PESO)		SERVICIOS BASICOS				DES_ SERV. (PESO)	
1	ALB. ESTR	EST. APORT	ADOB.	0.201		0.681				0.118		1		Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 1	10	0	3	0.23	3	7	3	0	0.085	1	1	1	10				0.058
Mz. 2	25	0	0	0.23	6	19	0	0	0.085	0	1	1	23	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 3	18	0	1	0.23	2	16	1	0	0.085	0	0	1	18	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 4	1		0	0.23	0	0	1	0	0.085	0	1	0	0	0.297	Drenaje Pluvial	0.234	0.091
I.E. 70035	0	1	0	0.122	1	0	0	0	0.055	0	0	0	1	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.079
Mz. 6	160	0	4	0.23	16	14	4	0	0.085	1	2	7	15	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116



Mz. 7	0.553	97	0	6	0.23	9	88	4	2	0.085	0	0	2	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 8	0.553	154	0	11	0.23	16	138	10	1	0.085	0	0	7	15	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 9	0.553	68	0	6	0.23	6	62	5	1	0.085	1	1	4	68	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 10	0.553	79	0	5	0.23	7	72	5	0	0.085	0	0	2	82	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 11	0.553	43	0	1	0.23	4	39	1	0	0.085	0	0	1	43	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 12	0.553	51	0	4	0.23	5	46	4	0	0.085	0	0	2	53	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 13	0.553	24	0	3	0.23	3	21	3	0	0.085	0	0	2	25	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 14	0.553	17	0	0	0.23	2	15	0	0	0.085	0	0	0	17	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 15	0.553	57	0	5	0.23	5	52	5	0	0.085	0	0	3	59	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 16	0.553	25	0	9	0.23	3	22	7	1	0.085	1	0	2	30	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 17	0.553	19	0	3	0.23	2	17	3	0	0.085	0	0	1	24	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 18	0.553	10	0	1	0.23	1	8	1	0	0.085	0	0	1	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 19	0.553	60	0	0	0.23	6	54	0	0	0.085	0	0	0	60	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 20	0.553	9	0	2	0.23	1	8	0	2	0.085	0	2	0	9	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 21	0.553	6	0	1	0.23	1	5	1	0	0.085	0	0	1	6	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 22	0.553	13	0	3	0.23	1	12	3	0	0.085	0	0	2	14	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116



Mz. 23	0.553	28	0	2	0.23	2	26	2	0	0.085	0	0	1	29	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 24	0.553	37	0	5	0.23	3	34	5	0	0.085	0	0	1	41	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 25	0.553	14	0	4	0.23	1	13	4	0	0.085	0	0	1	17	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 26	0.553	11	0	1	0.23	1	10	1	0	0.085	0	0	1	11	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 27	0.553	92	0	9	0.23	9	83	9	0	0.085	0	0	4	97	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz.28	0.553	78	0	11	0.23	8	70	11	0	0.085	0	0	4	85	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 29	0.553	20	0	8	0.23	2	18	8	0	0.085	0	0	4	24	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 30	0.553	18	0	4	0.23	2	16	4	0	0.085	0	0	2	20	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 31	0.553	63	0	6	0.23	6	57	6	0	0.085	0	0	3	66	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 32	0.553	6	0	1	0.23	1	5	1	0	0.085	0	0	1	6	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 33	0.553	4	0	1	0.23	0	4	1	0	0.085	0	0	1	4	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 34	0.553	7	0	1	0.23	0	7	1	0	0.085	0	0	1	7	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 35	0.553	21	0	1	0.23	2	19	1	0	0.085	0	0	1	21	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 36	0.553	19	0	2	0.23	1	18	2	0	0.085	0	0	1	20	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 37	0.553	12	0	2	0.23	1	11	2	0	0.085	0	0	1	13	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 38	0.553	38	0	2	0.23	3	35	2	0	0.085	0	0	1	39	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116



Mz. 39	0.553	12	0	4	0.23	1	11	4	0	0.085	0	0	1	15	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 40	0.553	22	0	2	0.23	2	20	2	0	0.085	0	0	1	23	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 41	0.553	93	0	4	0.23	10	83	4	0	0.085	0	0	2	95	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 42	0.553	13	0	3	0.23	1	12	3	0	0.085	0	0	1	15	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 43	0.553	36	0	4	0.23	4	32	4	0	0.085	0	0	2	38	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 44	0.553	10	0	0	0.23	0	10	0	0	0.085	0	0	0	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 45	0.553	9	0	6	0.23	0	9	6	0	0.085	0	0	2	13	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 46	0.553	15	0	2	0.23	1	14	2	0	0.085	0	0	1	16	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 47	0.553	21	0	1	0.23	2	19	0	1	0.085	1	0	0	21	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 48	0.553	78	0	8	0.23	8	70	8	0	0.085	0	0	4	82	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 49	0.553	18	0	1	0.23	1	17	1	0	0.085	0	0	0	20	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 50	0.553	9	0	2	0.23	0	9	2	0	0.085	0	0	1	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 51	0.553	10	0	1	0.23	0	10	1	0	0.085	0	0	0	11	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 52	0.553	7	0	4	0.64	0	7	4	0	0.085	0	0	1	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.148
Mz. 53	0.553	18	0	2	0.23	1	17	2	0	0.085	0	0	1	19	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Área Verde 1	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ninguna	0	0.004

Mz. 55	0.553	8	0	3	0.23	0	8	3	0	0.085	0	0	1	10	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 56	0.553	18	0	5	0.23	2	16	5	0	0.085	0	0	2	21	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 57	0.553	16	0	1	0.23	1	15	1	0	0.085	0	0	0	17	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 58	0.553	15	0	2	0.23	1	14	2	0	0.085	0	0	1	16	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 59	0.553	17	0	4	0.23	1	16	4	0	0.085	0	0	2	19	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 60	0.553	13	0	0	0.23	0	13	0	0	0.085	0	0	0	13	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 61	0.553	13	0	2	0.23	1	12	2	0	0.085	0	0	1	14	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 62	0.553	16	0	9	0.23	1	15	9	0	0.085	0	0	5	20	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 63	0.553	27	0	0	0.23	3	24	0	0	0.085	0	0	1	26	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 64	0.553	27	0	0	0.23	2	25	0	0	0.085	0	0	0	27	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
ÁREA VERDE 2	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ninguna	0	0.004
Mz. 66	0.553	21	0	1	0.23	2	19	1	0	0.085	0	0	1	21	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 67	0.553	11	0	4	0.23	1	10	4	0	0.085	0	0	1	14	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 68	0.553	9	0	0	0.23	0	9	0	0	0.085	0	0	0	9	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 69	0.553	13	0	1	0.23	0	13	1	0	0.085	0	0	1	13	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116

Mz. 70	0.553	27	0	3	0.23	3	24	3	0	0.085	0	0	0	2	28	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 71	0.553	19	0	7	0.23	1	18	7	0	0.085	0	0	0	2	24	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 72	0.553	0	0	0	0.23	0	0	0	0	0.085	0	0	0	0	0	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 73	0.553	1	0	0	0.23	0	1	0	0	0.085	0	0	0	0	1	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116
Mz. 74	0.553	26	0	20	0.648	2	24	20	0	0.085	0	0	4	42	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.149	
Mz. 75	0.553	13	0	4	0.23	0	13	4	0	0.085	0	0	2	15	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 76	0.553	5	0	1	0.23	0	5	1	0	0.085	0	0	1	5	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 77	0.553	9	0	4	0.23	0	9	4	0	0.085	0	0	0	13	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 78	0.553	0	0	4	0.648	0	0	4	0	0.085	0	0	3	1	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.149	
Mz. 79	0.553	7	0	3	0.23	0	7	3	0	0.085	0	0	2	8	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 80	0.553	6	0	4	0.648	0	6	4	0	0.085	0	0	2	8	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.149	
Mz. 81	0.553	2	0	6	0.648	0	2	6	0	0.085	0	0	4	4	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.149	
Mz. 82	0.553	17	0	4	0.23	1	16	4	0	0.085	0	0	2	19	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 83	0.553	4	0	2	0.648	0	4	2	0	0.085	0	0	2	4	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.149	
Mz. 84	0.553	37	0	8	0.23	3	34	8	0	0.085	0	0	4	41	0.058	Diques de retención	0.078	0.094	

Mz. 85	0.553	1	0	3	0.648	0	1	3	0	0.085	0	0	0	1	3	0.058	Diques de retención	0.078	0.127
Mz. 86	0.553	53	0	11	0.23	5	48	11	0	0.085	0	0	4	60	0.058	Diques de retención	0.078	0.094	
Mz. 87	0.553	44	0	6	0.23	4	40	6	0	0.085	0	0	3	47	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 88	0.553	56	0	11	0.23	5	51	11	0	0.085	0	0	5	62	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
Mz. 89	0.553	51	0	7	0.23	5	46	7	0	0.085	0	0	3	55	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.116	
UNA-PUNO	0.269	0	111	0	0.122	111	0	0	0	0.055	0	0	0	1	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.079	
COL. APLIC. UNA PUNO	0.269	0	6	0	0.122	1	0	0	0	0.055	0	0	0	1	0.058	Drenaje Pluvial	0.234	0.079	
BOSQUE UNA-PUNO	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ninguna	0	0.004	
AREA VERDE 3	0.058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ninguna	0	0.004	

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

4.2.3. Determinación del Nivel de Vulnerabilidad a Nivel de Manzanas.

Tabla N° 135: Determinación de Vulnerabilidad a nivel de Manzanas

MANZANAS	V_DIMENSION_SOCIAL	V_DIMENSION ECONOMICO	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Mz. 1	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 2	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 3	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 4	0.068	0.091	0.158	ALTO
I.E. 70035	0.120	0.079	0.199	ALTO
Mz. 6	0.114	0.116	0.230	ALTO
Mz. 7	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 8	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 9	0.114	0.116	0.230	ALTO
Mz. 10	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 11	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 12	0.143	0.116	0.259	MUY ALTO
Mz. 13	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 14	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 15	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 16	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 17	0.114	0.116	0.230	ALTO
Mz. 18	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 19	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 20	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 21	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 22	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 23	0.089	0.116	0.205	ALTO
Mz. 24	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 25	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 26	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 27	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz.28	0.143	0.116	0.259	MUY ALTO
Mz. 29	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 30	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 31	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 32	0.077	0.116	0.193	ALTO
Mz. 33	0.072	0.116	0.188	ALTO



Mz. 34	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 35	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 36	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 37	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 38	0.143	0.116	0.259	MUY ALTO
Mz. 39	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 40	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 41	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 42	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 43	0.143	0.116	0.259	MUY ALTO
Mz. 44	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 45	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 46	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 47	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 48	0.155	0.116	0.271	MUY ALTO
Mz. 49	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 50	0.077	0.116	0.193	ALTO
Mz. 51	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 52	0.103	0.148	0.251	ALTO
Mz. 53	0.083	0.116	0.199	ALTO
Área Verde 1	0.032	0.004	0.036	BAJO
Mz. 55	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 56	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 57	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 58	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 59	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 60	0.077	0.116	0.193	ALTO
Mz. 61	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 62	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 63	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 64	0.106	0.116	0.222	ALTO
ÁREA VERDE 2	0.032	0.004	0.036	BAJO
Mz. 66	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 67	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 68	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 69	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 70	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 71	0.106	0.116	0.222	ALTO
Mz. 72	0.068	0.116	0.184	ALTO
Mz. 73	0.072	0.116	0.188	ALTO
Mz. 74	0.087	0.149	0.236	ALTO
Mz. 75	0.103	0.116	0.219	ALTO
Mz. 76	0.054	0.116	0.170	ALTO
Mz. 77	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 78	0.072	0.149	0.221	ALTO



Mz. 79	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 80	0.045	0.149	0.194	ALTO
Mz. 81	0.072	0.149	0.221	ALTO
Mz. 82	0.081	0.116	0.197	ALTO
Mz. 83	0.072	0.149	0.221	ALTO
Mz. 84	0.106	0.094	0.200	ALTO
Mz. 85	0.072	0.127	0.199	ALTO
Mz. 86	0.151	0.094	0.245	ALTO
Mz. 87	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 88	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
Mz. 89	0.151	0.116	0.267	MUY ALTO
UNA-PUNO	0.100	0.079	0.179	ALTO
COL. APLIC. UNA PUNO	0.050	0.079	0.129	ALTO
BOSQUE UNA-PUNO	0.027	0.004	0.031	BAJO
AREA VERDE 3	0.027	0.004	0.031	BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

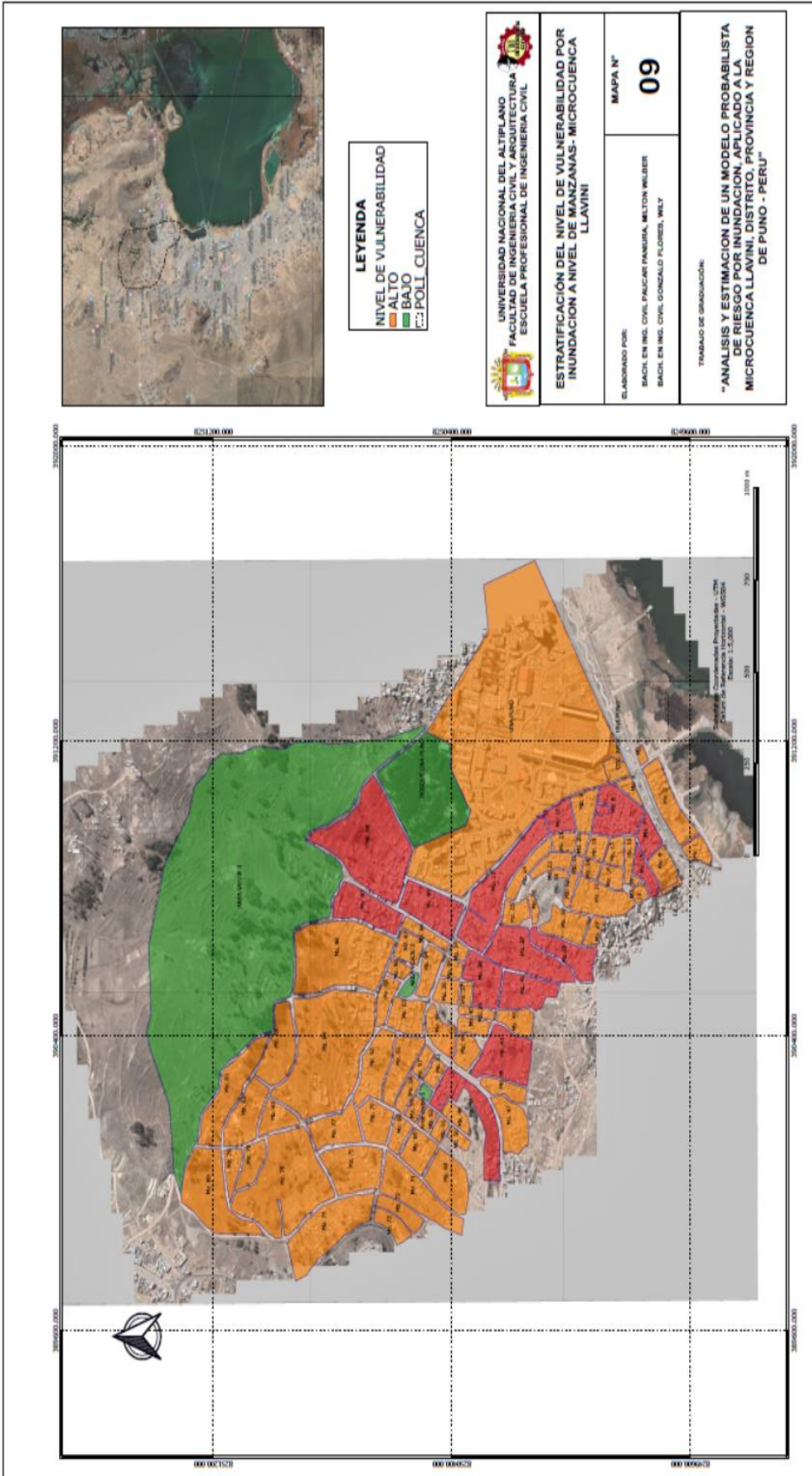


Figura N° 101: Mapa de vulnerabilidad a nivel de Manzanas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

4.3. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO A NIVEL DE MANZANAS

Tabla N° 136: Estimación del riesgo a nivel de manzanas

MANZANAS	VALOR DE PELIGROSIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	VALOR DEL RIESGO	NIVEL DE RIESGO
Mz. 1	0.209	0.197	0.041	ALTO
Mz. 2	0.267	0.222	0.059	ALTO
Mz. 3	0.267	0.219	0.058	ALTO
Mz. 4	0.267	0.158	0.042	ALTO
I.E. 70035	0.209	0.199	0.042	ALTO
Mz. 6	0.209	0.230	0.048	ALTO
Mz. 7	0.166	0.267	0.044	ALTO
Mz. 8	0.154	0.267	0.041	ALTO
Mz. 9	0.138	0.230	0.032	ALTO
Mz. 10	0.138	0.267	0.037	ALTO
Mz. 11	0.146	0.267	0.039	ALTO
Mz. 12	0.096	0.259	0.025	ALTO
Mz. 13	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 14	0.096	0.219	0.021	ALTO
Mz. 15	0.096	0.222	0.021	ALTO
Mz. 16	0.096	0.222	0.021	ALTO
Mz. 17	0.118	0.230	0.027	ALTO
Mz. 18	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 19	0.118	0.197	0.023	ALTO
Mz. 20	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 21	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 22	0.096	0.219	0.021	ALTO
Mz. 23	0.096	0.205	0.020	ALTO
Mz. 24	0.096	0.222	0.021	ALTO
Mz. 25	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 26	0.096	0.197	0.019	ALTO
Mz. 27	0.096	0.267	0.026	ALTO
Mz.28	0.085	0.259	0.022	ALTO
Mz. 29	0.085	0.222	0.019	ALTO
Mz. 30	0.085	0.222	0.019	ALTO
Mz. 31	0.096	0.222	0.021	ALTO
Mz. 32	0.096	0.193	0.019	ALTO
Mz. 33	0.096	0.188	0.018	ALTO
Mz. 34	0.152	0.219	0.033	ALTO
Mz. 35	0.152	0.219	0.033	ALTO
Mz. 36	0.130	0.222	0.029	ALTO
Mz. 37	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 38	0.152	0.259	0.039	ALTO
Mz. 39	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 40	0.130	0.222	0.029	ALTO
Mz. 41	0.096	0.267	0.026	ALTO
Mz. 42	0.102	0.219	0.022	ALTO
Mz. 43	0.102	0.259	0.026	ALTO
Mz. 44	0.102	0.219	0.022	ALTO
Mz. 45	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 46	0.102	0.197	0.020	ALTO



Mz. 47	0.130	0.219	0.028	ALTO
Mz. 48	0.130	0.271	0.035	ALTO
Mz. 49	0.130	0.219	0.028	ALTO
Mz. 50	0.130	0.193	0.025	ALTO
Mz. 51	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 52	0.130	0.251	0.033	ALTO
Mz. 53	0.130	0.199	0.026	ALTO
Área Verde 1	0.130	0.036	0.005	MEDIO
Mz. 55	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 56	0.130	0.222	0.029	ALTO
Mz. 57	0.152	0.197	0.030	ALTO
Mz. 58	0.130	0.197	0.026	ALTO
Mz. 59	0.130	0.222	0.029	ALTO
Mz. 60	0.130	0.193	0.025	ALTO
Mz. 61	0.130	0.219	0.028	ALTO
Mz. 62	0.124	0.222	0.028	ALTO
Mz. 63	0.152	0.222	0.034	ALTO
Mz. 64	0.152	0.222	0.034	ALTO
ÁREA VERDE 2	0.152	0.036	0.006	MEDIO
Mz. 66	0.152	0.222	0.034	ALTO
Mz. 67	0.152	0.219	0.033	ALTO
Mz. 68	0.152	0.197	0.030	ALTO
Mz. 69	0.152	0.222	0.034	ALTO
Mz. 70	0.130	0.222	0.029	ALTO
Mz. 71	0.078	0.222	0.017	MEDIO
Mz. 72	0.078	0.184	0.014	MEDIO
Mz. 73	0.078	0.188	0.015	MEDIO
Mz. 74	0.078	0.236	0.018	ALTO
Mz. 75	0.083	0.219	0.018	ALTO
Mz. 76	0.091	0.170	0.015	MEDIO
Mz. 77	0.102	0.197	0.020	ALTO
Mz. 78	0.085	0.221	0.019	ALTO
Mz. 79	0.085	0.197	0.017	MEDIO
Mz. 80	0.085	0.194	0.016	MEDIO
Mz. 81	0.079	0.221	0.017	MEDIO
Mz. 82	0.085	0.197	0.017	MEDIO
Mz. 83	0.091	0.221	0.020	ALTO
Mz. 84	0.085	0.200	0.017	MEDIO
Mz. 85	0.079	0.199	0.016	MEDIO
Mz. 86	0.096	0.245	0.024	ALTO
Mz. 87	0.096	0.267	0.026	ALTO
Mz. 88	0.096	0.267	0.026	ALTO
Mz. 89	0.152	0.267	0.041	ALTO
UNA-PUNO	0.209	0.179	0.037	ALTO
COL. APLIC. UNA PUNO	0.209	0.129	0.027	ALTO
BOSQUE UNA-PUNO	0.124	0.031	0.003	BAJO
AREA VERDE 3	0.079	0.031	0.002	BAJO

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo

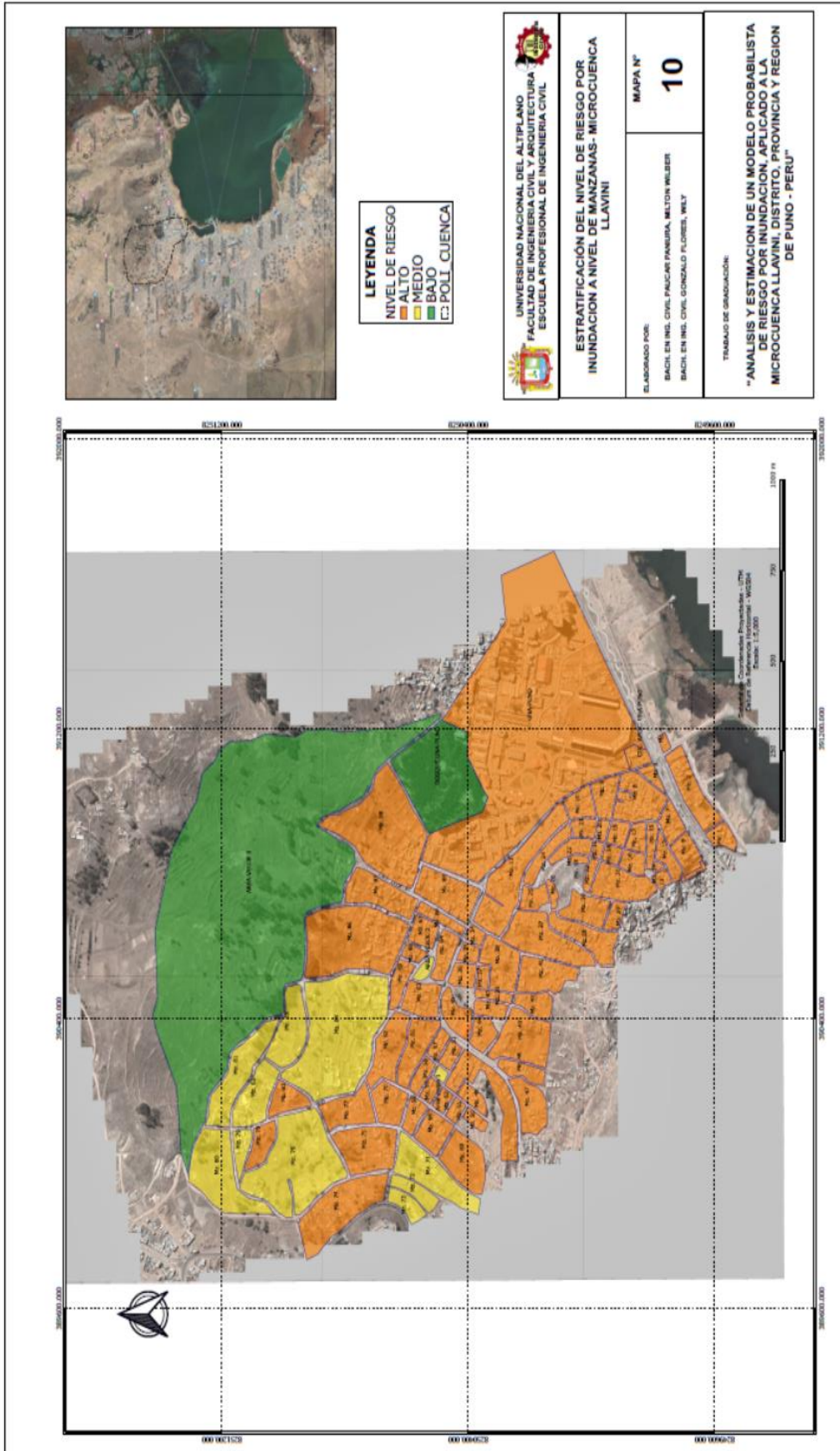


Figura N° 102: Mapa de Riesgo a nivel de Manzanitas

Fuente: Elaborado por el equipo de Trabajo



V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado una investigación de campo y de oficina para elaborar un modelo probabilista de riesgo por inundación donde concluimos lo siguiente:

- Se ha comprobado que las zonas afectadas por precipitaciones dentro la Microcuenca Llavini basados en el manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales del CENEPRED se encuentran en las zonas bajas.
- El nivel de peligrosidad encontrado ante una precipitación dentro de la Microcuenca Llavini, basados en el manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales del CENEPRED, se encuentran en áreas donde el peligro muy alto está dentro de las altitudes 3,865 a 3870 m.s.n.m. con un 3% del área total, peligro alto dentro de las altitudes 3883 a 3900 m.s.n.m., con un 24% del área total, el peligro medio dentro de las altitudes 3900 a 3910 m.s.n.m., con un área de 66 % del área total, y el peligro bajo dentro de las altitudes 3910 a 4091 m.s.n.m con un área de 7 % del área total.
- Las zonas vulnerables desde la dimensión social, teniendo en consideración los factores de exposición, fragilidad y resiliencia considerando como parámetros la población el grupo etario y capacitaciones; desde la dimensión económica, considerando factores la exposición, fragilidad y resiliencia considerando como parámetros el uso del suelo o lote, material estructural predominante, estado de conservación y servicios básicos, encontramos que cerca al 4% presenta una vulnerabilidad baja, 81% presenta una vulnerabilidad alta y un 15% presenta una vulnerabilidad muy alta.
- El nivel de riesgo, que resulta de la identificación de la peligrosidad y el análisis de la vulnerabilidad tanto social como económica, muestra que el 85% de las



manzanas presentan un riesgo alto, el 13% presenta un riesgo medio, y el 2% presenta un riesgo bajo.

- Se propone Implementar dos medidas Estructurales; la Primera Propuesta estructural es el diseño de Canales rectangulares de evacuación pluvial Tipo I, II y III el cual se plantea en el jirón Jorge Basadre y la avenida Panamá con las dimensiones especificadas en los Anexos N° 4 y 5, ya que el canal existente evacua un caudal de 14.0 m³/s, verificado con el Software Hcanales, siendo nuestro caudal de diseño 30.31m³/s, donde nos faltaría evacuar un caudal de 16.31m³/s, y esta ocasiona una inundación afectando a la población en las partes bajas de la Microcuenca Llavini y la segunda Propuesta Estructural es el control de cárcavas en las partes altas en dos quebradas de orden 01 con diques de retención de mampostería de piedra (Ver Anexos N° 4 y 5).



VI. RECOMENDACIONES

En base a las experiencias obtenidas en el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda un plan de desarrollo urbano, así como mantenimiento de los canales y el sistema de drenaje en la zona de estudio.
- Debe tenerse en cuenta que la información generada por el manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales del CENEPRED puede ser utilizada como una herramienta para la prevención de desastres; sin embargo, no debemos olvidar que los resultados de las simulaciones tienen como base un análisis probabilístico de la información, por lo que deben de ser utilizados con cautela
- Capacitar a toda la población acerca de las medidas preventivas y a reaccionar ante la ocurrencia de algún fenómeno natural, teniendo un plan de contingencia, de esa forma se podrán reducir el riesgo.



VII. REFERENCIAS

- Aguirre, N. (2007). *Manual para el Manejo Sustentable de Cuencas Hidrográficas*. Ecuador. Recuperado de [https://www.academia.edu/31926541/Universidad Nacional de Loja](https://www.academia.edu/31926541/Universidad_Nacional_de_Loja)
- Álvarez, L. (2012). *Evaluación de la vulnerabilidad físico-estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de Patulul, Suchitepéquez*. (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: LIMUSA, S.A. recuperado de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos de hidrologia de superficie - Aparicio.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf)
- Benítez, L. (2016). *Insumos técnicos para la modelación probabilista de riesgo de inundaciones en la cuenca del río Sucio utilizando el modelo Capra*. (tesis de pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador.
- Campos, A., Konstantinovich, E., & Igorevich, I. (2016). *Hidráulica, e hidrología para ingeniería*. MOSCÚ: ISBN 978-5. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/396966644/Hidraulica-e-Hidrologia-Para-Ingenieria-A-CAMPOS-pdf>
- Carranza, J. (2014). *Evaluación de riesgos de desastres en el asentamiento humano San José del Huito de la ciudad de Jaén – Cajamarca ante peligro de inundación*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- CENEPRED (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 02 Versión*, Lima.



- Chereque, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil*. Lima: CONCYTEC. recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/02/09/hidrologia-para-estudiantes-de-ingenieria-civil/>
- Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL. Obtenido de [https://www.academia.edu/41947945/Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow David R Maidment Larry W Mays](https://www.academia.edu/41947945/Hidrologia_Aplicada_-_Ven_Te_Chow_David_R_Maidment_Larry_W_Mays)
- Chúa, A. (2017). *Desarrollo y calibración de un sistema informático para el análisis de tormentas, máximas avenidas y generación de lluvias escorrentía*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional agraria la Molina, Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/90434706-Universidad-nacional-agraria-la-molina.html>
- Gómez, J. a., Taguas, E. V., Vanwalleghem, T., Giráldez, J. V., Sánchez, F., Ayuso, J. L., Mora, J. (2011). *Criterios Técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y vegetación de paisajes agrarios*. Sevilla: Signatura Ediciones, S.L. recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/49395/1/Manual del operador xcarcavax.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/49395/1/Manual_del_operador_xcarcavax.pdf)
- Instituto de la Construcción y Gerencia ICG. (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima.
- Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo*. Lima.
- Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales*. Lima.



- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2006 Evaluación y Estimación del Riesgo*. Recuperado de https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/1.6_eva_riesgo.pdf
- Keeney, R.L. (1992) *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making*. Harvard University Press, Cambridge. Obtenido de [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1933552](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1933552)
- León, V. A., Montoya, A. B., & Rivera, A. E. (2013). *Caracterización hidrogeológica de la zona sur del municipio de chalatenango, limítrofe con el embalse cerron grande*. (tesis de pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador.
- Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el puente Candopata hasta el puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión – La Libertad*. (maestría). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Mandragón, E. (2013). *Evaluación del nivel de riesgo de inundación, por el río amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Mechato, F. (2017). *Efectos de las inundaciones fluviales en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariategui. Catacaos – Piura. 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Mendoza, M. (2017). *Evaluación del riesgo por inundaciones en la quebrada romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011-2016*. (tesis de pregrado). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.



- Pedraza, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad urbana y resiliencia ante lluvias intensas en la ciudad de ensenada, b.c.* (maestría). El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México.
- Percca, G. (2017). *Estudio y diseño del pavimento rígido en la Av. Perú de la ciudad de Juliaca tramo II Jr. Francisco pizarro - Av. Juliaca.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8772>
- Ponce, V. M. (2014). *Fundamentos de la hidráulica de canales.* San diego - California. Recuperado de http://ponce.sdsu.edu/canales/hidraulica_de_canales_01.html
- RNE. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima. Recuperado de <https://www.inagep.com/contenidos/reglamento-nacional-de-edificaciones-actualizado-al-2019>
- Rosas, L. (2009). *Manual de Procedimientos de Delimitación y codificación de Unidades Hidrográficas.* Ecuador: UICN SUR. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/IG/6_manual_de_procedimientos_de_delimitacion.pdf
- Saaty, T.L. (1990). *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process.* *European Journal of Operational Research.* Recuperado de [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Villón, M. (2002). *Hidrología.* Lima: Villón. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2014/08/31/libro-de-hidrologia-maximo-villon/>



ANEXOS

ANEXO N° 01: DATOS DE PRECIPITACIONES DIARIAS DEL SENAMHI.

ANEXO N° 02: INFORME DE GEORREFERENCIACION – GPS DIFERENCIAL
MODELO R8.

ANEXO N° 03: REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA MICROCUENCA LLAVINI.

ANEXO N° 04: DISEÑO DE DOS PROPUESTAS ESTRUCTURALES.

ANEXO N° 05: MAPAS DE LA MICROCUENCA LLAVINI.

ANEXO N° 06: MODELO DE ENCUESTA Y CRITERIOS PARA DETERMINAR EL
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE UNA ESTRUCTURA ANTE UNA
INUNDACIÓN.

ANEXO N° 07: PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO.

ANEXO N° 08: PLAN DE CONTINGENCIA.