

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO

ASESOR:

Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAS VIRILO

CAJAMARCA - PERÚ

2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Cristian Ronaldo Saldaña Castrejon
DNI: 70806490
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz
Facultad: Facultad de Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA
- Fecha de evaluación:** 07/02/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
- Código Documento:** oid: 3117:326316767
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/03/2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258601 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 12/03/2024 09:50:06-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A mi madre por su amor y apoyo incondicional a través de los años en cada etapa de mi vida y formación, eje fundamental que me permitió culminar satisfactoriamente mi etapa universitaria.

A mi familia, que con su granito de arena contribuyeron para lograr lo que me proponía y pueda realizar la presente investigación.

A mi estimado asesor, el Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz por su apoyo y recomendaciones para mejorar la presente investigación.

A mi querida Universidad Nacional de Cajamarca y en especial a la Facultad de Ingeniería que me acogieron durante varios años de mi vida, que me permitieron mejorar día a día como persona y futuro profesional.

DEDICATORIA

A mi madre, María Florinda Castrejon Valdez.

A mi familia, en especial a los hermanos Castrejon Valdez.

Al padre todopoderoso, que, junto a mi hermanito desde el cielo, día a día me bendicen.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. CONTEXTUALIZACION	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. HIPÓTESIS	3
1.5. JUSTIFICACIÓN	3
1.5.1. Justificación científica	3
1.5.2. Justificación teórica practica.....	4
1.5.3. Justificación institucional y personal.....	4
1.6. DELIMITACION	4
1.7. LIMITACIONES	4
1.8. ALCANCES	5
1.9. OBJETIVOS:.....	5
1.9.1. Objetivo general.....	5
1.9.2. Objetivos específicos:.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7

2.1.3. Antecedentes regionales y/o locales	8
2.2. BASES TEÓRICAS	9
2.2.1. Cartografía	9
2.2.1.1. Mapa	9
2.2.2. Topografía.....	9
2.2.2.1. Levantamiento Topográfico	9
2.2.3. Sistema de información geográfica	9
2.2.4. Software para Sistema de Información Geográfica	10
2.2.4.1. ArcGIS.....	10
2.2.5. Hidrología	10
2.2.6. Cuenca hidrológica	10
2.2.6.1. Tipos	10
2.2.6.2. Parámetros de forma.....	11
2.2.6.3. Parámetros de relieve	14
2.2.6.4. Parámetros relativos al drenaje.....	16
2.2.7. Análisis de frecuencias	17
2.2.8. Prueba de datos dudosos	17
2.2.9. Distribuciones estadísticas.....	18
2.2.9.1. Distribución normal.....	18
2.2.9.2. Distribución Log Normal de 2 parámetros	19
2.2.9.3. Distribución Log Normal de 3 parámetros	19
2.2.9.4. Distribución Gamma 2 parámetros.....	19
2.2.9.5. Distribución Gamma 3 parámetros.....	20
2.2.9.6. Distribución Log Pearson tipo III.....	20
2.2.9.7. Distribución Gumbel	20
2.2.9.8. Distribución Log Gumbel.....	21
2.2.10. Prueba de bondad de ajuste.....	21

2.2.10.1. Chi cuadrado	21
2.2.10.2. Kolmogorov-Smirnov	22
2.2.11. Ajuste por número de observaciones	23
2.2.12. Hidráulica fluvial	24
2.2.12.1. Clasificación de los ríos	24
2.2.12.1.1. Por la presencia de áreas de inundación	24
2.2.12.1.2. Por su edad	24
2.2.12.1.3. Por su morfología	25
2.2.12.1.4. Por su régimen hidrológico.....	26
2.2.12.1.5. Por su fondo.....	26
2.2.12.1.6. Por su régimen hidráulico.....	26
2.2.12.1.7. Por grados de libertad	26
2.2.12.2. Coeficiente de Manning	27
2.2.12.3. Tránsito de avenidas.....	28
2.2.13. Modelamiento hidrológico.....	29
2.2.13.1. Periodo de retorno	29
2.2.13.2. Intensidad de lluvia	29
2.2.13.3. Tiempo de concentración (Tc)	31
2.2.13.4. Curvas intensidad- duración - frecuencia (IDF).....	33
2.2.13.5. Hietograma de diseño.....	33
2.2.14. Determinación de caudales máximos	35
2.2.14.1. Método racional.....	35
2.2.14.2. Método SCS	36
2.2.14.2.1. Número de curva	37
2.2.15. Software para modelamiento hidrológico.....	41
2.2.15.1. HidroEsta2.....	41
2.2.15.2. HEC-HMS	42

2.2.15.2.1. Modelamiento con Hec Hms	43
2.2.16. Modelamiento hidráulico	44
2.2.17. Tipos de flujo	44
2.2.18. Tipos de regímenes	45
2.2.19. Software para modelamiento hidráulico	45
2.2.19.1. Iber	45
2.2.20. Inundaciones	48
2.2.21. Riesgo	49
2.2.21.1. Cálculo del riesgo.....	49
2.2.21.2. Peligrosidad.....	50
2.1. Definición de términos básicos.....	51
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
3.1. Ubicación	52
3.2. Materiales	53
3.2.1. Información Hidrológica	53
3.2.2. Información Cartográfica.....	54
3.2.3. Información Topográfica	54
3.2.4. Equipos	55
3.2.5. Softwares	56
3.3. Procedimiento	57
3.3.1. Delimitación de la cuenca.....	57
3.3.2. Parámetros de forma de la cuenca	61
3.3.3. Parámetros de relieve de la cuenca	63
3.3.4. Parámetros de drenaje de la cuenca	64
3.3.5. Caracterización desde el punto de vista fluvial	65
3.3.6. Caracterización de las áreas inundadas en el 2013.....	65
3.3.7. Modelamiento Hidrológico.....	66

3.3.8. Modelamiento hidráulico.....	86
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
4.1. Información hidrología	96
4.2. Información cartográfica	96
4.3. Información topográfica	97
4.4. Parámetros de la cuenca.....	98
4.4.1. Parámetros de forma de la cuenca	98
4.4.2. Parámetros de relieve de la cuenca.....	98
4.4.3. Parámetros de drenaje de la cuenca	99
4.5. Caracterización fluvial.....	99
4.6. Modelamiento hidrológico.....	102
4.6.1. Caudales máximos	102
4.7. Modelamiento hidráulico.....	103
4.7.1. Modelamiento para $Tr=50$ años.....	103
4.7.2. Modelamiento para $Tr=70$ años.....	105
4.7.3. Modelamiento para $Tr=100$ años.....	107
4.7.4. Modelamiento para $Tr=200$ años.....	109
4.8. Mapas de peligrosidad	111
4.9. Discusión de resultados	122
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1. Conclusiones.....	124
5.2. Recomendaciones	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
BIBLIOGRAFÍA.....	126
LINKOGRAFÍA.....	129
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Forma de la cuenca según el factor de forma de Horton</i>	12
Tabla 2 <i>Forma de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad</i>	12
Tabla 3 <i>Forma de la cuenca de acuerdo a la Razón de Elongación</i>	13
Tabla 4 <i>Forma de la cuenca de acuerdo a la Relación de circularidad</i>	13
Tabla 5 <i>Clasificación de la cuenca de acuerdo a la pendiente media</i>	15
Tabla 6 <i>Relaciones de bifurcación del drenaje de la cuenca</i>	17
Tabla 7 <i>Valores Kn para la prueba de datos dudosos</i>	18
Tabla 8 <i>Valores percentiles (X^2_p) de la distribución Chi cuadrado con n grados de libertad</i>	22
Tabla 9 <i>Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov</i>	23
Tabla 10 <i>Relación entre precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos fijos</i>	23
Tabla 11. <i>Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)</i>	27
Tabla 12 <i>Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora</i>	30
Tabla 13 <i>Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración</i>	32
Tabla 14 <i>Coeficiente de escorrentía C</i>	36
Tabla 15 <i>Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana</i>	38
Tabla 16 <i>Reclasificación del mapa de cobertura</i>	39
Tabla 17 <i>Reclasificación del mapa de suelo</i>	40
Tabla 18 <i>Valores del número de curva de los grupos hidrológicos</i>	41
Tabla 19 <i>Matriz de Peligro y Vulnerabilidad</i>	49
Tabla 20 <i>Matriz de peligrosidad</i>	50
Tabla 21 <i>Estación Namora (Código: 000321)</i>	53
Tabla 22 <i>Precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Namora</i>	53
Tabla 23 <i>Equipos usados</i>	55
Tabla 24 <i>Precipitaciones máximas anuales de la estación Namora sin datos dudosos</i>	67
Tabla 25 <i>Datos de la prueba de Kolmogorov Smirnov</i>	72
Tabla 26 <i>Precipitaciones máximas anuales para diferentes periodos de retorno</i>	72
Tabla 27 <i>Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno corregida</i>	73
Tabla 28 <i>Áreas por m² de cada número de curva y tipo de suelo y vegetación</i>	80
Tabla 29 <i>Determinación del número de curva promedio de la cuenca</i>	80

Tabla 30 <i>N de Manning para los usos de suelo identificados según French (1988)</i>	90
Tabla 31 <i>Parámetros de forma de la cuenca</i>	98
Tabla 32 <i>Parámetros de relieve de la cuenca</i>	98
Tabla 33 <i>Parámetros de drenaje de la cuenca</i>	99
Tabla 34 <i>Caracterización desde el punto de vista fluvial</i>	99
Tabla 35 <i>Porcentaje de áreas según uso de suelo</i>	101
Tabla 36 <i>Caudales máximos para los distintos periodos de retorno</i>	102
Tabla 37 <i>Áreas por nivel de intensidad de peligrosidad</i>	112
Tabla 38 <i>Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=50$ años</i>	112
Tabla 39 <i>Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=70$ años</i>	112
Tabla 40 <i>Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=100$ años</i>	113
Tabla 41 <i>Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=200$ años</i>	113
Tabla 42. <i>Puntos obtenidos del levantamiento topográfico</i>	135
Tabla 43 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Normal.</i>	155
Tabla 44 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Normal 2 parámetros</i>	156
Tabla 45 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Normal 3 parámetros</i>	157
Tabla 46 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gamma de 2 parámetros.</i>	158
Tabla 47 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gamma de 3 parámetros.</i>	159
Tabla 48 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gumbel</i>	160
Tabla 49 <i>Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Gumbel</i>	161
Tabla 50 <i>Intensidades para cada periodo de retorno</i>	162
Tabla 51 <i>Transformación de las intensidades a profundidad</i>	163
Tabla 52 <i>Valores de la precipitación según método del bloque alterno</i>	164
Tabla 53 <i>Valores de los hidrogramas SCS para los cuatro periodos de retorno</i>	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Cuenca hidrológica exorreica</i>	11
Figura 2 <i>Modelos de curvas hipsométricas del ciclo de erosión</i>	14
Figura 3 <i>Ejemplo de histograma de frecuencias</i>	15
Figura 4 <i>Número de orden de corrientes según Horton</i>	16
Figura 5 <i>Gráfica de una distribución normal</i>	19
Figura 6 <i>Comparación de las relaciones de forma de un río grande y uno pequeño</i>	24
Figura 7 <i>Clasificación morfológica de los ríos</i>	25
Figura 8 <i>Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima</i>	33
Figura 9 <i>Ejemplo de Hietograma de Diseño</i>	34
Figura 10 <i>Hidrograma unitario a dimensional del SCS</i>	37
Figura 11 <i>Mapa conceptual para la determinación del número de curva</i>	39
Figura 12 <i>Interfaz del software HidroEsta 2</i>	42
Figura 13 <i>Interfaz principal del software Iber</i>	46
Figura 14 <i>Menú Iber Herramientas y un ejemplo de edición de nodos de una malla</i>	47
Figura 15 <i>Malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos</i>	47
Figura 16 <i>Ejemplo de extensión de la inundación y altura de la lámina de agua</i>	48
Figura 17 <i>Leyenda de la Matriz de Peligro y Vulnerabilidad</i>	49
Figura 18 <i>Ubicación de la localidad de Namora</i>	52
Figura 19 <i>Curvas de nivel de la carta nacional 15g</i>	54
Figura 20 <i>Curvas de nivel junto a los ríos y quebradas del distrito de Namora</i>	57
Figura 21 <i>Modelo digital de elevaciones del distrito de Namora</i>	57
Figura 22 <i>Direcciones de flujo del distrito de Namora</i>	58
Figura 23 <i>Acumulaciones de flujo en el distrito de Namora</i>	58
Figura 24 <i>Cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	59
Figura 25 <i>TIN de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	59
Figura 26 <i>Relieve de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	59
Figura 27 <i>Delimitación de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	60
Figura 28 <i>Parámetros de la cuenca calculados con la tabla de atributos de ArcGis</i>	61
Figura 29 <i>Longitud de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	61
Figura 30 <i>Visualización de las áreas por intervalos de curvas de nivel</i>	62
Figura 31 <i>Valores de las áreas por intervalos de curvas de nivel</i>	62
Figura 32 <i>Rectángulo equivalente de la cuenca</i>	62

Figura 33 <i>Curva hipsométrica de la cuenca</i>	63
Figura 34 <i>Curvas de nivel delimitadas por la cuenca</i>	63
Figura 35 <i>Histograma de frecuencias de altitudes</i>	64
Figura 36 <i>Número de orden de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	64
Figura 37 <i>Rugosidades según uso del suelo en ArcGis</i>	65
Figura 38 <i>Umbrales del análisis de datos dudosos</i>	66
Figura 39 <i>Parámetros estadísticos de las precipitaciones máximas anuales</i>	68
Figura 40 <i>Distribución normal de las precipitaciones máximas anuales</i>	68
Figura 41 <i>Distribución Log-normal de 2 parámetros de las precipitaciones máximas anuales</i>	69
Figura 42 <i>Distribución Log-normal de 3 parámetros de las precipitaciones máximas anuales</i>	69
Figura 43 <i>Distribución Gamma de 2 parámetros de las precipitaciones máximas anuales</i>	70
Figura 44 <i>Distribución Gamma de 3 parámetros de las precipitaciones máximas anuales</i>	70
Figura 45 <i>Distribución Gumbel de las precipitaciones máximas anuales</i>	71
Figura 46 <i>Distribución log-Gumbel de las precipitaciones máximas anuales</i>	71
Figura 47 <i>Comparación de las distintas distribuciones teóricas</i>	72
Figura 48 <i>Ecuación de la intensidad máxima</i>	73
Figura 49 <i>Curvas IDF obtenidas en HidroEsta 2</i>	74
Figura 50 <i>Curvas IDF para los periodos de retorno y duraciones evaluadas</i>	74
Figura 51 <i>Hietograma de diseño para periodo de retorno de 50 años</i>	75
Figura 52 <i>Hietograma de diseño para periodo de retorno de 70 años</i>	75
Figura 53 <i>Hietograma de diseño para periodo de retorno de 100 años</i>	76
Figura 54 <i>Hietograma de diseño para periodo de retorno de 200 años</i>	76
Figura 55 <i>Cuenca importada a la interfaz del software Hec Hms</i>	77
Figura 56 <i>Sub cuenca y punto emisor</i>	77
Figura 57 <i>Método de pérdidas y transformación asignados</i>	78
Figura 58 <i>Rango de número de curva según el ANA</i>	78
Figura 59 <i>Cobertura vegetal delimitada por la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	79
Figura 60 <i>Uso del suelo delimitado por la cuenca de la quebrada Sarin Mayo</i>	79
Figura 61 <i>Números de curva dentro de la cuenca</i>	80
Figura 62 <i>Asignación del valor del número de curva</i>	81
Figura 63 <i>Asignación del valor de Lag Time</i>	81
Figura 64 <i>Datos de serie de tiempo para $T_r=50$ años</i>	81

Figura 65	<i>Datos de serie de tiempo para $Tr=70$ años</i>	82
Figura 66	<i>Datos de serie de tiempo para $Tr=100$ años</i>	82
Figura 67	<i>Datos de serie de tiempo para $Tr=200$ años</i>	82
Figura 68	<i>Asignación de la precipitación en el modelo metereológico</i>	83
Figura 69	<i>Especificaciones de control para el modelo</i>	83
Figura 70	<i>Creación de simulaciones en el software Hec-Hms</i>	84
Figura 71	<i>Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=50$ años</i>	84
Figura 72	<i>Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=70$ años</i>	85
Figura 73	<i>Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=100$ años</i>	85
Figura 74	<i>Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=200$ años</i>	86
Figura 75	<i>Ortofoto de la zona de estudio</i>	87
Figura 76	<i>Curvas de nivel y puntos COGO de la zona de estudio</i>	88
Figura 77	<i>Superficie topográfica con curvas de nivel en intervalos de 1 metro</i>	88
Figura 78	<i>TIN de la zona de estudio</i>	89
Figura 79	<i>DEM en 2d de la zona de estudio</i>	89
Figura 80	<i>Malla de cálculo de la zona de estudio con iluminación suave en Iber</i>	90
Figura 81	<i>Malla de cálculo con sus rugosidades en Iber</i>	91
Figura 82	<i>Condiciones de contorno en la entrada</i>	91
Figura 83	<i>Condiciones de contorno en la salida</i>	92
Figura 84	<i>Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 50$ años</i>	92
Figura 85	<i>Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 70$ años</i>	93
Figura 86	<i>Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 100$ años</i>	93
Figura 87	<i>Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 200$ años</i>	93
Figura 88	<i>Datos del problema de la simulación 2D</i>	94
Figura 89	<i>Información del cálculo computacional registrado en Iber</i>	94
Figura 90	<i>Visualización de resultados luego del proceso de cálculo en Iber</i>	95
Figura 91	<i>Precipitación máxima y mínima registrada en la estación Namora</i>	96
Figura 92	<i>Rango de altitudes del distrito de Namora</i>	97
Figura 93	<i>Vista 3d de la zona de estudio</i>	97
Figura 94	<i>Morfología de la quebrada en la cuenca de aporte</i>	100
Figura 95	<i>Morfología de la quebrada en el tramo de estudio</i>	100
Figura 96	<i>Vista del fondo de la quebrada Sarin Mayo</i>	101
Figura 97	<i>Hidrogramas para los distintos periodos de retorno</i>	102
Figura 98	<i>Malla de cálculo del área de estudio</i>	103

Figura 99 <i>Tirantes en la zona de estudio para $Tr=50$ años</i>	104
Figura 100 <i>Velocidades en la zona de estudio para $Tr=50$ años</i>	105
Figura 101 <i>Tirantes en la zona de estudio para $Tr=70$ años</i>	106
Figura 102 <i>Velocidades en la zona de estudio para $Tr=50$ años</i>	107
Figura 103 <i>Tirantes en la zona de estudio para $Tr=100$ años</i>	108
Figura 104 <i>Velocidades en la zona de estudio para $Tr=100$ años</i>	109
Figura 105 <i>Tirantes en la zona de estudio para $Tr=200$ años</i>	110
Figura 106 <i>Velocidades en la zona de estudio para $Tr=200$ años</i>	111
Figura 107 <i>Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=50$ años</i>	114
Figura 108 <i>Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=70$ años</i>	115
Figura 109 <i>Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=100$ años</i>	116
Figura 110 <i>Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=200$ años</i>	117
Figura 111 <i>Mapa de peligrosidad para $Tr=50$ años</i>	118
Figura 112 <i>Mapa de peligrosidad para $Tr=70$ años</i>	119
Figura 112 <i>Mapa de peligrosidad para $Tr=100$ años</i>	120
Figura 113 <i>Mapa de peligrosidad para $Tr=200$ años</i>	121
Figura 114. <i>Unión de las 767 fotos aéreas de la localidad de namora</i>	154

RESUMEN

La presente investigación tiene en objetivos determinar las áreas expuestas a inundarse por máximas avenidas de la quebrada Sarin Mayo en la localidad de Namora – Cajamarca. El trabajo se inició con la recabación y sistematización de los datos hidrológicos brindados por el SENAMHI, así mismo la información cartográfica del entorno de la quebrada se logró a través de las cartas nacionales y el levantamiento topográfico. Luego se determinaron los parámetros de la cuenca con ayuda de ArcGis. A continuación, se realizó el modelamiento hidrológico con apoyo del software Hec Hms, el modelamiento hidráulico con apoyo del software Iber para cuatro periodos de retorno: 50, 70, 100 y 200 años, con lo que se generaron los mapas de peligrosidad ante inundaciones. Los resultados del modelamiento hidrológico fueron los caudales máximos iguales a 27,6; 32,1; 37,3 y 49,1 m³/s; considerando al caudal de 32,1 m³/s el causante de la inundación del 2013 por los vestigios y testimonios de los pobladores. Del modelamiento hidráulico se obtuvieron los tirantes y velocidades máximas, para el periodo de retorno de 200 años, el tirante fue de 3,28 metros y la velocidad de 7,58 m/s. Asimismo, se estimó las áreas de inundación para las máximas avenidas en inundación muy alta, 7 700 m², en inundación alta, 5 441 m², en inundación media, 2 297 m² y en inundación baja, 8 051 m². Se concluyó que las áreas expuestas a inundarse tienen un mayor nivel de peligrosidad en la margen derecha del cauce, e incluye algunas zonas de la ciudad.

Palabras Clave:

- Áreas inundables: son las áreas planas o de poca pendiente ubicadas junto a un afluente de agua, las cuales son cubiertas por el agua durante una crecida.
- Máximas avenidas: es el máximo caudal que se puede presentar para un periodo de retorno determinado en un curso de agua.
- Modelamiento hidrológico: es una simulación bajo parámetros de forma física o matemática, que permite caracterizar y determinar caudales máximos.
- Modelamiento hidráulico: es el análisis digital de una red de distribución sobre un flujo de agua, que permite reproducir y prever su comportamiento.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the areas exposed to flooding by maximum flooding of the Sarin Mayo stream in the town of Namora - Cajamarca. The work began with the collection and systematization of the hydrological data provided by SENAMHI, as well as the cartographic information of the stream's environment was obtained through national charts and topographic surveys. The watershed parameters were then determined with the help of ArcGis. Next, hydrological modeling was performed with the support of Hec Hms software, hydraulic modeling with the support of Iber software for four return periods: 50, 70, 100 and 200 years, with which flood hazard maps were generated. The results of the hydrological modeling were the maximum flows equal to 27,6; 32,1; 37,3 and 49,1 m³/s; considering the 32,1 m³/s flow the cause of the 2 013 flood according to the vestiges and testimonies of the inhabitants. The hydraulic modeling yielded the maximum flood flow and velocities for the 200-year return period, the flow was 3,28 meters and the velocity 7,58 m/s. In addition, flood areas were estimated for the maximum floods in very high floods, 7 700 m², in high floods, 5 441 m², in medium floods, 2 297 m² and in low floods, 8 051 m². It was concluded that the areas exposed to flooding have a higher level of danger on the right bank of the channel, including some areas of the city.

Key Word:

- Flood-prone areas: are flat or gently sloping areas located next to a water tributary, which are covered by water during a flood.
- Maximum floods: the maximum flow that can occur for a given return period in a watercourse.
- Hydrologic modeling: is a simulation under physical or mathematical parameters, which allows to characterize and determine maximum flow rates.
- Hydraulic modeling: is the digital analysis of a distribution network over a water flow, which makes it possible to reproduce and predict its behavior.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.CONTEXTUALIZACION

La localidad de Namora, perteneciente al distrito de Namora, provincia y región de Cajamarca, cuenta con tres afluentes de agua principales dentro de sus límites, siendo estas dos quebradas (Chaquil Mayo y Sarin Mayo) y un río (Namora), los cuales son considerados como puntos vulnerables ante posibles inundaciones. La quebrada Sarin Mayo, cuyas aguas recorren tanto la zona rural como urbana, es un afluente efímero que presenta mayor caudal en épocas de lluvia y casi nulo en épocas de estiaje. El desborde de dicha quebrada generó inundación el 03 de abril del año 2013 debido a la colmatación de la misma y la gran intensidad de la lluvia.

Pese a la ocurrencia de este evento extremo en dicho año, no cuenta hasta la fecha con defensas ribereñas a lo largo de su cause o una planificación constante en cuanto a su descolmatación y por el contrario, algunos de los pobladores que cuentan con sus terrenos en ambas márgenes siembran e incluso construyen sus viviendas poniendo en peligro tanto sus vidas como las de su familia y ocasionalmente su economía ante la ocurrencia de un evento extremo, ya sea por la afectación de sus cultivos o hasta la destrucción de sus propias viviendas, lo cual toma mayor relevancia considerando que la agricultura y ganadería las principales actividades económicas del lugar.

Cabe mencionar también que dicha quebrada aumenta la probabilidad a desbordarse por los desechos que se vierten en ella ya sea de desmontes o basura en general, así como la acumulación de sedimentos que se da constantemente a lo largo de los años tanto por el tipo de suelo de la zona de estudio y la baja cantidad de cobertura vegetal en la cuenca de aporte. Por lo que la presente investigación busca brindar mapas de zonificación para distintos periodos de retorno sobre el nivel de peligrosidad de la localidad de Namora ante inundaciones para que tanto la población como autoridades puedan tomar medidas frente a ello, ya sean de prevención o mitigación.

Los problemas por inundaciones en el territorio peruano son concurrentes cada año, lo cual sucede por la estacionalidad de las precipitaciones, generalmente en la región andina ya que cuenta con dos épocas bien diferenciadas, la época de lluvia y la época seca; dicha época de lluvia se suele presentar entre los meses de diciembre a marzo (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2009).

Identificaron al departamento de Cajamarca como susceptible a ser afectado por las lluvias de ligera y gran intensidad, las cuales a su vez ocasionan la ocurrencia de inundaciones, así como deslizamientos, huaycos u otro tipo de movimientos en masa, que trae consigo situaciones de riesgo a la población (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2018).

Según estudios realizados, se identificaron puntos críticos de inundación en zonas altamente vulnerables en ríos y quebradas en 6 distritos dentro de la provincia de Cajamarca, dichos distritos son: Jesús, Namora, Matara, Llacanora, Los Baños del Inca y Cajamarca (ANA, 2016).

Se ha identificado 38 zonas vulnerables a inundaciones y erosiones en ríos y quebradas en Cajamarca, dentro de las cuales se identificó en el distrito de Namora, a las quebradas Chaquilmayo y Sarin Mayo, siendo puntos críticos con riesgo a inundaciones patentes (ANA, 2019).

Se registraron varias inundaciones a consecuencia de las intensas precipitaciones en el distrito de Namora, tales como el 09 de enero de 2007 a las 15:00 horas, se produjo inundaciones causando daños en la localidad de Ojo de Agua, distrito Namora. También informó que el 28 de febrero de 2009, se registró la afectación de varias viviendas ubicadas en el distrito de Namora. De igual manera informó que el 03 de abril de 2013, a las 13:00 horas aproximadamente, se produjo el incremento y desborde de la quebrada Sarín Mayo inundando a varias viviendas, áreas de cultivo y carretera, del distrito de Namora (Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2013).

A la fecha, la quebrada Sarin Mayo no presenta estudios de inundaciones, a pesar de que en el distrito de Namora se cuenta con una estación meteorológica del tipo convencional, ubicada a una latitud de 7°12'2.17" S, longitud 78°19'40.16" W y a una altitud de 2744 msnm según datos obtenidos de los sitios web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el ANA.

1.2.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dado que a nivel nacional se padece regularmente con la presencia de fenómenos naturales como las inundaciones y que el departamento de Cajamarca según estudios y reportes previos tiene identificado varios puntos vulnerables entre los cuales se encuentra la quebrada Sarin Mayo en el distrito de Namora por presentar un registro de inundación en años anteriores, así como que la quebrada en estudio no cuenta con defensas ribereñas a lo largo de su cauce y que debido al constante crecimiento poblacional cada día es más común la construcción y habilitaciones urbanas cerca a los cauces de los afluentes de agua, se busca realizar y dar a conocer la zonificación de áreas inundables en la localidad de Namora según el nivel de peligrosidad para inundaciones dinámicas; Entre las zonas afectadas por las inundaciones registradas están, tanto la zonas rural y urbana por lo que la población de dicha localidad se ve severamente afectada con dichos eventos; aportando con la presenta investigación la realización de mapas de peligrosidad ante inundaciones ya que no cuentan hasta la fecha con dicha información ni pobladores o autoridades, información con la cual podrán realizar planes de prevención y tomar las mejores decisiones para mitigar los posibles daños por futuras inundaciones.

1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Las zonas circundantes a la quebrada Sarin Mayo en la localidad de Namora – Cajamarca, presentan peligro de inundación?

1.4.HIPÓTESIS

La zonificación de las áreas expuestas a inundarse en la localidad de Namora permitirán determinar el grado de vulnerabilidad.

1.5.JUSTIFICACIÓN

1.5.1. Justificación científica

La presente investigación se planteó para poder determinar las áreas inundables en la localidad de Namora por máximas avenidas de la quebrada Sarin Mayo para distintos periodos de retorno obteniendo los mapas de peligrosidad respectivos, empleando el método científico desde la observación, planteamiento del problema, hipótesis, metodología, análisis de resultados y conclusiones.

1.5.2. Justificación técnica práctica

En la presente investigación se empleó la metodología de obtener mapas de peligrosidad antes inundaciones a partir de la data histórica de precipitaciones máximas, empleando sistemas de información geográfica, levantamiento topográfico y modelamiento hidrológico e hidráulico, siendo realizados estos últimos con los softwares HEC-HMS e Iber respectivamente. Los resultados son los mapas de peligrosidad ante inundaciones de la localidad de Namora con los cuales las autoridades podrán realizar proyectos de prevención y mitigación, así como los planificadores podrán plantear mejores alternativas de solución.

1.5.3. Justificación institucional y personal

La presente investigación institucionalmente se justifica ya que la Universidad Nacional de Cajamarca contribuye en la gestión del riesgo de desastres a nivel regional, tanto en el aspecto de planeamiento urbano, así como en la formulación de proyectos de prevención y mitigación. Desde el punto de vista personal, se realiza debido a que es un requisito indispensable para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil.

1.6.DELIMITACION

La presente investigación se realizó en las zonas circundantes al tramo de la quebrada Sarin Mayo entre coordenadas: E 795 856; S 9 202 864 y E 795 502; S 9 203 483, tramo de 862,135 metros que abarca tanto zona rural como urbana de la localidad de Namora del distrito de Namora, Provincia y región Cajamarca. La investigación se centró en la obtención de mapas de peligrosidad a partir del modelamiento hidrológico e hidráulico con los softwares HEC-HMS e Iber.

1.7.LIMITACIONES

La presente investigación está sujeta a los datos obtenidos de instituciones como SENAMHI - Dirección Zonal 3 para la información de las precipitaciones máximas de 24 horas anuales de la estación meteorológica Namora desde el año 1979 hasta el año 2022 , el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la carta nacional 15G que fue usada para la delimitación de la cuenca, el Ministerio del Ambiente (MINAM) para los mapas temáticos de caracterización de suelos y cobertura vegetal de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de Cajamarca, entre otros.

1.8.ALCANCES

Debido a que ya se han suscitado inundaciones en la localidad de Namora por desbordamiento de la quebrada Sarin Mayo por máximas avenidas, el objeto de la presente investigación es determinar la zonificación de áreas inundables; presentando mapas de nivel de peligrosidad de la zona evaluada ante inundaciones para distintos periodos de retornos.

1.9.OBJETIVOS:

1.9.1. Objetivo general

Determinar las áreas expuestas a inundarse por las máximas avenidas de la quebrada Sarin Mayo en la localidad de Namora – Cajamarca.

1.9.2. Objetivos específicos:

- Recabar y sistematizar la información hidrológica, cartográfica y topográfica de la quebrada Sarin Mayo, así como caracterizar el tramo de estudio y la cuenca de aporte desde el punto de vista fluvial.
- Caracterizar las áreas inundables en la zona de estudio, determinando el área, el caudal y el periodo de retorno de la inundación por desborde de la quebrada en el año 2013.
- Modelar hidrológicamente las máximas avenidas de la quebrada Sarin Mayo del distrito de Namora para distintos periodos de retorno.
- Modelar hidráulicamente en dos dimensiones el entorno de la quebrada Sarin Mayo del distrito de Namora con el software Iber.
- Proponer mapas de peligrosidad ante inundaciones en la localidad de Namora.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Antecedentes internacionales

Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha-Colombia (Pérez, J. et al. 2018).

Concluyeron que las imágenes satelitales y consigo la topografía y curvas de nivel que nos proporciona el programa Google Earth, así como el uso de softwares libres que permiten realizar modelamientos hidráulicos como Iber, permitieron satisfactoriamente solventar la escasez de datos topográficos y con ello poder realizar la simulación bidimensional de inundaciones fluviales en una zona deltaica en Colombia.

Análisis de la dinámica fluvial en el sector del coliseo Jefferson Pérez mediante modelación bidimensional (Espinoza, A. 2020).

Concluyó que fue necesario dividir sus parámetros en dos modelos, para aplicarlos en los softwares libres HEC-HMS e Iber. Para poder realizar el modelamiento hidrológico con ayuda del HEC-HMS, es necesario conocer los datos de precipitaciones máximas de una data histórica, también la topografía e información sobre el uso de suelos de la cuenca en estudio. Respecto al modelamiento hidráulico con el software Iber, requiere los resultados de los caudales máximos obtenidos previamente con el HEC-HMS, además de un modelo digital de elevaciones del tramo para poder genera una malla y también de los valores de rugosidad o N de Manning de cada uso de suelo del área de estudio.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura (Cotrado, N. 2022).

Concluyó que identificó las áreas de inundación que están propensas para cada periodo de retorno, obteniendo planos detallados del área de inundación en el cual para el periodo de retorno de 10 años la zona afectada es de 480,15 ha; asimismo, para el periodo de retorno de 50 años, la zona afectada abarca un área de 624,34 ha; y finalmente, para el periodo de retorno de 100 años la zona afectada es de 641,51 ha.

Identificación de zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia De Tacna (Juculaca, L. 2021).

Concluyó mediante la simulación hidráulica en el software HEC-RAS, que pudo determinar las áreas vulnerables ante inundación por la quebrada en estudio, realizando la modelación hidráulica para periodos de retorno iguales a 50; 100; 200 y 500 años con sus caudales máximos iguales a 11,42 m³/s; 22,16 m³/s; 37,78 m³/s y 67,98m³/s respectivamente. El tramo estudiado comprendió un total de 2,24 km en donde la velocidad máxima que se alcanzó para un periodo de retorno igual a 200 años es igual a los 6,74 m/s. Además, clasificó las áreas vulnerables según niveles de peligrosidad en bajas, medias, altas y muy altas, siendo dichas áreas iguales a 3,15 km²; 2,51 km²; 0,41 km² y 0,32 km² respectivamente.

2.1.3. Antecedentes regionales y/o locales

Identificación De Las Áreas Inundables Por La Quebrada Huertas En La Zona Urbana De La Localidad De Chilete, Cajamarca - 2021 (Dilas, E. 2021).

Concluyó que obtuvo distintos hidrogramas de salida para los periodos de retorno iguales a 2; 5; 10; 25; 50; 100 y 500 años, para lo cual empleó el método de transformación de precipitación en escorrentía en el software HEC-HMS siguiendo la metodología del SCS que requiere parámetros como el número de curva para poder obtener los caudales máximos, siendo iguales a: 9,56 m³/s; 23,85 m³/s; 41,19 m³/s, 76.50 m³/s; 115,17 m³/s; 165,81 m³/s y 351,17 m³/s respectivamente; encontrándose la ciudad de Chilete era una zona muy vulnerable ante avenidas máximas de la quebrada Huertas para periodos de retornos mayores e iguales a 50 años.

Identificación De Áreas Inundables Por Máximas Avenidas Del Rio Quinuas En El Centro Poblado La Quispa (Aparicio, C. 2021).

Concluyó que realizó el modelamiento hidrológico para la obtención de los caudales de diseño para distintos periodos de retorno para un tiempo de retardo de 2,53 horas, para lo cual aplicó el método racional modificado a partir del número de curva calculado igual a CN = 92.1 para el área de estudio, con lo que se determinó los caudales máximos para tres periodos de retorno iguales a 15, 25 y 40 años con resultados iguales a 110,75 m³/s; 123,86 m³/s y 136,84 m³/s. Tomando las tendencias de posibles inundaciones de los tres escenarios anteriores descritos generó un mapa de inundación con la ayuda de los SIG.

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. Cartografía

“Es la ciencia, la técnica y el arte de la elaboración y uso de los mapas. Los mapas son realizados para ser empleados en la planificación del ordenamiento territorial, siendo de gran utilidad”. En la actualidad los mapas son elaborados mediante el uso de software cartográficos y se distribuyen por los distintos medios del internet (Rystedt, B. 2015).

2.2.1.1.Mapa

“Son aquellos que muestran las relaciones espaciales entre los diferentes elementos geográficos tales como edificios, carreteras, límites, cursos o masas de agua, etc.” (Rystedt, B. 2015).

2.2.2. Topografía

“Es la ciencia encargada de medir pequeñas y grandes extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para su representación en un plano a una escala determinada, tanto de sus formas y accidentes”. Dichas mediciones son determinadas con las distancias horizontales y verticales entre los distintos puntos de interés, la medición de ángulos y el replanteo (Gámez, W. 2015).

2.2.2.1.Levantamiento Topográfico

“Son el conjunto de operaciones necesarias para determinar la posición de los puntos de interés y posteriormente su representación en un plano; Además, dado que abarcan superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura terrestre, sin error apreciable”. El levantamiento topográfico comprende dos etapas, la etapa de campo donde se toman las medidas y ángulos, y la etapa de gabinete donde se elaboran los planos (Gámez, W. 2015).

2.2.3. Sistema de información geográfica

“Es un sistema de software, hardware y procedimientos, diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados especialmente”, con la capacidad de brindar resultados en mapas temáticos, lo que es fundamental para estudios hidrológicos y análisis de riesgo por inundaciones (Bustamante, Y. 2013).

“Proporciona un marco para reunir, organizar, compartir y analizar información espacial; ayuda con las tareas de planificación y análisis, gestión de datos, conocimiento operacional y trabajo de campo” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

“Nos proporciona un ambiente en el cual se yuxtaponen capas de datos, además se pueden crear nuevos datos espaciales”. En Arc View podemos trabajar con varias vistas, tablas, cuadros estadísticos a partir de abrir o crear los archivos con extensión shp, facilitando el trabajo respecto a la información espacial (Palomino, D. 2005).

2.2.4. Software para Sistema de Información Geográfica

2.2.4.1. ArcGIS

“Es un sistema de información geográfica (SIG) integrado, que proporciona un marco para implementar SIG para un usuario individual o para muchos usuarios”. El software ArcGIS proporciona las herramientas necesarias para trabajar con datos geográficos, incluyendo herramientas para la administración de datos y análisis geográfico (ESRI, 2002).

2.2.5. Hidrología

“Es la ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es decir, es la geociencia que describe y predice el movimiento del agua sobre la superficie terrestre” (Breña, A. & Jacobo, M. 2006).

2.2.6. Cuenca hidrológica

“Es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano”. La cuenca hidrológica es la unidad fundamental de la hidrología superficial, así como los acuíferos lo son de la hidrología subterránea (Breña, A. & Jacobo, M. 2006).

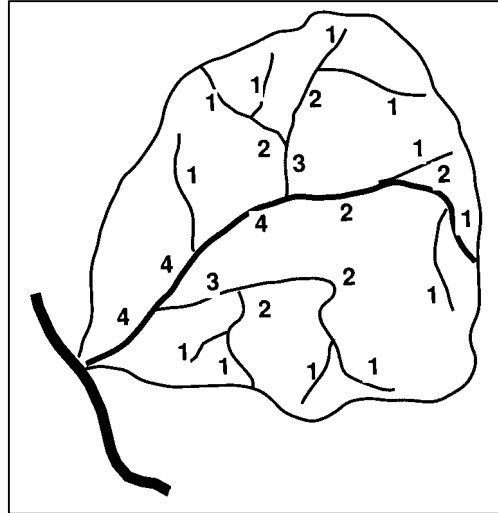
2.2.6.1. Tipos

Existen dos tipos de cuencas desde el punto de vista de la localización de su salida (Breña, A. & Jacobo, M. 2006).

- a) **Cuencas endorreicas o cerradas:** su punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca hidrológica, perteneciendo a este tipo de cuenca los lagos.

- b) **Cuenca exorreica o abierta:** su punto de salida se localiza en los límites de la cuenca hidrológica, y la descarga se vierte en una corriente o en el mar.

Figura 1 Cuenca hidrológica exorreica



Fuente: Breña y Jacobo (2006)

2.2.6.2. Parámetros de forma

“La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas”, siendo los parámetros (Cardona, B. 2016):

- a) **Área (A):** es la proyección sobre un plano bidimensional de la superficie de drenaje delimitada por los parteaguas que se dirigen a un mismo cauce natural de un sistema de escorrentía. Generalmente se expresa en hectáreas o kilómetros cuadrados.
- b) **Perímetro (P):** Es la sumatoria de longitudes de la divisoria de agua sobre un plano lineal. Generalmente se expresa en metros o kilómetros.
- c) **Longitud de la cuenca (L):** es la distancia horizontal desde el punto emisor de la cuenca hidrológica hasta el punto inicial aguas arriba, siguiendo la tendencia del afluente principal. Se expresa generalmente en metros o kilómetros.
- d) **Ancho de la cuenca (B):** es el cociente entre el valor del área y la longitud de la cuenca, siendo un valor promedio a lo largo del cauce y se expresa generalmente en metros y kilómetros.

$$B = \frac{A}{L} \quad (1)$$

- e) **Factor de Forma de Horton (Kf):** mide que tan cuadrada o alargada es la cuenca hidrológica en estudio, que se calcula como el cociente entre el área y la longitud de la cuenca elevada al cuadrado.

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

Tabla 1 Forma de la cuenca según el factor de forma de Horton

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Cardona (2016)

- f) **Coficiente de compacidad (kc):** hace la comparación de la forma de la cuenca hidrológica respecto a una circunferencia, donde el círculo inscrito tiene igual área que de la cuenca hidrológica en estudio. Se calcula como el cociente entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la respectiva circunferencia.

$$k_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (3)$$

Donde: P = Perímetro de la cuenca
Pc = Perímetro de la circunferencia
R = Radio de la circunferencia.

Tabla 2 Forma de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Cardona (2016)

g) Razón de Elongación (Re): Es el cociente entre el diámetro de un círculo que tiene igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. Se calcula como:

$$R_e = \frac{D}{L_c} = \frac{1.1284\sqrt{A_c}}{L_c} \quad (4)$$

Dónde: Re = Relación de elongación
 D= Diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca
 Lc = Longitud de la cuenca
 Ac = Área de la cuenca

Tabla 3 Forma de la cuenca de acuerdo a la Razón de Elongación

Clase de forma	Forma de la Cuenca
0.8 - 1.0	Plana y circular
0.5 - 0.8	Plana con porciones accidentales

Fuente: Cardona (2016)

Otros parámetros de forma son (Díaz, C. et al. 1999):

h) Relación de circularidad (Rci): es la relación entre el área de la cuenca hidrográfica y la de un círculo, cuya circunferencia es igual al perímetro de la cuenca:

$$Rci = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (5)$$

Tabla 4 Forma de la cuenca de acuerdo a la Relación de circularidad

Clase de forma	Forma de la Cuenca
0.785 - 1	Cuenca circular
< 0.785	Cuenca rectangular

Fuente: Díaz et al. (1999)

i) Rectángulo equivalente: Se trata de una conversión geométrica respecto de la cual se transforma a la cuenca en un rectángulo con la misma área y perímetro. Ambos lados del rectángulo equivalente se calculan como:

$$L_2, L_1 = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Kc}\right)^2} \right] \quad (6)$$

Dónde: L₂ = Lado mayor del rectángulo
 L₁ = Lado menor del rectángulo
 Kc = Coeficiente de compacidad
 A = Área de la cuenca

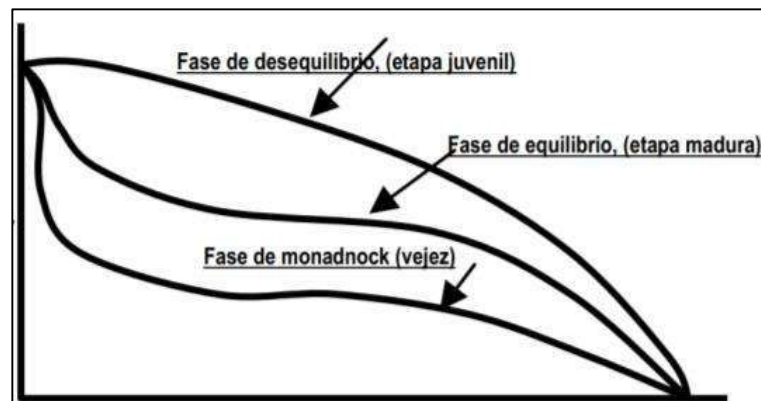
2.2.6.3. Parámetros de relieve

“A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal”, siendo los principales parámetros (Cardona, B. 2016):

- a) **Curva Hipsométrica:** Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE (estructuras numéricas de datos que representan la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua) y complementado con la estimación del área de las superficies acumuladas cota por cota.

En base a los resultados de la curva hipsométrica se puede determinar tanto la fase y la etapa en que se encuentra la cuenca en estudio.

Figura 2 Modelos de curvas hipsométricas del ciclo de erosión



Fuente: Cardona (2016)

- b) **Pendiente media de la cuenca (J):** Es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la cuenca y permite hacer comparaciones entre ellas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan generalmente en la superficie. Se calcula como:

$$J = 100 x \frac{(\sum Li)(E)}{A} \quad (7)$$

Donde: J = Pendiente media de la cuenca (%).
 $\sum Li$ = Suma de las longitudes de las curvas de nivel(km).
E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).
A = Superficie de la cuenca (Km²).

Tabla 5 Clasificación de la cuenca de acuerdo a la pendiente media

Pendiente media (%)	Terrenos
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

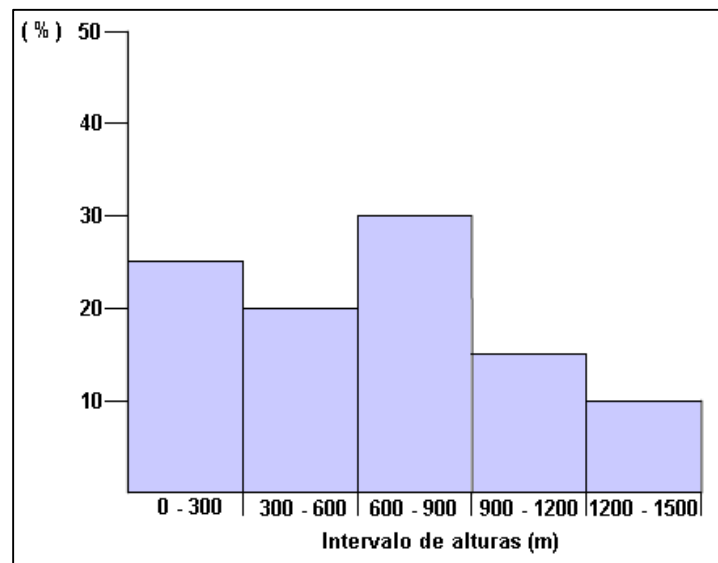
Fuente: Cardona (2016)

c) **Elevación media:** se determinará la elevación media correspondiente al 50% del área de la cuenca a partir de los resultados de la curva hipsométrica, donde en el eje de las abscisas del gráfico obtendremos el valor de la aplicación del porcentaje.

Se suele considerar también al siguiente parámetro de relieve (Ibáñez, S. et al. 2010):

d) **Histograma de frecuencias altimétricas:** Es el grafico de la superficie, representada en km² o en porcentaje, que se encuentra comprendida entre dos cotas de nivel, teniendo como marca de clase al promedio de dichas alturas.

Figura 3 Ejemplo de histograma de frecuencias



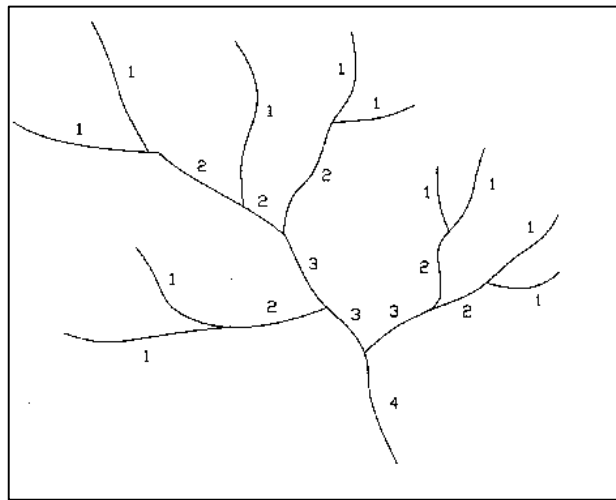
Fuente: Ibáñez et. al. (2010)

2.2.6.4. Parámetros relativos al drenaje

Los parámetros relativos al drenaje que destacan son (Cardona, B. 2016):

- a) **Orden de los cauces:** El orden de los cauces es un parámetro que nos proporciona, dentro de la cuenca hidrográfica, el grado de bifurcación. Hay varios métodos que permiten lograr dicha clasificación siendo el más conocido el método de Horton, el cual se fundamenta en los criterios siguientes:
- Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes.
 - Cuando dos corrientes de orden uno (1) se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$.
 - Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Figura 4 Número de orden de corrientes según Horton



Fuente: Cardona (2016)

- b) **Relación de bifurcación (Rb):** también introducido por Horton, es la relación entre el número de cauces de cualquier orden (N_u) con el número de cauce de orden (u) del orden superior siguiente, es decir:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (8)$$

Donde: R_b = relación de bifurcación
 N_u = número total de cauces con orden U
 U = número de orden de cauce

Tabla 6 Relaciones de bifurcación del drenaje de la cuenca

Relación de bifurcación	Drenaje de la Cuenca
3 - 5	Las estructuras geológicas no distorsiona el modelo de drenaje
<3 ; 5>	Las estructuras geológicas distorsiona el modelo de drenaje

Fuente: Ibáñez et. al. (2010)

También se suele considerar al siguiente parámetro de la red de drenaje (Ibáñez, S. et al. 2010):

- c) Densidad de drenaje:** parámetro que nos acerca a un mejor entendimiento de la complejidad y el desarrollo de los sistemas de drenaje, que es igual al cociente entre la longitud total de las corrientes de la cuenca y el área total que las contiene:

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (9)$$

Donde: D_d = densidad de drenaje

L = sumatoria de las longitudes de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km.

A = área de la cuenca en km^2

2.2.7. Análisis de frecuencias

“Es un procedimiento para estimar la ocurrencia o probabilidad de eventos pasados o futuros” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

2.2.8. Prueba de datos dudosos

“Son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante; si la asimetría de estación es mayor que +0.4 se evalúan primero los datos altos, caso contrario se hace lo propio con los bajos” (Chow, V. et al. 1994).

$$Y_H, Y_L = \bar{y} + K_n S_y \quad (10)$$

Donde: Y_H, Y_L = datos dudosos altos y bajos

\bar{y} = Logaritmo medio de los picos sistemáticos

K_n = valor adimensional

S_y = desviación estándar

Tabla 7 Valores K_n para la prueba de datos dudosos

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

Fuente: Chow et al. (1994)

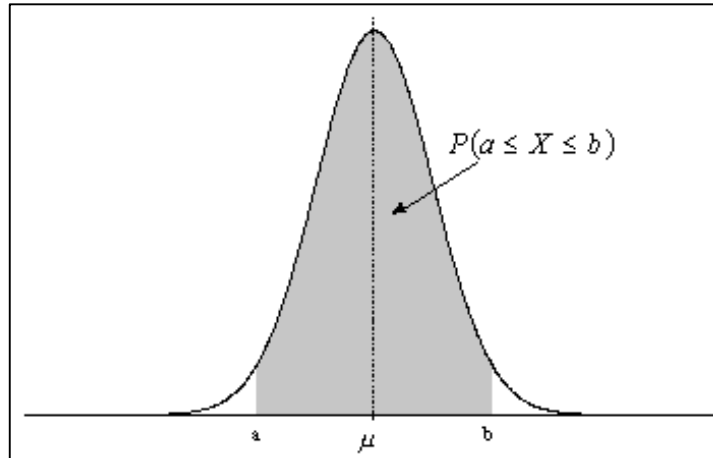
2.2.9. Distribuciones estadísticas

2.2.9.1. Distribución normal

“Fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre y posteriormente, Carl Friedrich Gauss elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se la conozca, más comúnmente, como campana de Gauss". La distribución de una variable normal está completamente determinada por su media y su desviación estándar, denotadas generalmente por μ y σ . Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación que determina la curva en forma de campana (Pértegas, S. & Pita, S. 2001:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\}, -\infty < x < \infty \quad (11)$$

Figura 5 Gráfica de una distribución normal



Fuente: Pértegas y Pita (2001)

2.2.9.2. Distribución Log Normal de 2 parámetros

“En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente, donde su función no es necesariamente simétrica”, siendo dicha función de densidad de probabilidad la siguiente (Aparicio, F. 1992):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x\beta} \exp \left\{ \frac{-1}{2} \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta} \right)^2 \right\} \quad (12)$$

Donde: α = media de los logaritmos naturales (parámetro de escala)

β = desviación estándar de los logaritmos naturales (parámetro de forma)

2.2.9.3. Distribución Log Normal de 3 parámetros

“Difiere de la distribución log-normal de 2 parámetros por la introducción de un límite inferior x_0 ”, teniendo como función de densidad (Villón, M. 2012):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{(x-x_0)\beta} \exp \left\{ \frac{-1}{2} \left(\frac{\ln(x-x_0) - \alpha}{\beta} \right)^2 \right\} \quad (13)$$

Donde: x_0 = parámetro de posición en el dominio x

α = parámetro de escala en el dominio x

β = parámetro de forma en el dominio x

2.2.9.4. Distribución Gamma 2 parámetros

“Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función de densidad de probabilidad es” (Villón, M. 2012):

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (14)$$

Donde: γ = parámetro de forma
 β = parámetro de escala
 $\Gamma(\gamma)$ = función gamma completa

2.2.9.5. Distribución Gamma 3 parámetros

“Es aplicada para describir la distribución de probabilidad de picos decrecientes de máximos anuales. Cuando la información es muy asimétrica positivamente se utiliza una transformación log para reducir la asimetría y también es llamada distribución Pearson tipo III”, Esta es una distribución flexible, ya que puede asumir diferentes formas a medida que ϵ , β y α varían (Acosta, P. & Sierra, L. 2013):

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (15)$$

Donde: x_0 = parámetro de posición
 γ = parámetro de forma
 β = parámetro de escala
 $\Gamma(\gamma)$ = función gamma completa

2.2.9.6. Distribución Log Pearson tipo III

“Se utiliza principalmente para análisis de probabilidad de eventos extremos; consiste, principalmente, en transformar los valores extremos en logaritmo en base 10, con el fin de reducir la asimetría de los datos”, que se calcula con la siguiente función (Acosta, P. & Sierra, L. 2013):

$$f(x) = \frac{1}{\alpha 1r(\beta 1)} * \left\{ \frac{\text{Lnx}-\epsilon 1}{\alpha 1} \right\}^{\beta 1-1} * e^{-\frac{\text{Lnx}-y}{\alpha}} \quad (16)$$

2.2.9.7. Distribución Gumbel

“Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene n eventos. Si se selecciona el máximo x de los n eventos de cada muestra, se evidencia que a medida que n aumenta, se asemeja a una función”, dicha función de probabilidad de x tiende a la ecuación (Aparicio, F. 1992):

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}, \text{ Para } -\infty < x < \infty \quad (17)$$

Donde: α y β son los parámetros de la distribución.

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45 \sigma$$

2.2.9.8. Distribución Log Gumbel

“Se dice que una variable aleatoria X , tiene una distribución Log Gumbel si su función de densidad de probabilidad es” (Villón, M. 2012):

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(\ln x - \beta)}} \quad (18)$$

Donde: α = parámetro de escala

β = parámetro de posición

2.2.10. Prueba de bondad de ajuste

“Determina si la muestra o los datos se ajustan a la distribución de probabilidad que se está utilizando, este paso es fundamental para determinar si es viable utilizar una distribución determinada en una serie de datos” (Acosta, P. & Sierra, L. 2013).

2.2.10.1. Chi cuadrado

“Es la más popular y propuesta por Pearson, en la cual el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase y posteriormente se calcula el siguiente parámetro estadístico” (Aparicio, F. 1992):

$$D = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - \epsilon_i)^2}{\epsilon_i} \quad (19)$$

Donde: θ_i es el número observado de eventos n en el intervalo i

ϵ_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo

$$\epsilon_i = n [F(S_i) - F(I_i)] \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (20)$$

Donde: $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior

$F(I_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite inferior

n es el número de eventos

Y para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq \chi^2_{1-\alpha, k-1-m} \quad (21)$$

Tabla 8 Valores percentiles (χ^2_p) de la distribución Chi cuadrado con n grados de libertad

n	$\chi^2_{0.995}$	$\chi^2_{0.99}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.95}$	$\chi^2_{0.90}$	$\chi^2_{0.75}$	$\chi^2_{0.50}$	$\chi^2_{0.25}$	$\chi^2_{0.10}$	$\chi^2_{0.05}$	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.01}$	$\chi^2_{0.005}$
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	0.455	0.102	0.0158	0.0039	0.0010	0.0002	0.0000
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575	0.211	0.103	0.0506	0.0201	0.0100
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.584	0.352	0.216	0.115	0.072
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.484	0.297	0.207
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	0.831	0.554	0.412
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.64	1.24	0.872	0.676
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.04	6.35	4.25	2.83	2.17	1.69	1.24	0.989
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.34	5.07	3.49	2.73	2.18	1.65	1.34
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.34	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.34	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.58	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.44	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.79	6.57	5.63	4.66	4.07
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.26	5.23	4.60
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.91	7.63	6.84
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.03
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.54	8.64
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.6	39.3	33.7	29.1	26.5	24.4	22.2	20.7
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0
60	92.0	88.4	83.3	79.1	74.4	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.6	61.8	59.2
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	74.2	70.1	67.3

Fuente: Aparicio (1992)

2.2.10.2. Kolmogorov-Smirnov

“Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada y la estimada, con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia” (Aparicio, F. 1992):

$$D = \text{máx} |F_0(x_m) - F(x_m)| \quad (22)$$

Tabla 9 Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov

Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente: Aparicio (1992)

Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula y la función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) = 1 - \frac{m}{n+1} \quad (23)$$

Donde: m es el número de orden del dato x_m en una lista de mayor a menor
 n es el número de datos

2.2.11. Ajuste por número de observaciones

“Es muy poco probable que ocurran lluvias intensas enteramente en estos intervalos fijos entre observaciones, los datos de estas series subestiman las verdaderas cantidades máximas para las duraciones correspondientes a los intervalos entre observaciones”; por lo que sugieren factores numéricos de corrección como se muestran a continuación (Linsley, R. et. al. 1977):

Tabla 10 Relación entre precipitación máxima verdadera y precipitación en intervalos fijos

Número de intervalos de observación	Relación
1	1,13
2	1,04
3-4	1,03
5-8	1,02
9-24	1,01

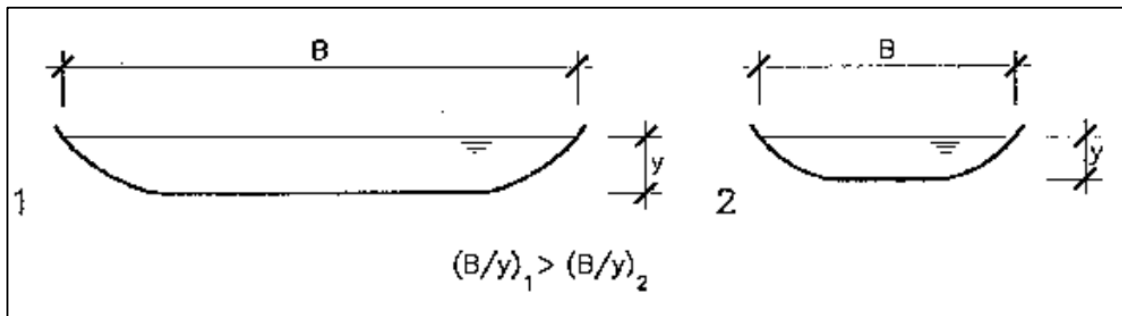
Fuente: Linsley et. al. (1977)

2.2.12. Hidráulica fluvial

“Parte de la hidráulica fluvial es el tratamiento del problema de las máximas avenidas e inundaciones por lo que tiene que ubicarse dentro del estudio y tratamiento integral de las cuencas” (Rocha, A. 1998).

“La relación de forma de la sección de un río, crecerá con el caudal, lo que implica que un río grande produce un cauce más ancho y profundo, pero es aún más ancho, proporcionalmente a su profundidad, que un río pequeño” (Martín, J. 2003):

Figura 6 Comparación de las relaciones de forma de un río grande y uno pequeño



Fuente: Martín (2003)

2.2.12.1. Clasificación de los ríos

“Hay muchas formas y criterios para la clasificación de los ríos” (Rocha, A. 1998).

2.2.12.1.1. Por la presencia de áreas de inundación

Una clasificación de manera simple y general:

- Ríos sin áreas de inundación:** son también llamados confinados.
- Ríos con áreas de inundación:** se debe a los movimientos laterales que ha efectuado el afluente de agua a lo ancho de una llanura aluvial en el transcurso del tiempo.

2.2.12.1.2. Por su edad

Según ella se distinguen tres tipos de ríos:

- Ríos Jóvenes:** Corresponde a su estado inicial de los ríos, cuando el agua forma su primer curso inicial que tiene una sección en forma de V, siendo muy irregulares.

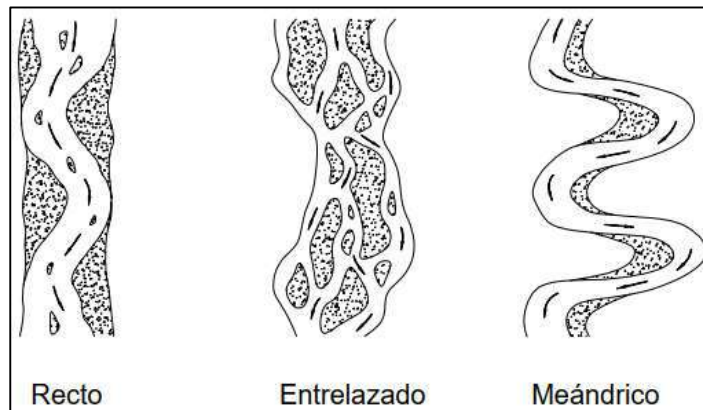
- b) **Ríos Maduros:** Cuando el río ya se convierte en maduro, se amplía su sección transversal ocasionando que la planicie sea más ancha, también disminuyendo la pendiente y se considera que está en estado de equilibrio o próximo a él.
- c) **Ríos Viejos:** Los ríos viejos ya corresponden a un estado más avanzado de desarrollo, donde su pendiente sigue en constante disminución, pero a su vez su ancho aumenta por lo que está controlado, confinado o encauzado.

2.2.12.1.3. Por su morfología

Desde el punto de vista morfológico hay tres grandes grupos:

- a) **Ríos Rectos:** prácticamente no existen ríos rectos en la naturaleza. A veces sucede que existe un sistema de encauzamiento recto que se conforma por presas paralelas, pero dentro de él, para caudales inferiores con el que fué diseñado, el río desarrolla su propia sinuosidad.
- b) **Ríos Entrelazados:** también conocidos como ríos trenzados, Corresponden generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños calados y el río corre en forma de varios canales o ramas alrededor de islas de pequeño tamaño.
- c) **Ríos Meándricos:** Están formados por una sucesión de curvas, las cuales suelen ser dinámicas tanto por las propiedades del terreno, pero esencialmente por la naturaleza del comportamiento fluvial.

Figura 7 Clasificación morfológica de los ríos



Fuente: Rocha (1998)

“La diversidad de los ríos es virtualmente infinita, sin embargo, según la geomorfología podemos clasificarlos según varios aspectos” (Martín, J. 2003).

2.2.12.1.4. Por su régimen hidrológico

- a) **Ríos Efímeros:** son aquellos que solo llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto del tiempo.
- b) **Ríos perennes:** su régimen hidrológico tiene una fuerte y regular estacionalidad, es decir, que tienen un largo periodo con la presencia de gran cantidad de agua que se suele esperar cada año.

2.2.12.1.5. Por su fondo

- a) **Ríos aluviales:** son los que discurren sobre materiales sedimentarios modernos donde su cauce consta de un espesor de material granular que suele estar suelto y que ocupa mucha más extensión lateral que la del cauce actual, formando unas planicies que regularmente son inundadas, que se les conoce como planicies de inundación.
- b) **Ríos de lecho rocoso:** también conocido como cohesivo, suelen ser ríos que están encajados en los valles y que tienen poca interacción con los asentamientos humanos.

2.2.12.1.6. Por su régimen hidráulico

- a) **Ríos torrenciales:** la pendiente del río es mayor del 1,5%
- b) **Ríos torrentes:** la pendiente del río es mayor del 6%

“El ecosistema fluvial varía en cada tramo del río, desde el nacimiento a la desembocadura, realizando la siguiente clasificación (Pérez, G. et al. 2018):

2.2.12.1.7. Por grados de libertad

- a) **Un grado de libertad.** Un afluente de agua tiene un grado de libertad cuando al transcurrir un determinado caudal líquido lo único que puede variar es el calado, no existiendo transporte de sedimentos.
- b) **Dos grados de libertad.** Un afluente de agua tiene dos grados de libertad cuando transporta en forma persistente un determinado volumen sólido, por lo que pueden variar tanto el calado como la pendiente hasta que el volumen líquido sea capaz de transportar todo el volumen sólido.
- c) **Tres grados de libertad.** Cuando se sustenta a un afluente de agua con un determinado caudal tanto líquido como sólido en terreno aluvial, se ajustarán tanto la pendiente, calado y ancho de la sección hasta que el caudal líquido sea suficiente y capaz de transportar en forma uniforme y continua al volumen sólido.

2.2.12.2. Coeficiente de Manning

“Es uno de los parámetros más importantes para cuantificar certeramente el caudal, siendo un factor empírico dimensional para cuantificar la resistencia del cauce al movimiento del agua, cuyas unidades son $s/m^{1/3}$ ” (Fernández, C. et al. 2020).

Tabla 11. Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
D. Cursos naturales			
D-1. Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida <100 ft).			
a. Cursos en planicie			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual que arriba, pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual que arriba, nivel inferiores, más pendiente y sección inefectivas.	0.040	0.048	0.055
Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075	0.100	0.150
b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicie crecida			
a. Pasturas, sin arbustos			
1. Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
2. Pastos altos	0.030	0.035	0.050

Fuente: French (1988)

2.2.12.3. Tránsito de avenidas

“El río es el elemento de drenaje principal de la cuenca, sin embargo, un río no sólo lleva agua sino también materiales sólidos que provienen de la erosión de la cuenca”; Los materiales solidos en general son los sedimentos, los cuales están constituidos por materiales no cohesivos, como limos, arenas, gravas y piedras (Rocha, A. 1998).

a) Sedimentos

“En cualquier material, más pesado que el agua, que es transportado en algún momento por la corriente y luego depositado; por lo se aplica tanto a una enorme roca, como a una fina partícula de arcilla” (Rocha, A. 1998).

b) Flujo a dos fases

“Es el movimiento simultáneo del agua y de los sólidos constituyentes del lecho. Estos, son dos movimientos interdependientes que no deben ser tratados separadamente” (Rocha, A. 1998).

c) Flujo bidimensional.

“En la actualidad se dispone de fórmulas para la descripción y análisis de las ecuaciones de distribución de velocidades en el flujo bidimensional, por lo que la mayor parte del análisis teórico correspondiente al flujo a dos fases es bidimensional” (Rocha, A. 1998).

Los investigadores no deben perder de vista o despreciar la diferencia entre un flujo bidimensional que es teórico e ideal, respecto del flujo tridimensional, que es el que se presenta en la naturaleza y que actualmente ya se viene estudiando como tal.

d) Transporte de Sedimentos.

“Se denomina así al estudio de los procesos de erosión, iniciación del movimiento, transporte, depósito y compactación de las partículas sólidas. La teoría se refiere a las partículas no cohesivas” (Rocha, A. 1998).

Toda partícula sólida que pasa a través de una sección de un río debe satisfacer:

- a) Debe provenir de aguas arriba de la sección evaluada siendo producto de la erosión de un punto de la cuenca.
- b) Debe haber sido trasladada por el afluente de agua desde el punto de erosión hasta la sección considerada.

2.2.13. Modelamiento hidrológico

“Es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas que se ha extendido por todo el mundo. En la actualidad, con el empleo de estos modelos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones” (Estrada, V. & Pacheco, R. 2012).

2.2.13.1. Periodo de retorno

“Es el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales; denotando generalmente a dicho tiempo por la letra T” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

“El periodo de retorno del m-ésimo evento de los n registrados es entonces” (Aparicio, F. 1992).

$$T = \frac{n+1}{m} \quad (24)$$

Donde la probabilidad de ocurrencia se calcula como:

$$P = 1 - \frac{1}{T} \quad (25)$$

2.2.13.2. Intensidad de lluvia

“Es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2011):

$$I = \frac{P}{Td} \quad (26)$$

Donde: P es la profundidad de lluvia (mm)

Td es la duración en horas

Dos formas de calcular dichas intensidades cuando no se cuenta con registros pluviográficos de lluvia son (MTC, 2011):

- a) Estimación a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración entre 1 hora y 48 horas.

Tabla 12 Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACION DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

- b) Calcular mediante la metodología de Dick y Peschke que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (27)$$

Donde: P_d es precipitación total (mm)

d es la duración en minutos

P_{24h} es precipitación máxima en 24 horas (mm)

Determinando las precipitaciones máximas por cualquier método, se procede a calcular la intensidad con la fórmula (MTC, 2011):

$$I = \frac{P_d * 60}{d} \quad (28)$$

2.2.13.3. Tiempo de concentración (Tc)

“Es el tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca hidrológica a la sección de salida”, que se calcula con la siguiente fórmula (Cardona, B. 2016):

$$t_c = \frac{(4\sqrt{S}+1.5L)}{(0.8 \sqrt{H})} \quad (29)$$

Donde: tc = Tiempo de concentración (h).
 S = Área de la cuenca (km²).
 L = Longitud del cauce principal (km).
 H = Elevación media de la cuenca (km).

“Uno de los métodos más usados para el cálculo del tiempo de concentración, desarrollado por Kirpich, tiene por fórmula (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

$$Tc = \left(\frac{0.870 \times L^3}{Pm}\right)^{0.385} \quad (30)$$

Donde: Tc = Tiempo de Concentración (horas)
 L = Longitud del Cauce Principal (Kilómetros)
 Pm = Pendiente media del cauce (%)

“Depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la misma”, que se calcula con la siguiente ecuación (Aparicio, F. 1992):

$$t_c = \frac{L}{3600 v} \quad (31)$$

Donde: Tc = Tiempo de Concentración (horas)
 L = Longitud del Cauce Principal (metros)
 v = Velocidad media del agua en el cauce principal (m/s)

“En la siguiente tabla se presentan distintas fórmulas para determinar el tiempo de concentración” (MTC, 2011):

Tabla 13 Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración

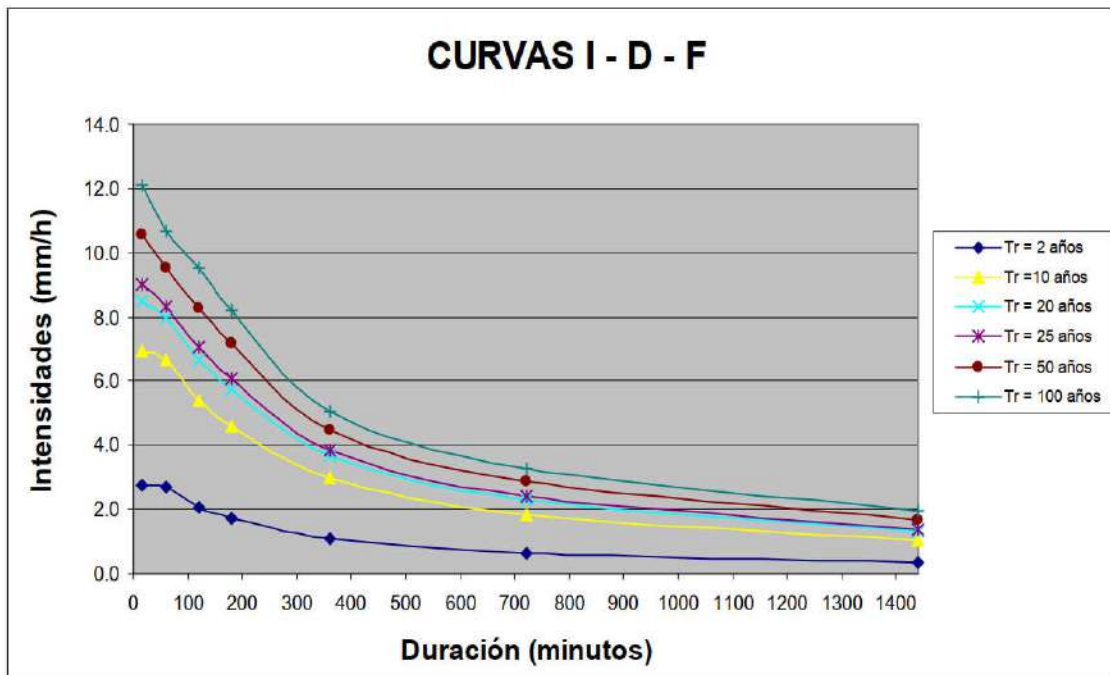
MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c)L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035\frac{(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$ <p>L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.</p>	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{0.0136.L^{0.5}\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.

Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

2.2.13.4. Curvas intensidad- duración - frecuencia (IDF)

“Para su cálculo se debe contar con una serie de datos históricos de precipitación máxima 24 horas mensuales, de estaciones Pluviométricas dentro de la cuenca o cercana a ella”, a partir de los cuales se calculan los datos máximos para cada año con el fin de realizar las pruebas de bondad y obtener el tipo de distribución estadística a la que mejor se asemejan (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

Figura 8 Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima



Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

2.2.13.5. Hietograma de diseño

Los métodos hidrológicos más modernos requieren una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas. Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, al cuál es una manera sencilla y se calcula como se muestra a continuación (MTC, 2011):

a) Método del bloque alterno

“Es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total” (MTC, 2011).

Después de seleccionar el periodo los periodos de retorno de diseño, se calcula la intensidad para cada periodo a partir de la curva IDF para cada una de las duraciones:

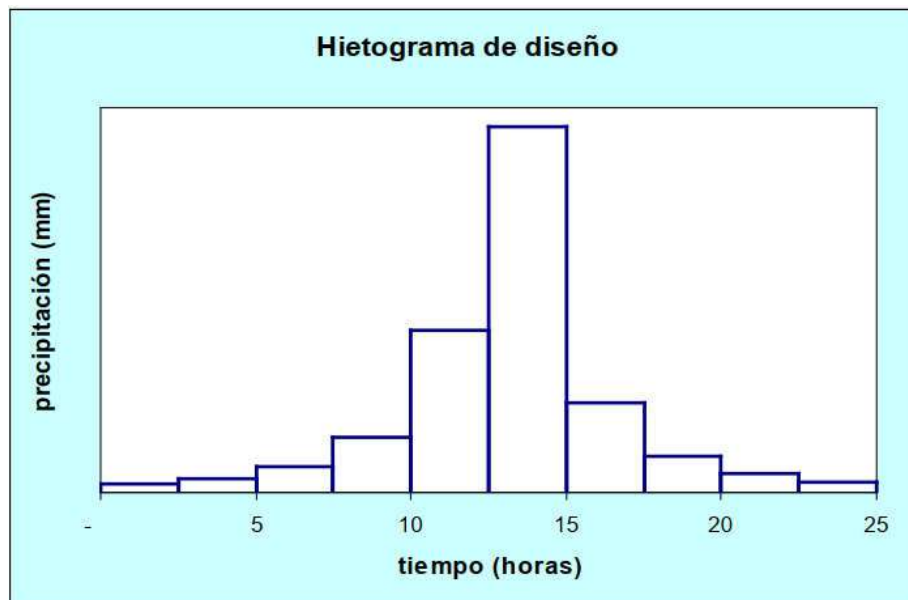
$$P = I \times D \tag{31}$$

Dónde: P = Profundidad de precipitación acumulada en mm
I = intensidad en mm/hora
D = duración en horas

Luego, tomando diferencias entre dos valores sucesivos de profundidad de precipitación acumulada, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo variación de tiempo.

Finalmente, estos bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central.

Figura 9 Ejemplo de Hietograma de Diseño



Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

2.2.14. Determinación de caudales máximos

“Existen metodologías tanto Hidrometeorológicas como Estadísticas para la determinación de caudales máximos. Las metodologías Hidrometeorológicas más importantes son: Método Racional, Hidrogramas Unitarios Complejo y Sintéticos de Snyder, Triangular y SCS; y las metodologías Estadísticas utilizadas son Puntuales y Regionales” (Carías, B. et al. 2004).

2.2.14.1. Método racional

“Tiene como variables el coeficiente de escorrentía superficial, la intensidad de precipitación y el área de influencia de la cuenca aguas arriba”, expresándose de la siguiente manera (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

$$Q_p = C \times I \times A \quad (32)$$

Donde: Q_p = caudal máximo.

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad

A = área

“Se estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c , estimado sobre la base de las características de la cuenca; es muy usado para cuencas con áreas menores a 10 km^2 ”, y se calcula con la expresión (MTC, 2011):

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (33)$$

Donde: Q = descarga máxima de diseño (m^3/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = área de la cuenca (km^2)

Tabla 14 Coeficiente de escorrentía *C*

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

2.2.14.2. Método SCS

“Estima el escurrimiento medio (Q = Caudal) mediante cantidad de precipitación y retención máxima potencial (S), utilizando valores de curvas numéricas”. Las ecuaciones para obtener los valores de Q y S se indican a continuación (Francisco, N. et al. 2010):

$$Q = Pe = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (34)$$

Donde: Q = escurrimiento medio por evento (mm)

P = precipitación efectiva por evento (mm)

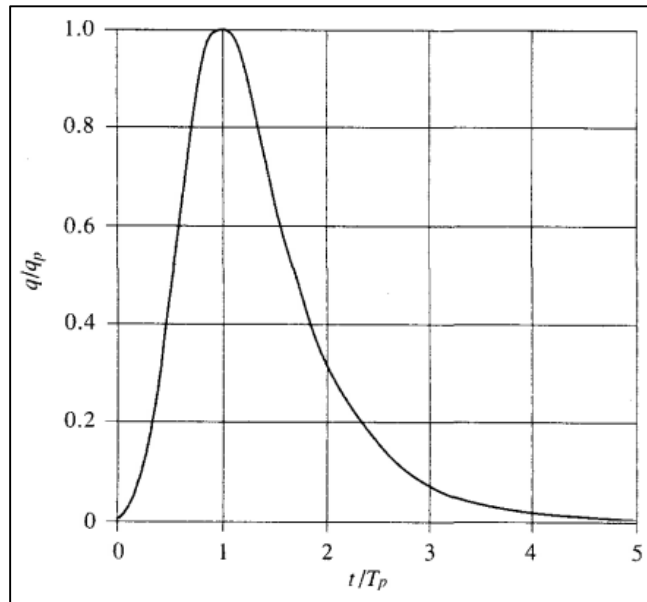
S = retención máxima potencial (mm)

Esta metodología propone que la escorrentía superficial efectiva empieza luego de alcanzar un determinado valor de lluvia acumulada $I_a = 0,2 * S$, dicha ecuación ha sido obtenida por medio de la experimentación.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (35)$$

Donde: CN = curva numérica (adimensional)

Figura 10 Hidrograma unitario a dimensional del SCS



Fuente: Chow et al. (1994)

2.2.14.2.1. Número de curva

“Es un parámetro hidrológico de una cuenca o zona determinada e indica el potencial para generar escurrimiento cuando los suelos no están congelados, de manera que un alto valor de CN producirá gran escurrimiento y viceversa” (Pacheco, R. et al. 2018).

“Para replicar un evento de inundación asociado a cierta tormenta por medio del software HEC-HMS, es necesario determinar el número de curva (CN) en función de los usos y las clases hidrológicas del suelo” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

“Es un número a dimensional, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua $CN = 100$; para superficies naturales $CN < 100$ ”, los cuales a su vez dependen del tipo de suelo (MTC, 2011):

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, margas arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Tabla 15 *Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana*

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación con tratamiento de conservación	72 62	81 71	88 78	91 81
Pastizales: condiciones pobres condiciones óptimas	68 39	79 61	86 74	89 80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena ²	45 25	66 55	77 70	83 77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	39 49	61 69	74 79	80 84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ : Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴ 1/8 acre o menos 65 1/4 acre 38 1/3 acre 30 1/2 acre 25 1 acre 20	 77 61 57 54 51	 85 75 72 70 68	 90 83 81 80 79	 92 87 86 85 84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras: Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵ Grava Tierra	98 76 72	98 85 82	98 89 87	98 91 89

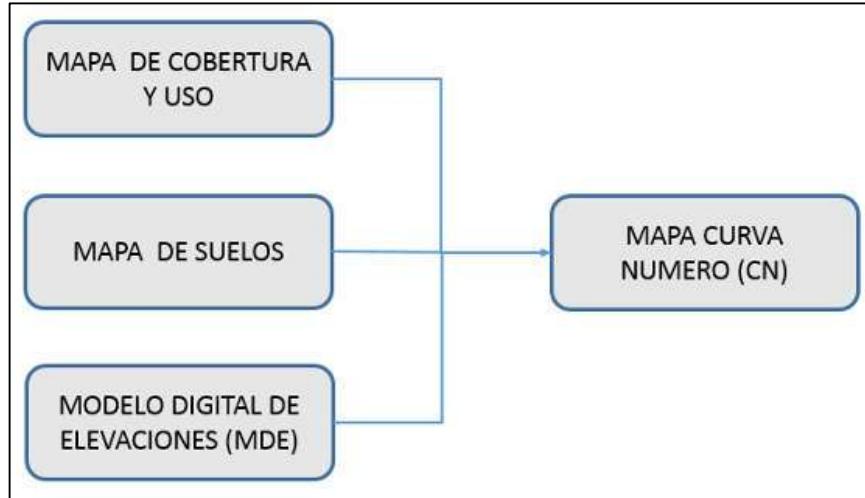
Fuente: MTC (2011) - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

a) Determinación del número curva

“Para determinar el parámetro número de curva en un entorno SIG, se requiere información gráfica de la zona objeto de estudio. Dicha información gráfica consiste en mapas temáticos de tipo y uso del suelo, así como de las características de la cuenca como es su red de drenaje” (Pacheco, R. et al. 2018).

“Un modelo conceptual contempla los factores que intervienen en la generación de valores de Número de Curva, el que se muestra a continuación” (ANA, 2015):

Figura 11 Mapa conceptual para la determinación del número de curva



Fuente: ANA (2015)

Los números de reclasificación de acuerdo al tipo de cobertura son:

Tabla 16 Reclasificación del mapa de cobertura

DESCRIPCION DE COBERTURAS	RECLASIFICACION
Cuerpos de agua	1
Nevados	2
Centros poblados	3
Cultivos/Áreas intervenidas	4
Matorral arbustivo abierto	5
Pradera en zona de clima frío	6
Sabana de árboles leñosos	7
Sabana hidromorfica	8
Selva lluviosa tropical	9
Selva lluviosa tropical con bambúes	10
Selva temporal de hojas anchas	11
Selva hidrolítica	12
Desierto en zona de clima árido	13

Fuente: ANA (2015)

Y también nos proporciona el grupo hidrológico de acuerdo al tipo de Suelo:

Tabla 17 Reclasificación del mapa de suelo

DESCRIPCION DE SUELOS	SIMBOLOGIA	GRUPO HIDROLOGICO
Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico	ACh-ALh-LXh	C
Acrisol háplico - Alisol háplico - Luvisol crómico	ACh-ALh-LVx	C
Arenosol háplico - Solonchak háplico	ARh-SCh	A
Cambisol dístico - Acrisol háplico	CMd-ACh	C
Cambisol dístico - Acrisol háplico - Lixisol háplico	CMd-ACh-LXh	C
Cambisol dístico - Alisol háplico	CMd-ALh	C
Cambisol dístico - Nitisol háplico	CMd-NTh	C
Cambisol éutrico - Phaeozem háplico	CMe-PHh	B
Cambisol éutrico - Vertisol éutrico	CMe-VRe	C
Fluvisol éutrico - Gleysol éutrico	FLe-GLe	B
Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	FLe-RGe	B
Gleysol dístico - Cambisol dístico	GLd-CMd	B
Gleysol dístico - Histosol fibrico	GLd-HSf	D
Gleysol dístico - Lixisol háplico - Fluvisol dístico	GLd-LXh-FLd	A
Leptosol dístico - Afloramiento lítico	LPd-R	B
Leptosol dístico - Andosol mbrico - Afloramiento lítico	LPd-ANu-R	B
Leptosol dístico - Andosol vítrico	LPd-ANz	B
Leptosol dístico - Cambisol dístico - Regosol dístico	LPd-CMd-RGd	B
Leptosol dístico - Regosol dístico - Afloramiento lítico	LPd-RGd-R	B
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	LPe-R	B
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	LPe-CMe	C
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	LPe-CMe-RGe	B
Leptosol éutrico - Kastanozem háplico - Afloramiento lítico	LPe-KSh-R	B
Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico	LPe-RGe-R	B
Leptosol lítico - Afloramiento lítico	LPq-R	B
Lixisol háplico - Gleysol dístico	LXh-GLd	B
Luvisol crómico - Cambisol éutrico	LVx-CMe	C
Regosol dístico - Afloramiento lítico	RGd-R	B
Regosol dístico - Cambisol dístico	RGd-CMd	C
Regosol éutrico - Andosol móllico	RGe-ANm	C
Regosol éutrico - Calcisol háplico	RGe-CLh	C
Regosol éutrico - Cambisol éutrico	RGe-CMe	C
Solonchak háplico - Leptosol éutrico	SCh-LPe	A

Fuente: ANA (2015)

Tabla 18 Valores del número de curva de los grupos hidrológicos

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frio	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrofítica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Fuente: ANA (2015)

2.2.15. Software para modelamiento hidrológico

2.2.15.1. HidroEsta2

“Es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos” (Villón, M. 2012).

Este software nos permite realizar (Villón, M. 2012):

- El análisis de una tormenta y calcular intensidades máximas, a partir de datos de pluviogramas, así como la intensidad máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado, a partir del registro de intensidades máximas.
- El cálculo de caudales máximos, con métodos empíricos como el racional y de Mac Math; y estadísticos como Gumbel o Nash.

Figura 12 *Interfaz del software HidroEsta 2*



Fuente: Villón (2012)

2.2.15.2. HEC-HMS

“Es un software gratuito de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semi distribuido, desarrollado por el Centro de Ingeniería de la Armada de Estados Unidos para realizar simulaciones de los procesos hidrológicos a nivel de eventos o en forma continua” (Chimborazo, J. 2019).

“Es un programa encargado de modelar procesos hidrológicos en una cuenca, para lo cual puede utilizar diferentes métodos de transformación de lluvia escorrentía y para las pérdidas. El método más importante de transformación es el método del hidrograma unitario” (Espinoza, A. 2020).

Contiene cuatro componentes principales. 1) Un modelo analítico para calcular la escorrentía directa y enrutamiento de canales, 2) Una interfaz gráfica de usuario avanzada que ilustra los componentes del sistema hidrológico con características interactivas, 3) Un sistema para almacenar y administrar datos, específicamente grandes conjuntos de datos variables en el tiempo, y 4) un medio para mostrar y reportar los resultados del modelo (Cotrado, N. 2022).

2.2.15.2.1. Modelamiento con Hec Hms

“Consiste en una respuesta en caudal líquido a una lluvia neta unitaria, la cual incide simultáneamente en el drenaje con una intensidad constante durante un intervalo de tiempo definido” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).

“Es un modelo de libre acceso y disponibilidad cuya aplicación está muy extendida en el ejercicio profesional que sirve para el diseño y gestión de estructuras hidráulicas; para la estimación de recursos hídricos y para delimitación de zonas inundables” (López, J. et al. 2012).

“Es recomendable usar en el software Hec Hms el método del hidrograma unitario (HU) y, dentro de ésta, elegir el HU Adimensional del SCS por ser un método sencillo ampliamente aplicado en multitud de casos” (López, J. et al. 2012).

$$Q_p = \frac{2.08A}{T_p} \quad (36)$$

Donde: Q_p =caudal punta en m^3/s

A = superficie de la cuenca en km^2

T_p = tiempo al máximo en horas

$$T_p = \frac{T_y}{2} + T_l \quad (37)$$

Donde: T_y =la duración del pulso de lluvia

T_l = tiempo de desfase de la cuenca

$$T_l = \frac{L^{0.8}(2.540 - 22.86 CN)^{0.7}}{14.104 CN^{0.7} I^{0.5}} \quad (38)$$

Donde: L = es la longitud hidráulica en metros

I = es la pendiente media de la cuenca en m/m

CN = valor del número de curva medio de la cuenca

“El lag time (tiempo que transcurre desde el centro de gravedad de la P neta hasta la punta del hidrograma) es aproximadamente igual a 0,6 multiplicado por el tiempo de concentración” (López, J. et al. 2012).

2.2.16. Modelamiento hidráulico

“Es una herramienta de diseño, revisión y técnica indispensable dentro de las prácticas modernas de la ingeniería civil. Consideran dos importantes aspectos para un modelo predictivo como es el modelamiento hidráulico: Variables de entrada y parámetros de control” (García, J. & Chocat, B. 2009).

“Nos presentan una manera de análisis de la interrelación entre la topografía del cauce, y los volúmenes de agua transportados. Permite determinar niveles de agua máxima, llanura de inundación, velocidades y otros, para avenidas extremas con diferentes periodos de retorno” (Mori, M. 2007).

2.2.17. Tipos de flujo

Los tipos de flujo son (Bustamante, Y. 2013):

a) Flujo permanente

Es aquel donde las características del flujo como su Velocidad (V), caudal (Q) y profundidad (h), permanecen constantes en el tiempo, es decir, son independientes del tiempo.

b) Flujo transitorio o no permanente

Este tipo de flujo presenta cambios en sus características a lo largo del tiempo, es decir, varían en función del tiempo.

c) Flujo uniforme

Se dice que un flujo es uniforme si su profundidad es la misma en todas las secciones.

d) Flujo variado

Un flujo es variado si la profundidad cambia a lo largo. Este flujo puede ser permanente o no permanente. El flujo variado puede clasificarse en:

- Rápidamente variado: si la profundidad del agua cambia de manera tosca en distancias relativamente cortas.
- Gradualmente variado: si la profundidad del agua no cambia de manera tosca en distancias relativamente cortas.

2.2.18. Tipos de regímenes

Existen tres tipos de regímenes (Zamora, S. 2004):

a) Régimen crítico

Se encuentra el flujo en un equilibrio inestable.

b) Régimen subcrítico

Dado que las perturbaciones se propagan hacia aguas arriba, en este tipo de flujo depende en exclusiva de las condiciones de aguas abajo.

c) Régimen supercrítico

Dado que las perturbaciones se propagan hacia aguas abajo, en este tipo de flujo depende en exclusiva de las condiciones de aguas arriba.

2.2.19. Software para modelamiento hidráulico

2.2.19.1. Iber

“Es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en ríos y estuarios desarrollado a partir de la colaboración del Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, del Grupo de Ingeniería Matemática y del Instituto Flumen” (Bladé, E. et al. 2014).

“Es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación abarca la evaluación de zonas inundables” (Ochoa, S. et. al. 2014).

“Consta de diferentes módulos: turbulencia, transporte de sedimentos e hidrodinámica, constituyendo este último, la base de la herramienta empleando las ecuaciones de St. Venant 2D de aguas someras resueltas bajo el método de volúmenes finitos” (Pérez, J. et al. 2018).

a) Ecuaciones

“El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento” (Bladé, E. et al. 2014).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial X} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = 0 \quad (39)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}(hU_xU_y) \\ &= -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y}\right) \end{aligned} \quad (40)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(hU_y) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_xU_y) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) \\ &= -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y}\right) \end{aligned} \quad (41)$$

Donde: h=calado

$U_x U_y$ = son las velocidades horizontales promediadas en profundidad

g = es la aceleración de la gravedad

ρ = es la densidad del agua

ρ = es la densidad del agua

Z_b = es la cota del fondo

τ_s = es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento

τ_b = es la fricción debida al rozamiento del fondo s la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento

v_t = es la viscosidad turbulenta.

b) Interfaz

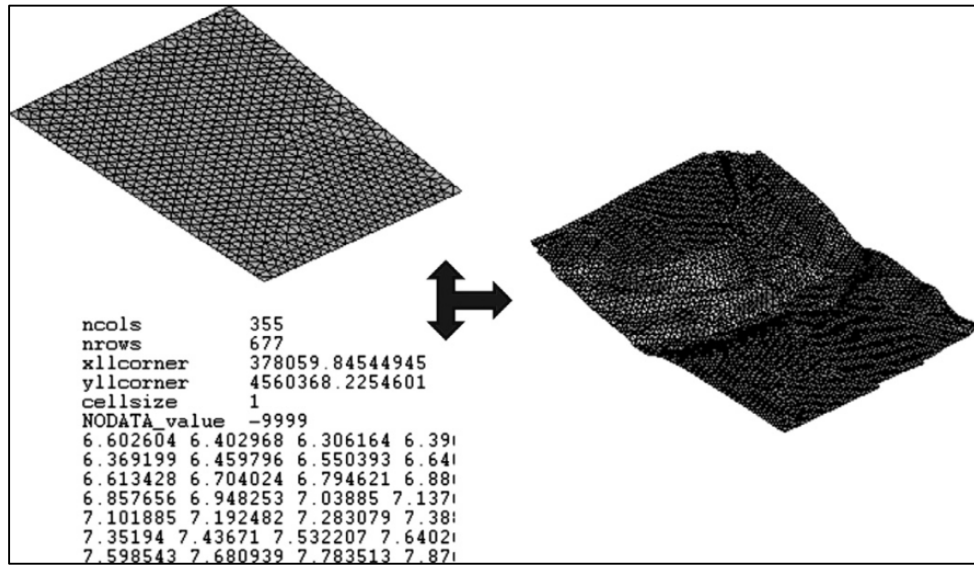
La interfaz de Iber está realizada en base al programa GiD, por lo que el resultado es una herramienta flexible y amigable con el usuario. De entre los desarrollos específicos para el preproceso destaca la importación desde un archivo georreferenciado de la rugosidad de Manning asociada a usos del suelo y su asignación automática a los elementos de la malla (Bladé, E. et al. 2014).

Figura 13 Interfaz principal del software Iber



Fuente: Bladé et al. (2014)

Figura 14 Menú Iber Herramientas y un ejemplo de edición de nodos de una malla

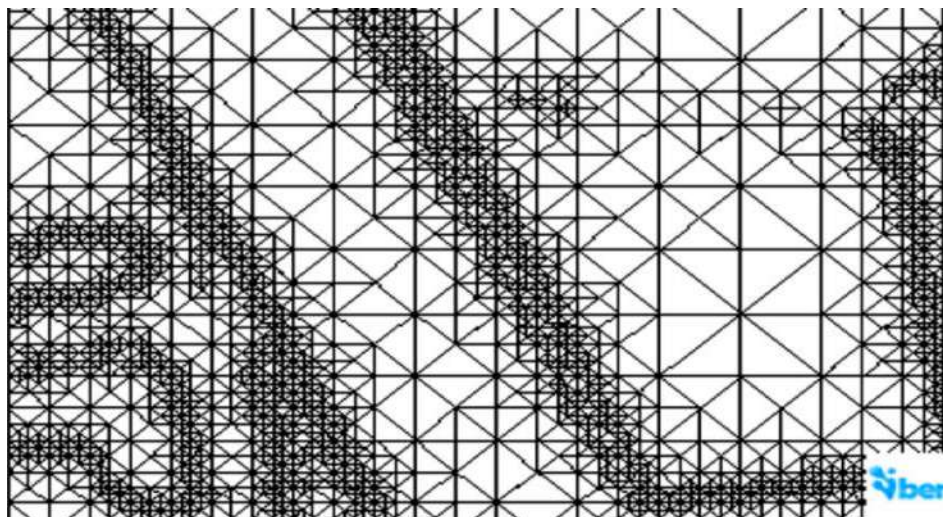


Fuente: Bladé et al. (2014)

c) Malla de cálculo

“Uno de los procesos que requieren mayor tiempo y esfuerzo a la hora de desarrollar un estudio de simulación numérica del flujo en ríos es la generación de la malla de cálculo” (Bladé, E. et al. 2014).

Figura 15 Malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos

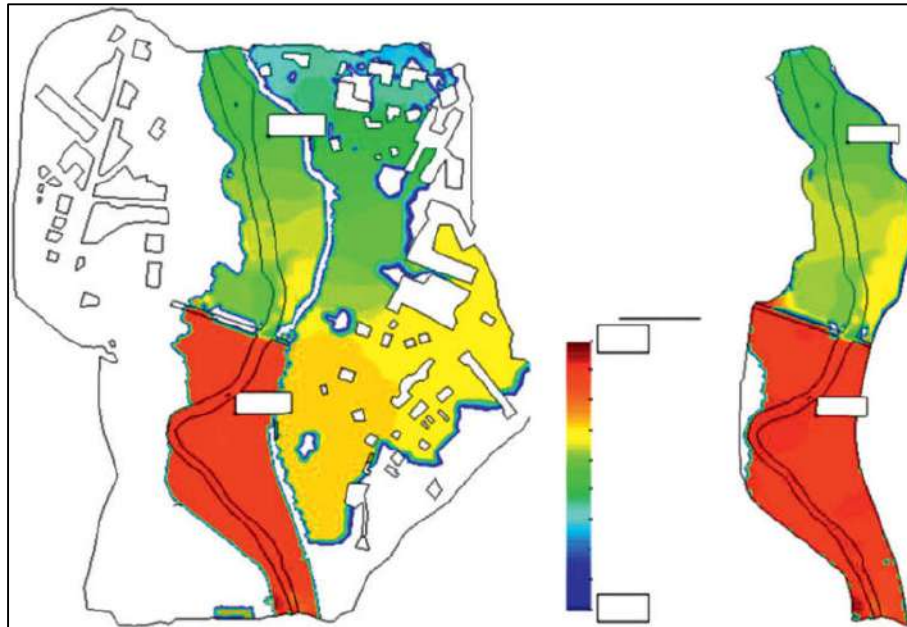


Fuente: Bladé et al. (2014)

d) Aplicaciones

“El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios” (Ochoa, S. et al. 2014).

Figura 16 Ejemplo de extensión de la inundación y altura de la lámina de agua



Fuente: Bladé et al. (2014)

2.2.20. Inundaciones

“Son eventos catastróficos y recurrentes para un río, que genera daños en el entorno de las personas, sus bienes e infraestructura, y, además causan graves daños al medioambiente” (Bustamante, Y. 2013).

“Son fenómenos naturales, eventos recurrentes que se producen en las corrientes de agua como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan llanuras”, refiriéndose como llanuras a las áreas de inundación, que en general son los terrenos aledaños a los cursos de agua (Celmi, J. 2007).

“Ocurren cuando una crecida por máximas avenidas supera la capacidad de carga de los ríos y de absorción de los suelos, y afecta la regulación del sistema de defensa que establece la sociedad, produciendo daños en ella” (Ríos, D. 2010).

2.2.21. Riesgo

“Es la probabilidad que la unidad social o sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro. El riesgo está en función de una amenaza y de condiciones de vulnerabilidad de una unidad social” (Celmi, J. 2007).

“Está formado por dos dimensiones: la amenaza (peligro) y la vulnerabilidad. Ello es expresado bajo la fórmula $R = A \times V$, donde $R =$ Riesgo, $A =$ Amenaza y $V =$ Vulnerabilidad (Ríos, D. 2010).

“Es la función de 3 factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos, es decir: $Riesgo = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad, Exposición})$ ” (Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2006).

2.2.21.1. Cálculo del riesgo





“Una vez identificado los peligros a la que está expuesta el centro poblado y realizado el análisis de vulnerabilidad, se procede a una evaluación conjunta, para calcular el riesgo, es decir, estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados” (INDECI, 2006).

Tabla 19 *Matriz de Peligro y Vulnerabilidad*

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: INDECI (2006)

Figura 17 *Leyenda de la Matriz de Peligro y Vulnerabilidad*

LEYENDA:		Riesgo Bajo (< de 25%)
		Riesgo Medio (26% al 50%)
		Riesgo Alto (51% al 75%)
		Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Fuente: INDECI (2006)

2.2.21.2. Peligrosidad

Para determinar el nivel de intensidad de peligrosidad depende del tipo de inundación: “en inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo y mientras que en inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo” (INDECI, 2011).

Tabla 20 *Matriz de peligrosidad*

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad. del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$	$H \cdot V > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < H \cdot V < 1.5 \text{ m}$
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5 \text{ m}$	$0.25 \text{ m} < H \cdot V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$< 0.25 \text{ m}$	$H \cdot V < 0.25 \text{ m}$

Fuente: INDECI (2011)

2.1. Definición de términos básicos.

- **Áreas inundables**
“Son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes” (Organización de los Estados Americanos (OEA), 1993).
- **Caudal**
“Es el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo que pasa de manera continua durante todo un año por una determinada sección transversal” (Aparicio, F. 1992).
- **Máxima avenida**
“Es un evento que tal vez no se ha presentado jamás, o al menos no en el periodo de datos disponible, pero que es necesario conocer para determinar las dimensiones de sus incidencias” (Aparicio, F. 1992)
- **Precipitación**
“Incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera” (Estrada, Y. & Rojas, D. 2013).
- **Quebrada**
“Es un arroyo o riachuelo que corre por una quiebra entre las montañas” (Real Academia Española (RAE), 2014)
- **Zonificación**
“Es una manera de identificar áreas con diferentes niveles de peligro ante de deslizamientos o inundaciones” (OEA, 1993).

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Ubicación

La localidad de Namora, se encuentra ubicada al este de la ciudad de Cajamarca, a un tiempo aproximado de 0,5 horas desde la plaza de armas de esta ciudad.

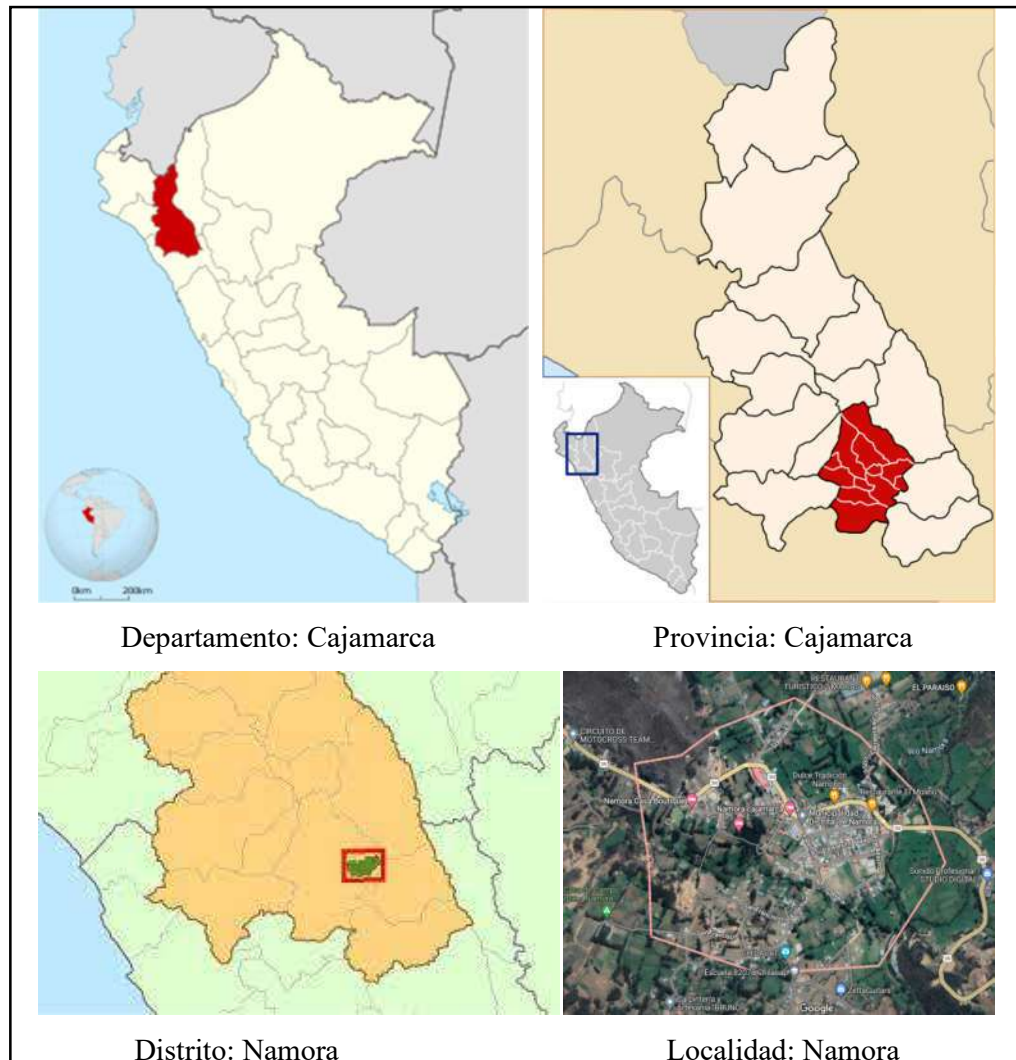
Departamento : Cajamarca

Provincia : Cajamarca

Distrito : Namora

Localidad : Namora

Figura 18 *Ubicación de la localidad de Namora*



3.2. Materiales

3.2.1. Información Hidrológica

La localidad de Namora pertenece a la región hidrográfica de la cuenca Crisnejas, identificada con el código 49898 por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en la cual se cuenta con varias estaciones, destacando para la presente investigación la estación pluviométrica Namora:

Tabla 21 Estación Namora (Código: 000321)

Operador:	Servicio Nacional Meteorología E Hidrología
WGS 84 Geográficas	Latitud: -7.2 / Longitud: -78.333333 / Altitud(msnm): 2700
Tipo:	Convencional / Climática
Ámbito Político	Dpto: Cajamarca / Prov: Cajamarca / Dist.: Namora
Ámbito Administrativo	AAA: Marañón / ALA: Cajamarca
Unidad Hidrográfica:	Cuenca Crisnejas

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Dicha estación pluviométrica registro los datos de precipitación desde el año 1979 hasta la actualidad, con dos registros por día como se muestran en la página web SNIRH (ana.gob.pe), siendo las precipitaciones máximas en 24 horas de cada año:

Tabla 22 Precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Namora

AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1979	33.1	44.1	18.3	14.1	7.3	1.3	8.8	11.1	21.8	6.5	11.8	17.2
1980	12.1	14.3	27.0	11.3	22.1	2.1	0.0	6.8	3.3	25.8	22.0	9.3
1981	27.3	19.6	4.8	12.2	13.6	S/D	0.0	12.2	9.3	15.7	7.1	12.2
1982	15.8	11.2	10.3	11.7	10.2	0.0	8.8	0.0	8.5	14.4	33.8	33.2
1983	34.4	8.5	16.0	35.2	18.5	9.9	4.3	10.8	0.0	17.8	13.1	10.3
1984	4.6	31.3	34.2	23.2	22.3	6.3	9.3	8.5	0.0	40.8	33.0	11.2
1985	8.2	21.3	22.6	32.1	21.0	3.5	22.1	14.1	11.6	8.0	10.4	13.4
1986	16.0	12.0	34.2	19.7	16.1	0.0	2.1	3.5	2.5	17.8	13.0	14.9
1987	S/D	28.3	16.4	19.8	4.9	3.3	3.7	6.3	13.3	S/D	S/D	S/D
1988	33.3	23.5	13.3	22.1	5.6	4.5	0.0	0.0	13.9	17.7	22.2	S/D
1998	32.7	26.2	20.7	49.5	13.3	0.9	0.0	1.8	4.7	19.6	16.7	17.4
1999	16.4	31.9	40.9	15.4	26.1	9.5	2.6	1.0	21.6	13.9	9.7	13.8
2000	10.1	21.2	39.1	15.2	34.8	5.6	1.6	16.4	10.8	11.2	14.8	30.4
2001	23.5	20.1	24.1	12.7	19.5	0.2	2.7	0.0	7.0	27.0	22.8	26.7
2002	13.6	24.0	31.6	24.7	8.1	3.1	6.5	3.5	19.9	25.2	9.9	19.6
2003	16.5	27.0	22.9	16.8	6.8	11.7	2.3	5.4	4.6	15.5	31.0	17.6
2004	25.4	19.4	14.3	14.4	15.4	3.4	3.3	4.6	14.5	15.9	16.7	23.8
2005	33.3	9.5	33.6	22.6	10.7	1.0	1.4	4.4	6.1	16.3	7.3	37.2
2006	33.7	12.6	24.3	20.3	3.5	17.0	2.0	8.7	17.3	22.5	21.8	18.8
2007	29.1	14.0	28.2	18.0	18.0	0.0	3.6	6.9	16.0	24.3	31.9	27.9
2008	30.3	28.9	35.0	22.5	8.6	11.8	1.3	5.0	9.8	20.5	26.3	9.8
2009	46.5	11.5	38.6	21.2	27.1	5.9	3.9	2.1	6.5	22.2	17.4	16.6
2010	20.2	42.7	33.6	19.0	9.6	8.9	7.5	0.0	9.4	20.1	17.5	21.5
2011	23.3	25.9	32.9	42.3	2.3	0.3	5.7	1.3	13.7	7.9	10.3	17.6
2012	25.4	19.7	21.0	16.0	10.4	4.5	0.0	3.2	4.4	26.0	28.6	11.6
2013	11.8	19.1	25.5	24.7	14.5	0.4	0.7	5.3	1.1	15.6	7.7	23.9
2014	24.7	36.6	36.4	19.5	14.9	1.0	4.3	0.0	5.8	14.2	24.4	21.7
2015	30.2	19.9	23.7	20.7	31.8	0.2	3.0	0.2	2.7	5.7	23.7	8.6
2016	21.4	26.8	15.7	31.3	8.8	13.3	0.8	3.5	20.0	12.9	8.4	34.5
2017	42.9	11.8	41.0	18.7	12.2	10.6	0.0	4.2	8.2	24.1	18.3	21.9
2018	36.6	30.2	22.8	26.3	23.7	3.5	0.0	2.8	11.8	S/D	26.7	18.5
2019	8.5	24.9	28.7	20.5	12.0	3.5	1.6	0.0	12.0	15.5	13.4	26.7
2020	13.0	14.0	S/D	S/D	S/D	S/D	8.1	1.2	4.0	13.9	17.5	29.6
2021	27.3	30.8	40.2	16.6	12.4	3.9	2.5	11.3	10.0	32.9	24.8	17.7
2022	13.9	25.8	25.0	18.5	9.2	2.1	1.2	6.1	8.9	7.1	6.5	16.4

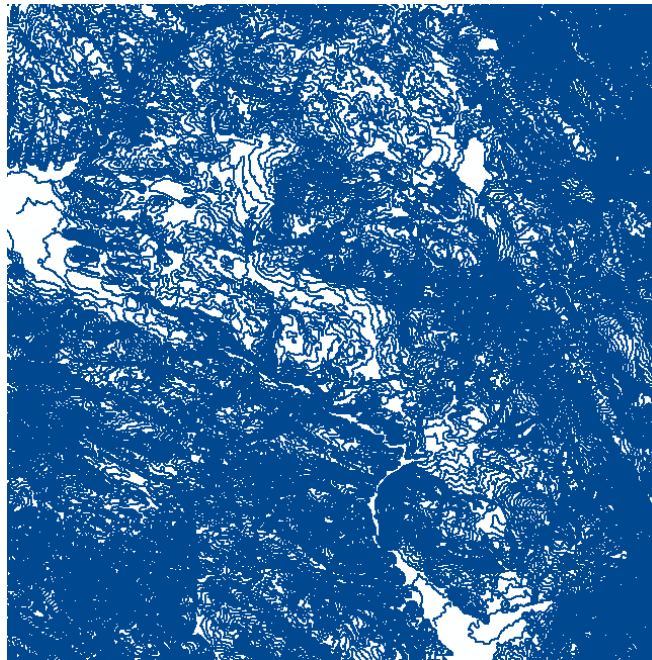
Fuente: SENAMHI (2023)

3.2.2. Información Cartográfica

Como base de datos fundamental de mapas del Perú, se cuenta con las cartas nacionales que se puede descargar de manera gratuita desde el sitio web (<https://www.geogpsperu.com/>), por lo que se procedió a ubicar a la Localidad de Namora junto a la quebrada Sarin Mayo en dichas cartas para obtener las curvas de nivel y así poder obtener la información necesaria para la presente investigación.

Se determinó que la zona de estudio se encuentra en la carta nacional 15g de la zona 17 M, la cual tiene una extensión shp por lo que es necesario el uso del software ArcGis para su visualización, la cual se muestra a continuación:

Figura 19 *Curvas de nivel de la carta nacional 15g*



Fuente: Geogpsperú

3.2.3. Información Topográfica

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona en estudio con el equipo topográfico: CHCNAV I90, a partir de la cual obtenemos los puntos COGO necesarios para generar el modelo digital de elevaciones del lugar de manera más precisa que la extraída en las cartas nacionales previamente. Asimismo, se complementó dicho levantamiento con fotos aéreas tomadas con un dron modelo: DJI Mavic Air 2.

3.2.4. Equipos

Los equipos usados para realizar la presente investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 23 *Equipos usados*

Equipo	Imagen
Dron DJI Mavic Air 2	 A white DJI Mavic Air 2 drone with four propellers, shown from a top-down perspective.
GPS Diferencial CHCNAV i90 IMU-RTK	 A white and blue CHCNAV i90 IMU-RTK GPS receiver with a small screen on the front, mounted on a silver pole.
Trípode, bastones y antenas	 A collection of surveying equipment including a black tripod, two blue CHCNAV antennas on poles, and a blue CHCNAV receiver unit.
Receptor RTK - i90 - CHC Navigation	 A CHCNAV i90 RTK receiver mounted on a silver pole, with a smartphone attached to the side for data collection.

Laptop Lenovo Corel i7	
Cámara fotográfica	

3.2.5. Softwares

Los softwares usados en la presente investigación son:

- Software Microsoft Word 2019
- Mendeley Reference Manager 2.88.0
- Software Microsoft Excel 2019
- Software Foxit Reader 9.7.1
- Software AutoCAD Civil 3D 2020
- Software Google Earth Pro 7.3.6
- Software ArcGIS 10.5
- Software ArcScene 10.5
- Software HIDROESTA 2
- Software HEC-HMS 4.10
- Software Agisoft Metashape2.0.2
- Software IBER 3.2.2

3.3.Procedimiento

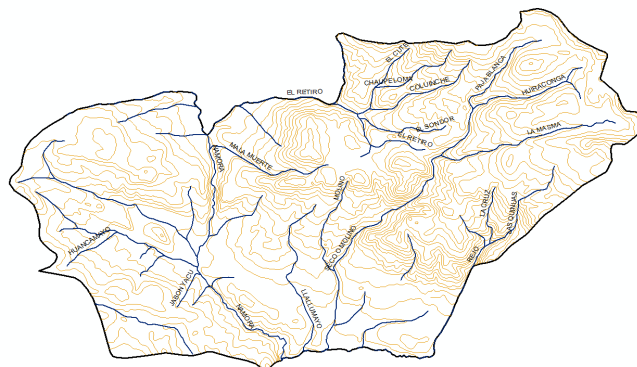
3.3.1. Delimitación de la cuenca

Para delimitar la cuenca de la quebrada Sarin Mayo, se requirió la información de la carta nacional 15g, tanto el shape de curvas de nivel y ríos y quebradas; asimismo se empleó el software ArcGis para poder determinar la divisoria de aguas a partir del punto emisor.

El punto emisor para la presente investigación fue ubicado en las coordenadas 795856.00 E 9202864.00 S, con una altitud de 2726 m.s.n.m, en la localidad de Namora, lugar donde se produce la unión entre la quebrada Sarin Mayo y el río Namora.

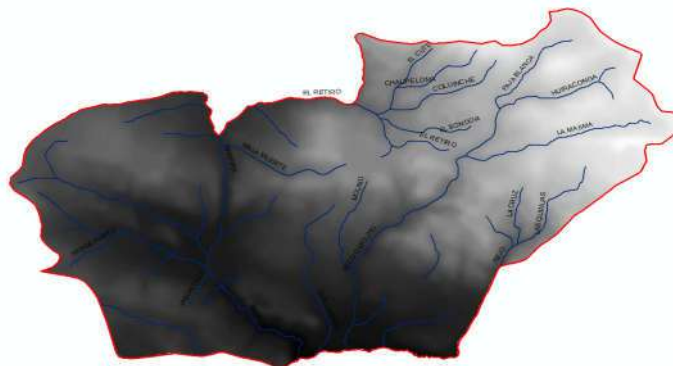
Como primer paso se procedió a combinar los mapas de curvas de nivel y ríos y quebradas, delimitados por el límite distrital de Namora:

Figura 20 *Curvas de nivel junto a los ríos y quebradas del distrito de Namora*



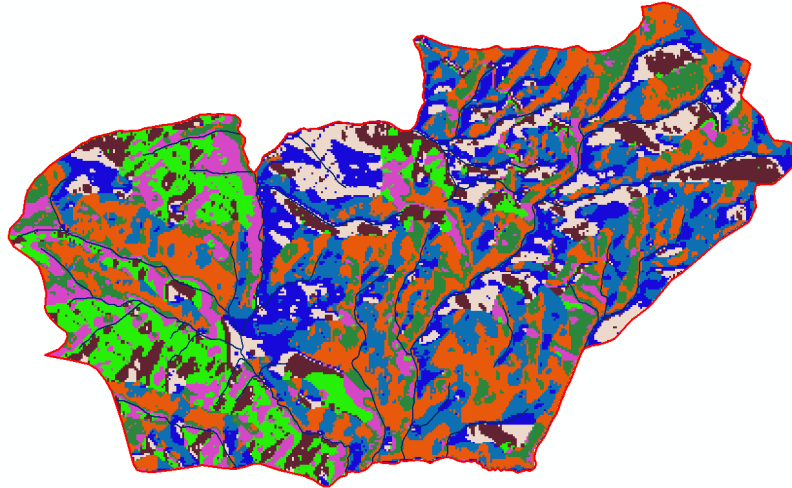
A continuación, se procedió a crear el modelo digital de elevaciones (DEM) a través de la herramienta Topo toRaster del software ArcGis, teniendo como resultado:

Figura 21 *Modelo digital de elevaciones del distrito de Namora*



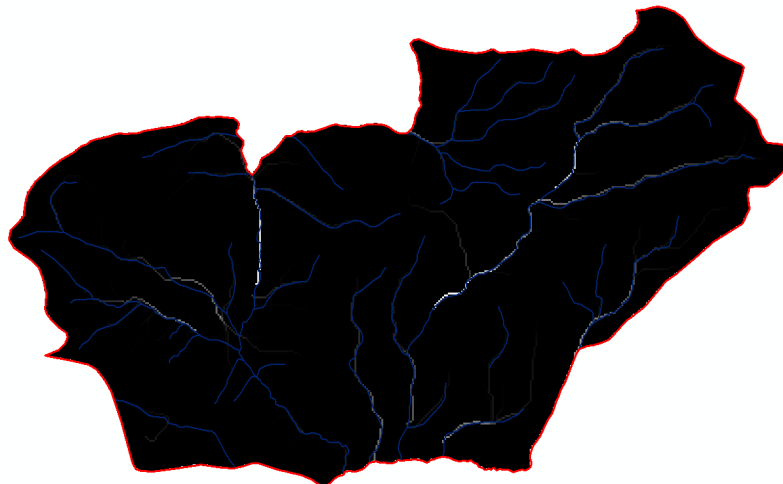
Seguidamente se determinó las direcciones de flujo del ráster previamente obtenido para el DEM, a través de la herramienta Flow Direction del software ArcGis:

Figura 22 *Direcciones de flujo del distrito de Namora*



Obtenidas las direcciones de flujo, es necesario conocer las acumulaciones de las mismas, la cual se obtiene a partir de la herramienta Flow Accumulation del software ArcGis:

Figura 23 *Acumulaciones de flujo en el distrito de Namora*



Finalmente, ubicando el punto emisor y usando la herramienta Watershed del software ArcGis se obtiene la cuenca de la quebrada Sarin Mayo delimitada:

Figura 24 *Cuenca de la quebrada Sarin Mayo*

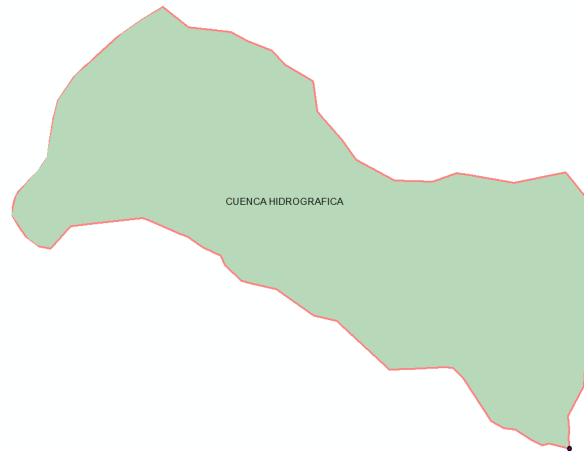


Figura 25 *TIN de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo*

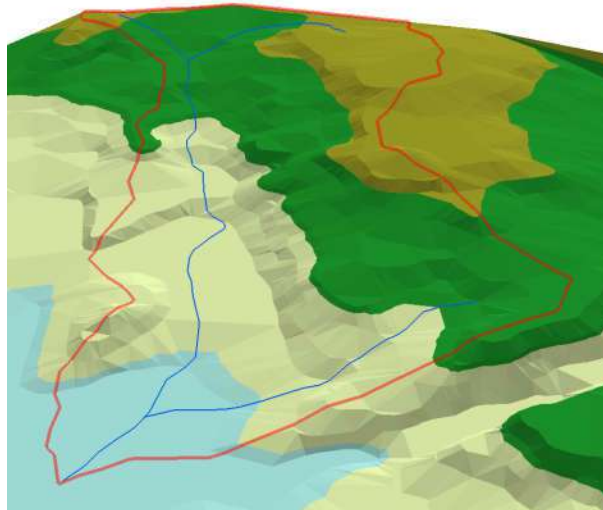
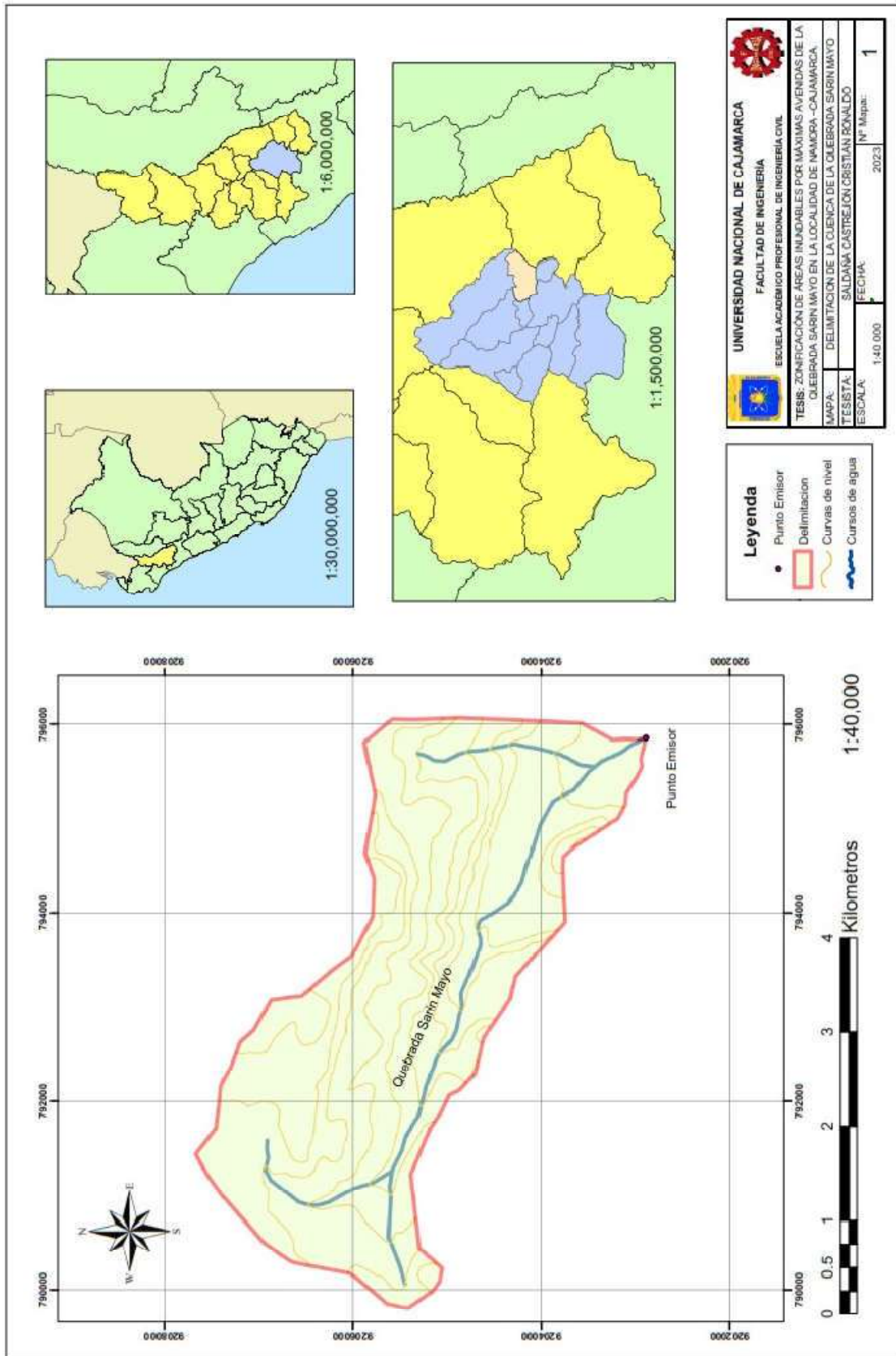


Figura 26 *Relieve de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo*



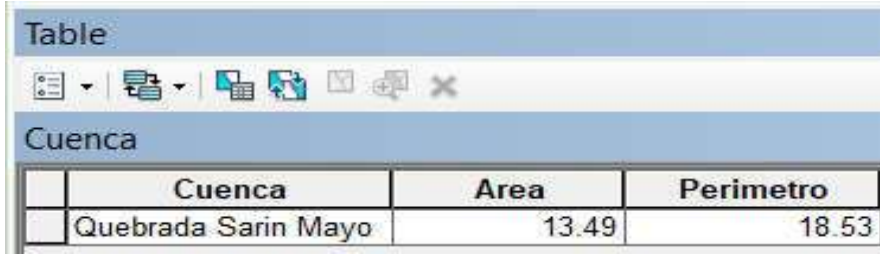
Figura 27 Delimitación de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo



3.3.2. Parámetros de forma de la cuenca

Teniendo previamente delimitada la cuenca de la quebrada Sarin Mayo, y con la ayuda del software ArcGis se procedió a calcular los parámetros de forma: área y perímetro a través de la tabla de atributos del mismo:

Figura 28 *Parámetros de la cuenca calculados con la tabla de atributos de ArcGis*



Cuenca	Area	Perimetro
Quebrada Sarin Mayo	13.49	18.53

A continuación, se procedió a acular el parámetro de forma: longitud de la cuenca a través de la herramienta Measure del software ArcGis:

Figura 29 *Longitud de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo*



Con respecto al parámetro del rectángulo equivalente, se procedió a calcular las áreas entre los intervalos de curvas de nivel cada cien metros, con la ayuda de la herramienta Reclassify del software ArcGis para 6 intervalos, teniendo como resultado:

Figura 30 Visualización de las áreas por intervalos de curvas de nivel

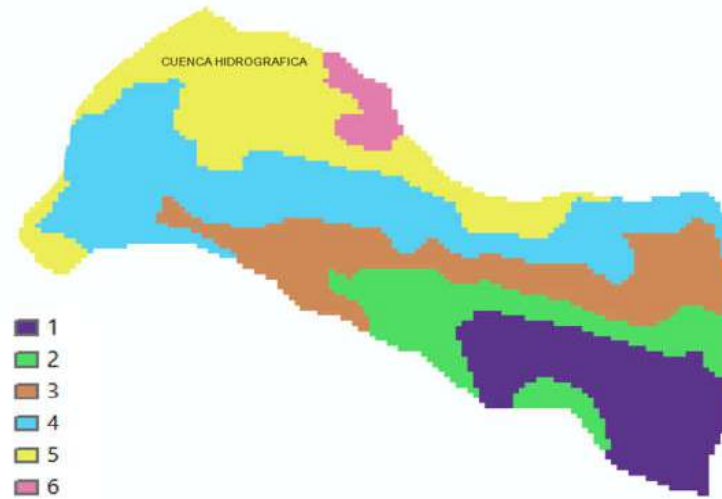
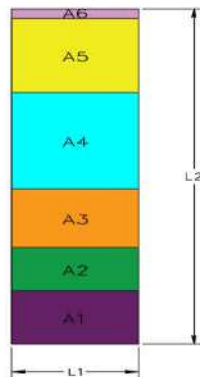


Figura 31 Valores de las áreas por intervalos de curvas de nivel

Table		
Sum_Output		
	Codigo	Sum_Area
	1	2143026.4
	2	1750520.47
	3	2366244.5
	4	3884436.52
	5	2984587.68
	6	363390.39

Finalmente, se procedió a dibujar los valores obtenidos en el software AutoCAD Civil 3D:

Figura 32 Rectángulo equivalente de la cuenca

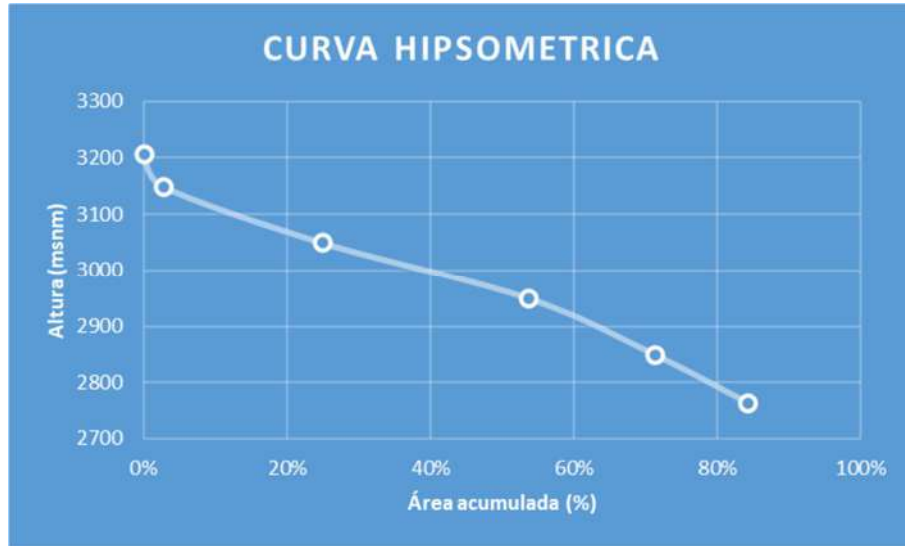


Para los demás parámetros de forma se utilizó el software Excel, ya que se cuenta con fórmulas para su cálculo previamente descritas en el capítulo anterior.

3.3.3. Parámetros de relieve de la cuenca

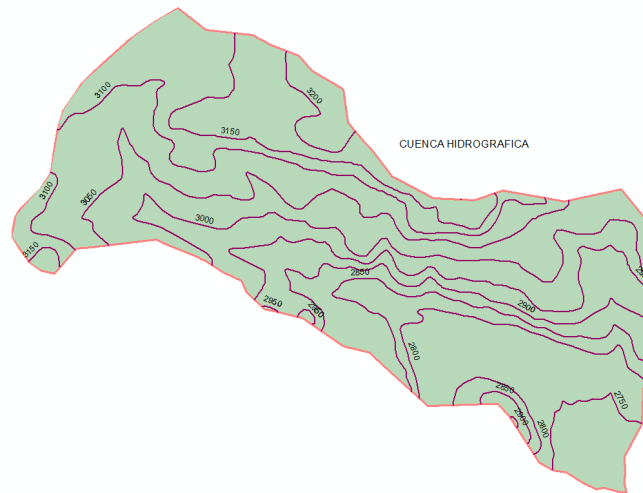
Respecto al parámetro de relieve de la curva hipsométrica, se calculó las áreas sobre las curvas de nivel con los datos obtenidos para el rectángulo equivalente previamente, y se procedió a graficar dichos valores en un gráfico de Excel:

Figura 33 Curva hipsométrica de la cuenca



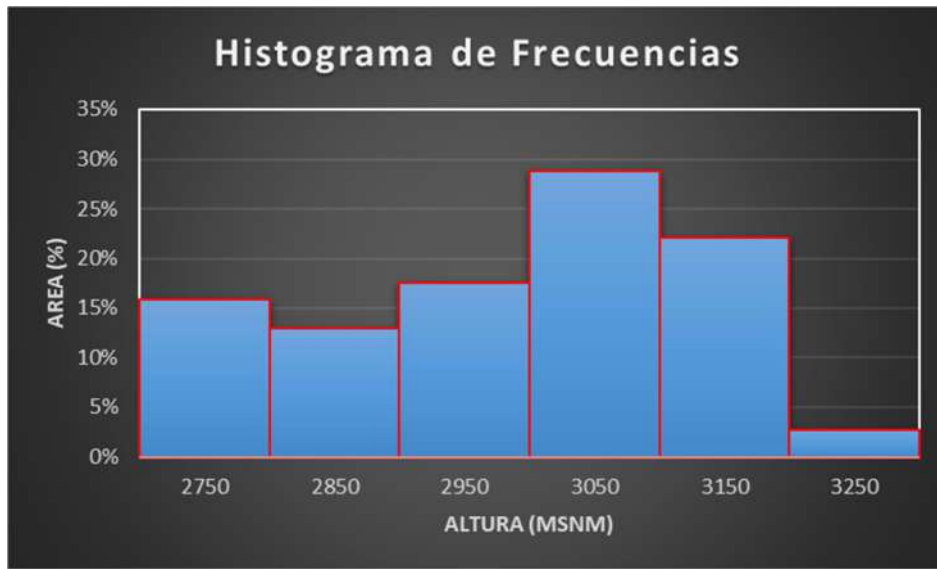
Para el parámetro de la pendiente de la cuenca, se exportaron las curvas de nivel delimitadas por la cuenca desde el software ArcGis a AutoCAD para poder medir las longitudes de las mismas, y así poder aplicar la formula N.º 07 y obtener dicho parámetro.

Figura 34 Curvas de nivel delimitadas por la cuenca



Finalmente, para calcular la altitud media de la cuenca se empleó la curva hipsométrica, y con los mismos datos usados se procedió a graficar la curva de frecuencia de la cuenca:

Figura 35 *Histograma de frecuencias de altitudes*



3.3.4. Parámetros de drenaje de la cuenca

Empezando por el parámetro del número de orden de la cuenca, se procedió anotar los afluentes y sumar de orden según el método de Horton previamente sustentando:

Figura 36 *Número de orden de la cuenca de la quebrada Sarin Mayo*



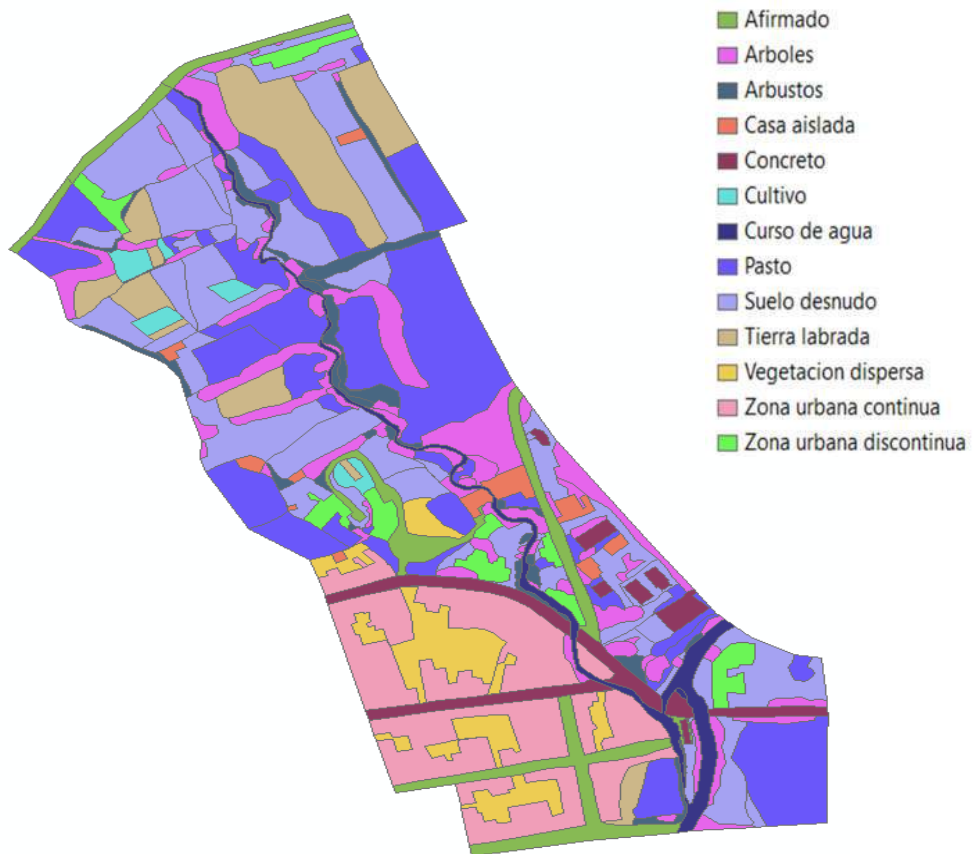
Con respecto al parámetro de bifurcación y densidad de drenaje, se calculó mediante las fórmulas 8 y 9 respectivamente, con la ayuda del software Excel.

3.3.5. Caracterización desde el punto de vista fluvial

Para realizar la caracterización del área de estudio y de la cuenca de aporte, nos valimos de las visitas a campo, de la información resultante en el sistema de información geográfica (ArcGis) y de la ortofoto obtenida.

Se creó una capa shp de rugosidades (N de Manning) para el área de estudio en el software ArcGis mediante la observación y análisis de la ortofoto previamente obtenida, y se insertaron sus valores correspondientes según French R. (1988):

Figura 37 *Rugosidades según uso del suelo en ArcGis*



3.3.6. Caracterización de las áreas inundadas en el 2013

Para cuantificar el área, el caudal y el periodo de retorno que ocasionaron la inundación el 03 de abril del 2013 de la quebrada Sarin Mayo, se tomaron de guía las huellas de inundaciones observadas en campo y de testimonios de los pobladores del lugar para que, por tanteos se determinen dichos valores.

3.3.7. Modelamiento Hidrológico

Partimos de los datos de precipitaciones máximas anuales obtenidas del SENAMHI de la estación pluviométrica Namora, por su proximidad y suficiencia de data respecto a nuestra área de estudio. A estos valores se realizó la prueba de análisis dudosos, de la siguiente manera.

- Al conjunto de valores de precipitaciones máximas se calculó su coeficiente de sesgo o asimetría.
- Dado que el coeficiente de sesgo fue igual a 0.46, se procedió a verificar los datos dudosos altos.
- A partir de la ecuación N.º 10 se calculó el umbral alto, siendo igual a: 54,98 mm.
- Dado que ningún valor sobrepasaba dicho umbral, se procedió a calcular el umbral bajo.
- El umbral bajo tuvo un valor igual a: 21,07 mm.
- Dado que todos los valores de precipitaciones estaban por encima del umbral bajo, todos los valores fueron considerados como no dudosos.

Figura 38 *Umbrales del análisis de datos dudosos*

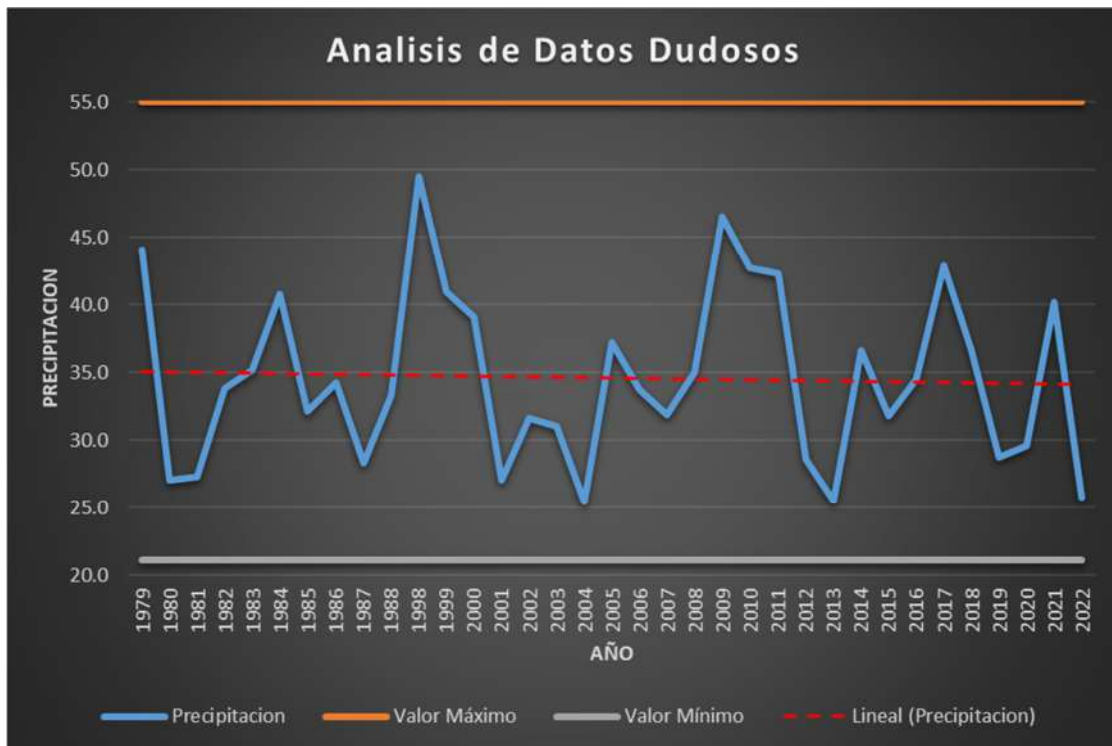


Tabla 24 *Precipitaciones máximas anuales de la estación Namora sin datos dudosos*

Año	Precipitacion
1979	44.1
1980	27.0
1981	27.3
1982	33.8
1983	35.2
1984	40.8
1985	32.1
1986	34.2
1987	28.3
1988	33.3
1998	49.5
1999	40.9
2000	39.1
2001	27.0
2002	31.6
2003	31.0
2004	25.4
2005	37.2
2006	33.7
2007	31.9
2008	35.0
2009	46.5
2010	42.7
2011	42.3
2012	28.6
2013	25.5
2014	36.6
2015	31.8
2016	34.5
2017	42.9
2018	36.6
2019	28.7
2020	29.6
2021	40.2
2022	25.8

Por consiguiente, de dichos valores se calcularon sus parámetros estadísticos y luego fueron sometidos al análisis de frecuencia para las distribuciones estadísticas teóricas con la ayuda del software HidroEsta 2:

Figura 39 Parámetros estadísticos de las precipitaciones máximas anuales



Figura 40 Distribución normal de las precipitaciones máximas anuales

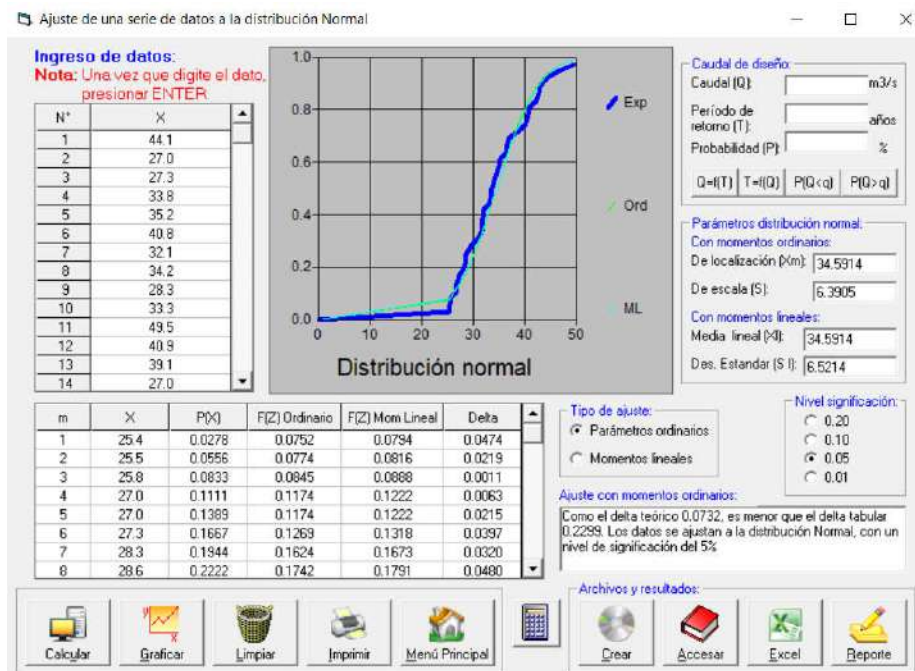


Figura 41 Distribución Log-normal de 2 parámetros de las precipitaciones máximas anuales

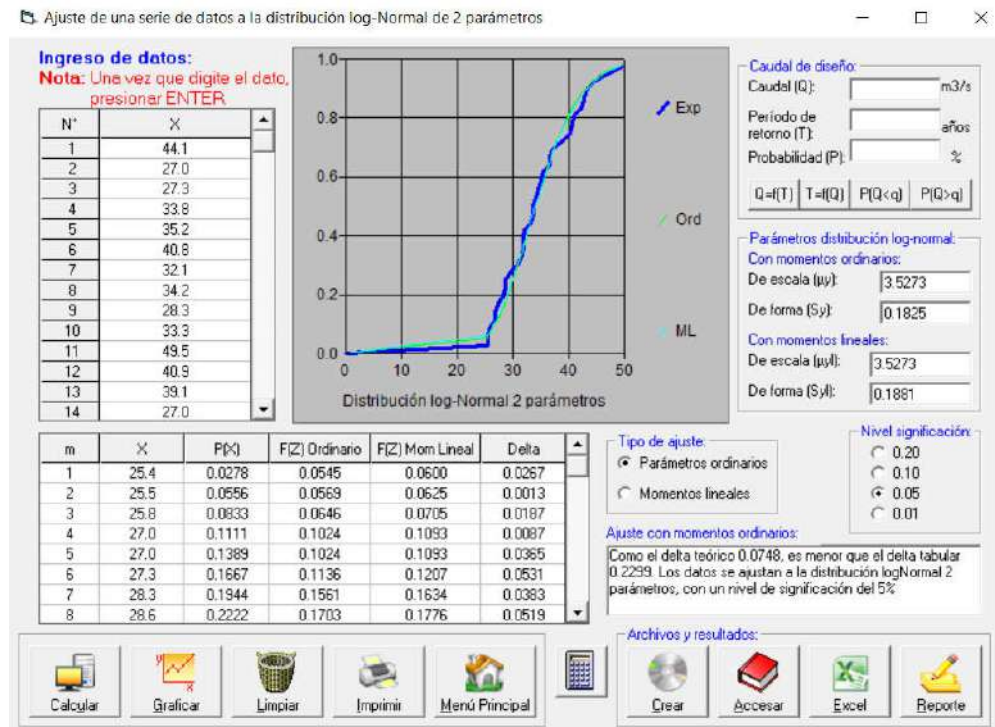


Figura 42 Distribución Log-normal de 3 parámetros de las precipitaciones máximas anuales

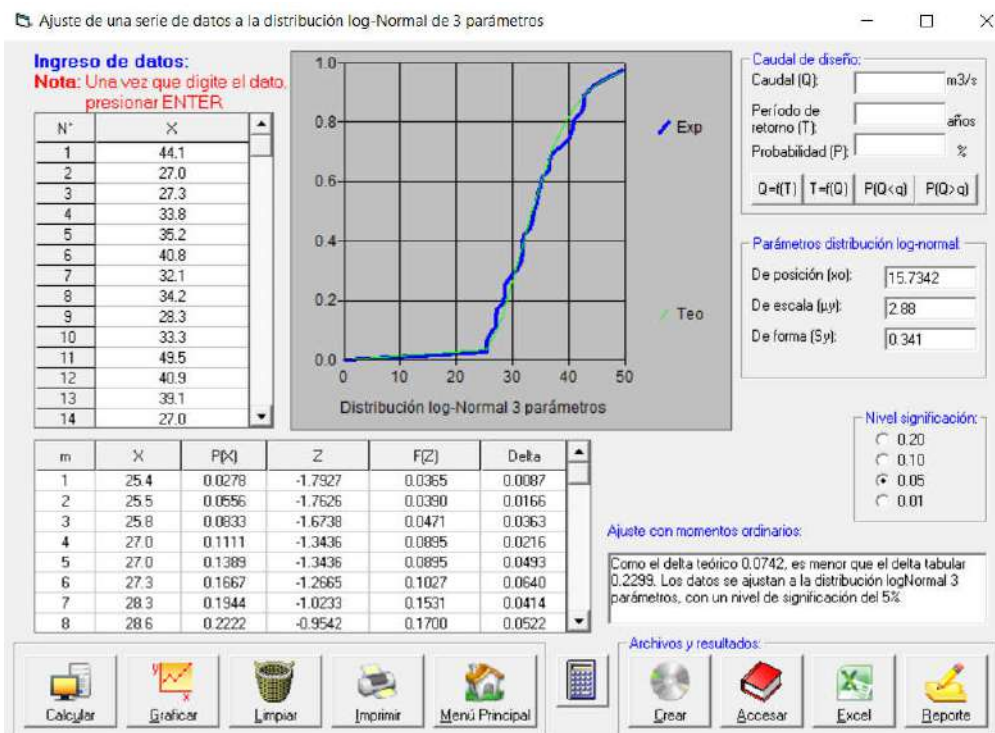


Figura 43 Distribución Gamma de 2 parámetros de las precipitaciones máximas anuales

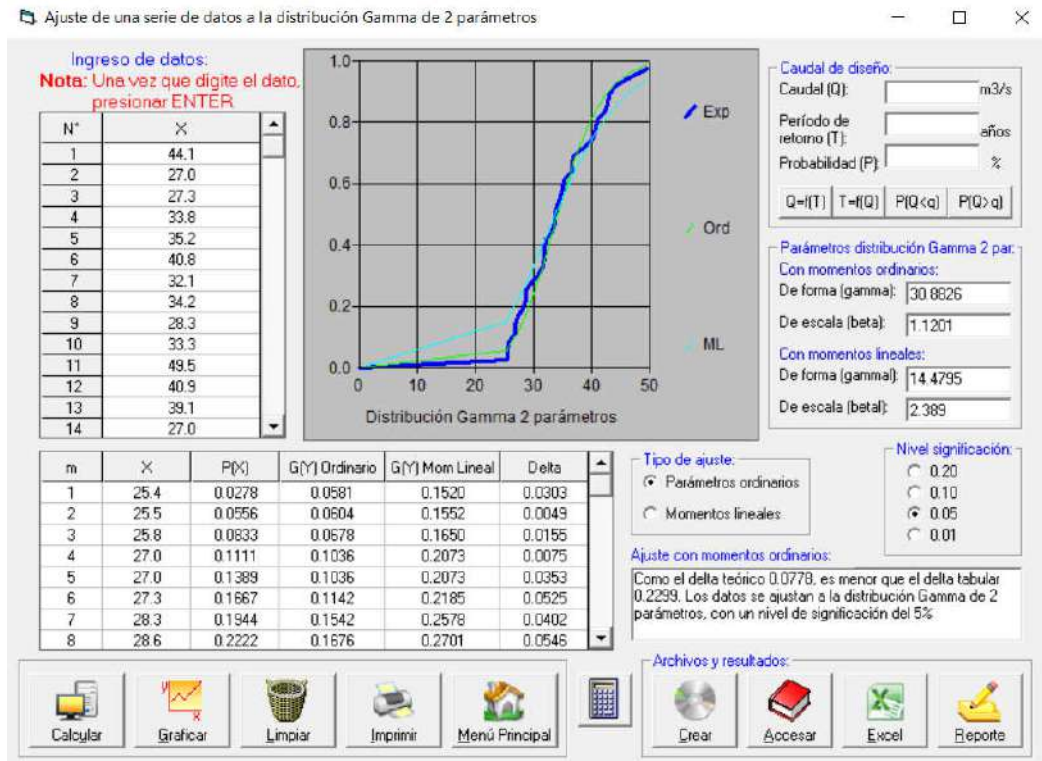


Figura 44 Distribución Gamma de 3 parámetros de las precipitaciones máximas anuales

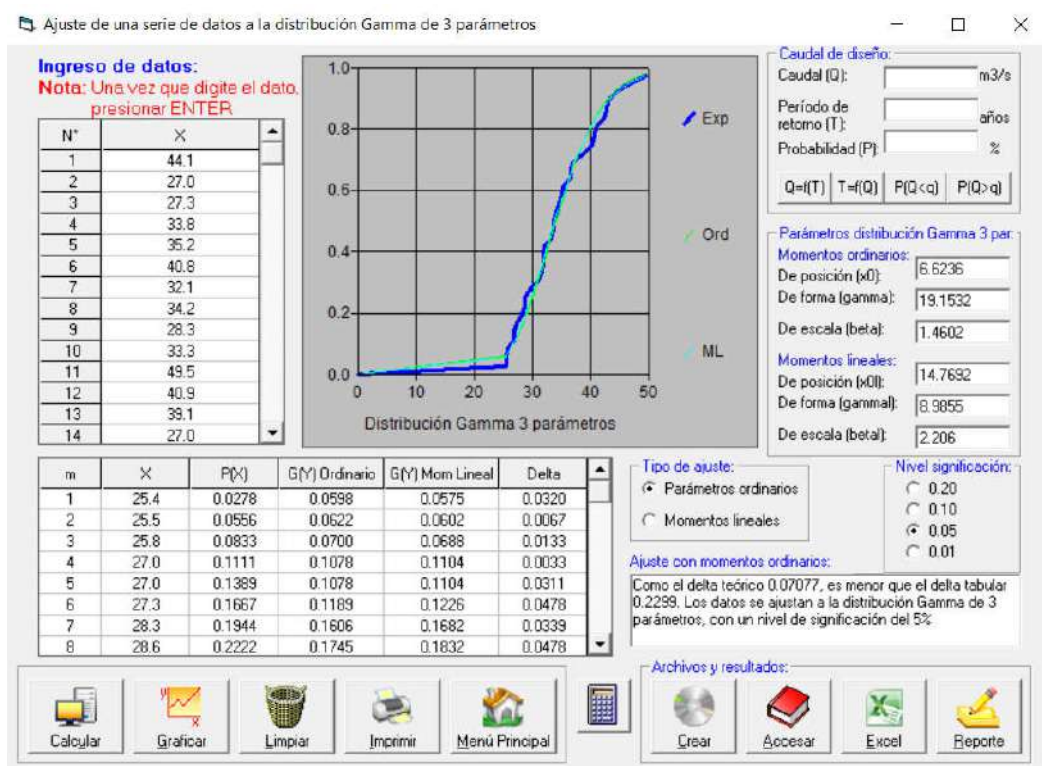


Figura 45 Distribución Gumbel de las precipitaciones máximas anuales

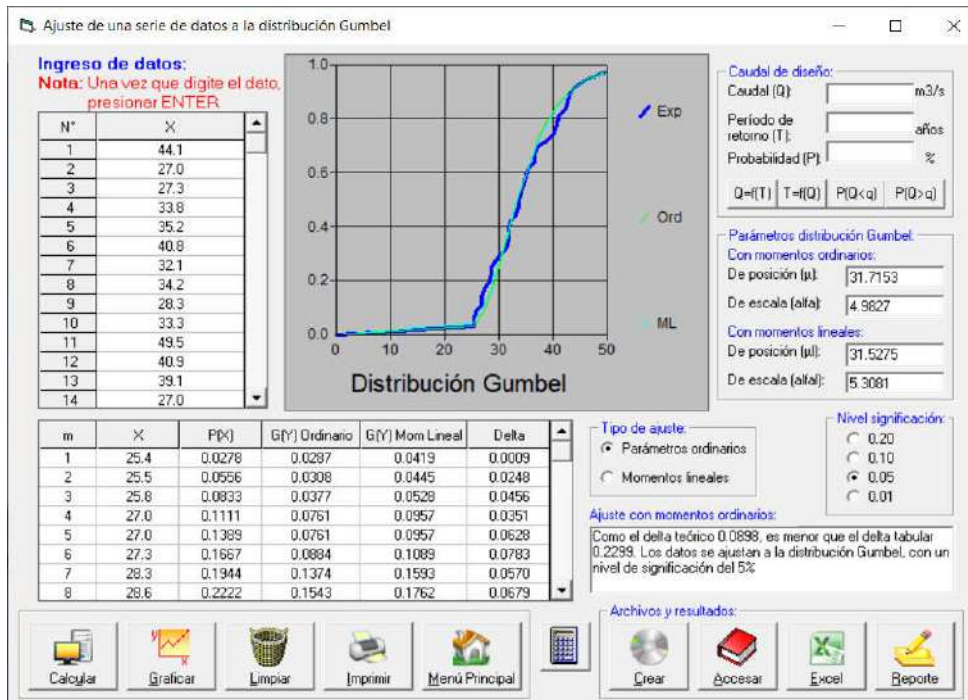
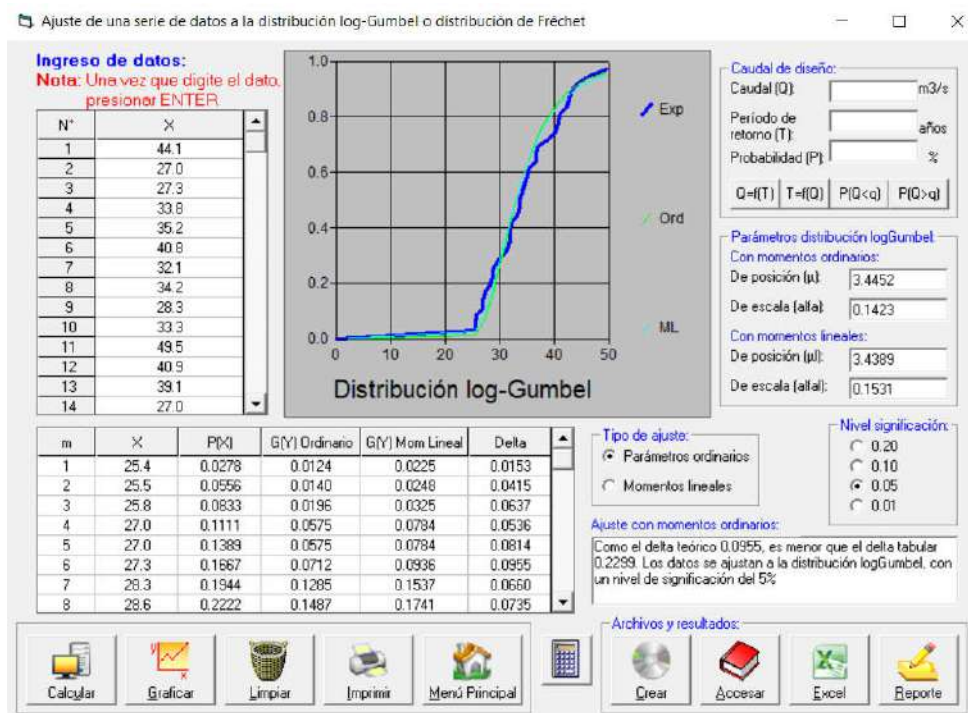


Figura 46 Distribución log-Gumbel de las precipitaciones máximas anuales



Para determinar la distribución estadística teórica que más se asemeja a nuestros datos, se realizó la prueba de bondad de ajuste:

Figura 47 Comparación de las distintas distribuciones teóricas

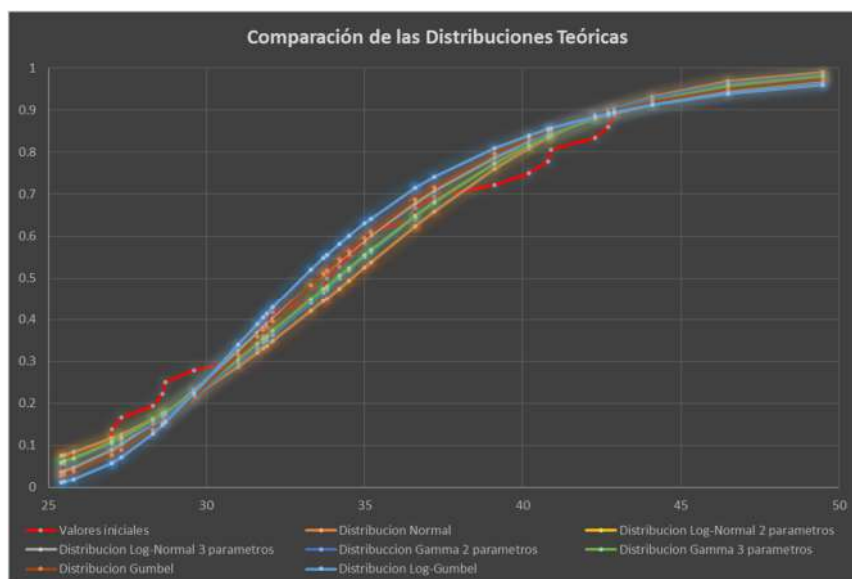


Tabla 25 Datos de la prueba de Kolmogorov Smirnov

Δ Tubular	Δ Teórico de las distribuciones							
	Normal	Log normal 2	Log normal 3	Gamma 2	Gamma 3	Log Pearson	Gumbel	Log Gumbel
0.2299	0.0732	0.0748	0.0742	0.0778	0.07077	-	0.0898	0.0955
min Δ	0.07077							

Dado que el Δ teórico de la función Gamma de 3 parámetros es menor que el Δ tabular y a su vez es el menor de las demás funciones, se procedió a calcular las precipitaciones máximas anuales para los distintos periodos de retorno con dicha función:

Tabla 26 Precipitaciones máximas anuales para diferentes periodos de retorno

Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno		
Tiempo de retorno T (Años)	Probabilidad P	Distribución Gamma de 3 parámetros
2	0.500	34.11
5	0.800	39.78
10	0.900	43.03
25	0.960	46.71
50	0.980	49.22
70	0.986	50.37
100	0.990	51.55
200	0.995	53.74
Δ	0.2299	0.07077

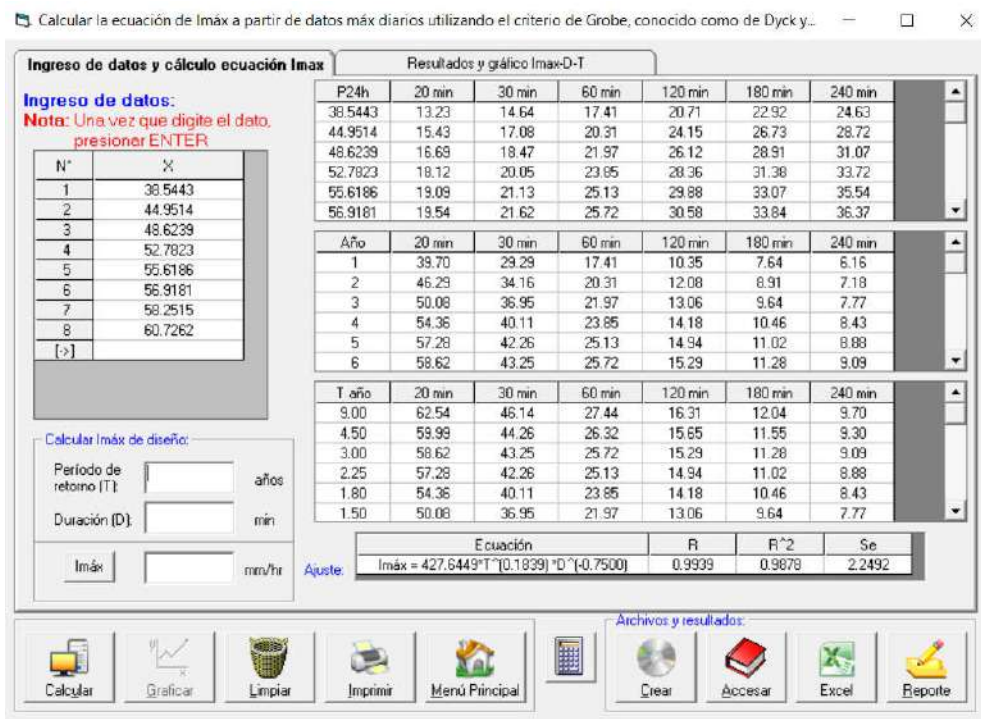
Dichas precipitaciones máximas, no son las precipitaciones reales debido a los intervalos en que se tomaron los datos, por lo que se procedió a corregirlos según corresponde:

Tabla 27 *Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno corregida*

Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno corregida		
Tiempo de retorno T (Años)	Probabilidad P	Precipitación corregida
2	0.500	38.54
5	0.800	44.95
10	0.900	48.62
25	0.960	52.78
50	0.980	55.62
70	0.986	56.92
100	0.990	58.25
200	0.995	60.73
Δ	0.2299	0.07077

A continuación, con las precipitaciones máximas anuales corregidas y la ayuda del software HidroEsta2, se obtuvieron las precipitaciones máximas para distintas duraciones desde los 20 minutos hasta 240 minutos, asimismo las intensidades de las mismas y su ecuación característica:

Figura 48 *Ecuación de la intensidad máxima*



Junto con los valores de intensidad máxima, nos presenta las curvas IDF para 4 periodos de retorno:

Figura 49 Curvas IDF obtenidas en HidroEsta 2

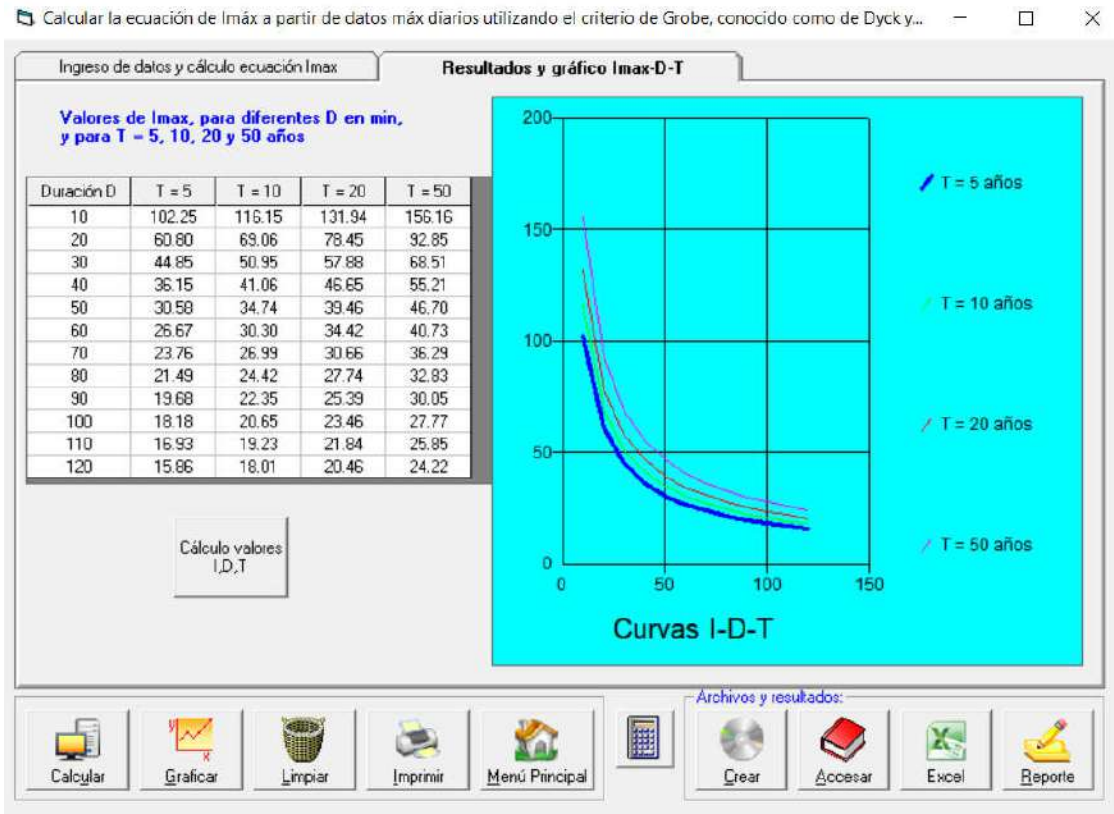
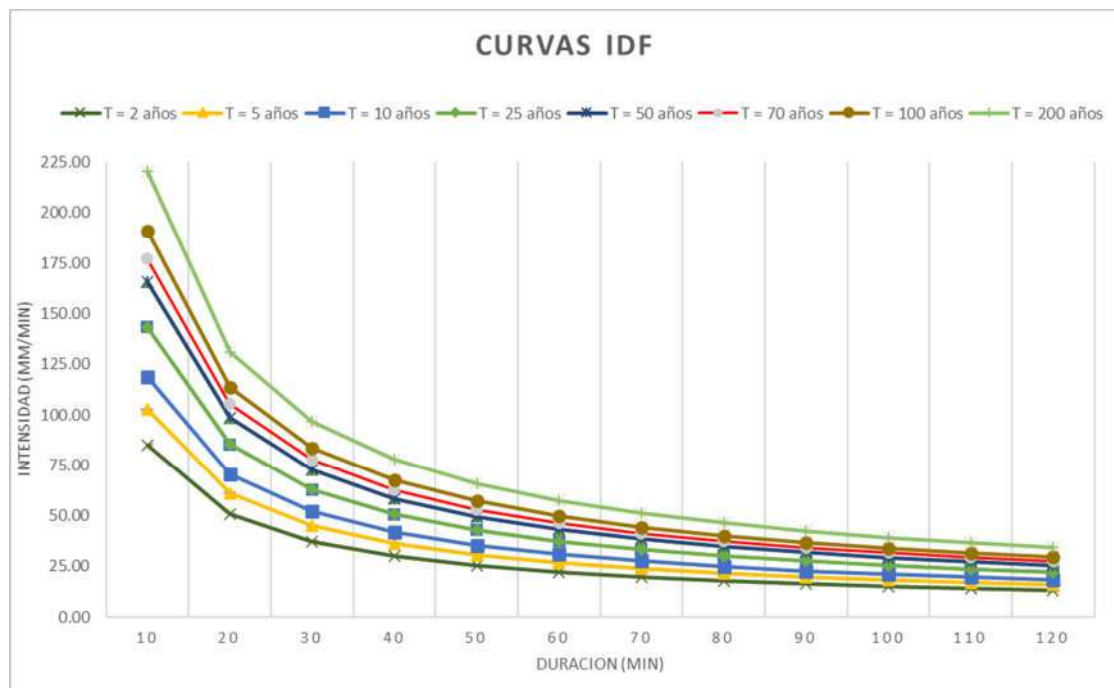


Figura 50 Curvas IDF para los periodos de retorno y duraciones evaluadas



A partir de las curvas IDF, se calcularon las profundidades y profundidades incrementales respectivas para cada periodo de retorno, y a partir de las cuales se generaron los hietogramas de diseño con el método del bloque alterno:

Figura 51 *Hietograma de diseño para periodo de retorno de 50 años*

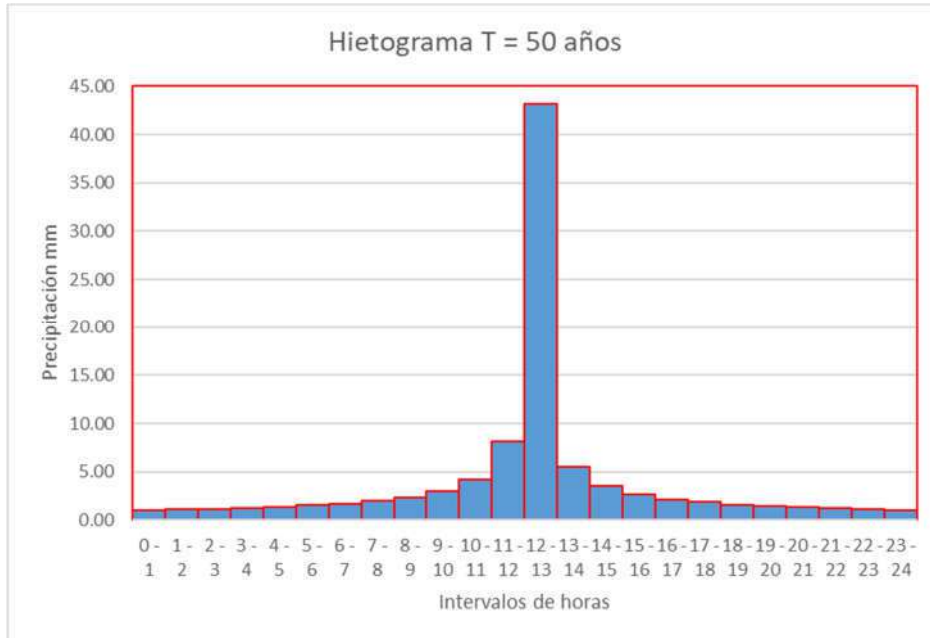


Figura 52 *Hietograma de diseño para periodo de retorno de 70 años*

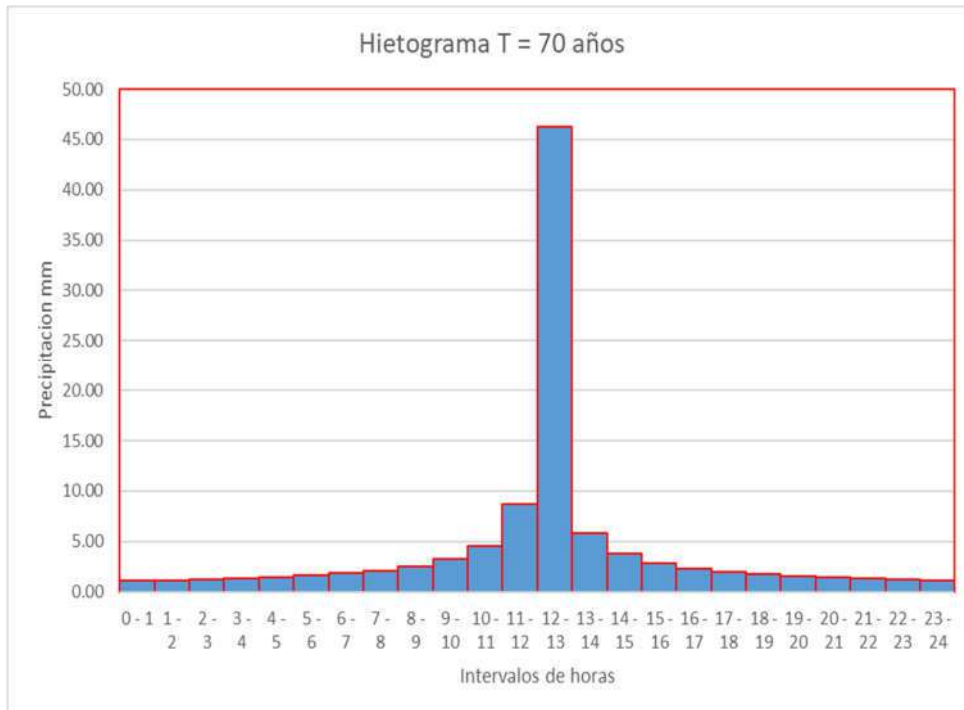


Figura 53 Hietograma de diseño para periodo de retorno de 100 años

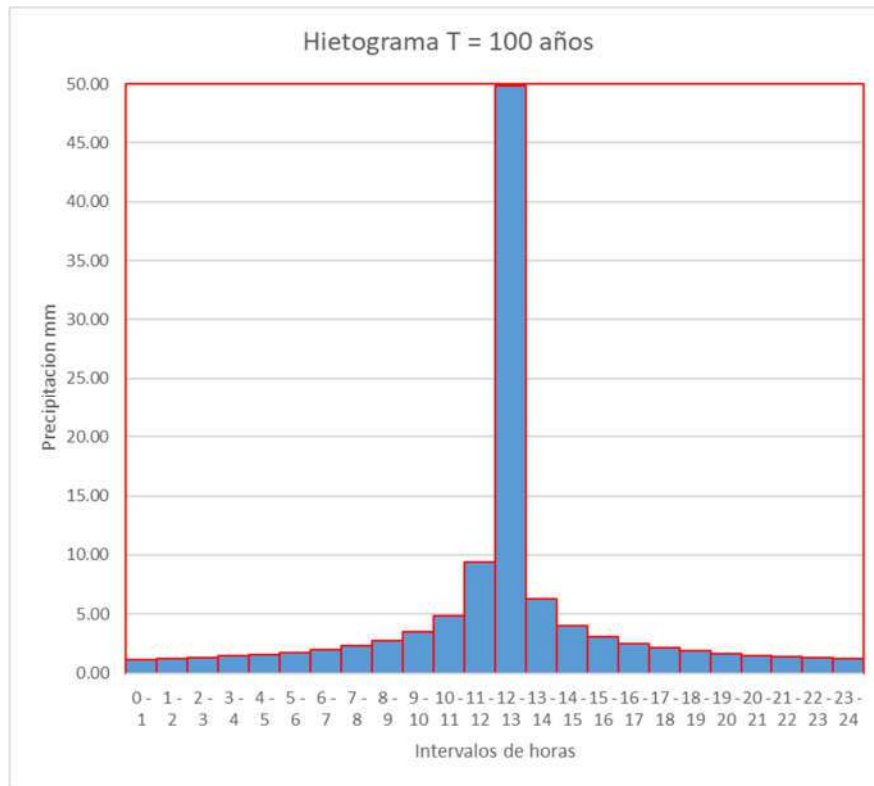
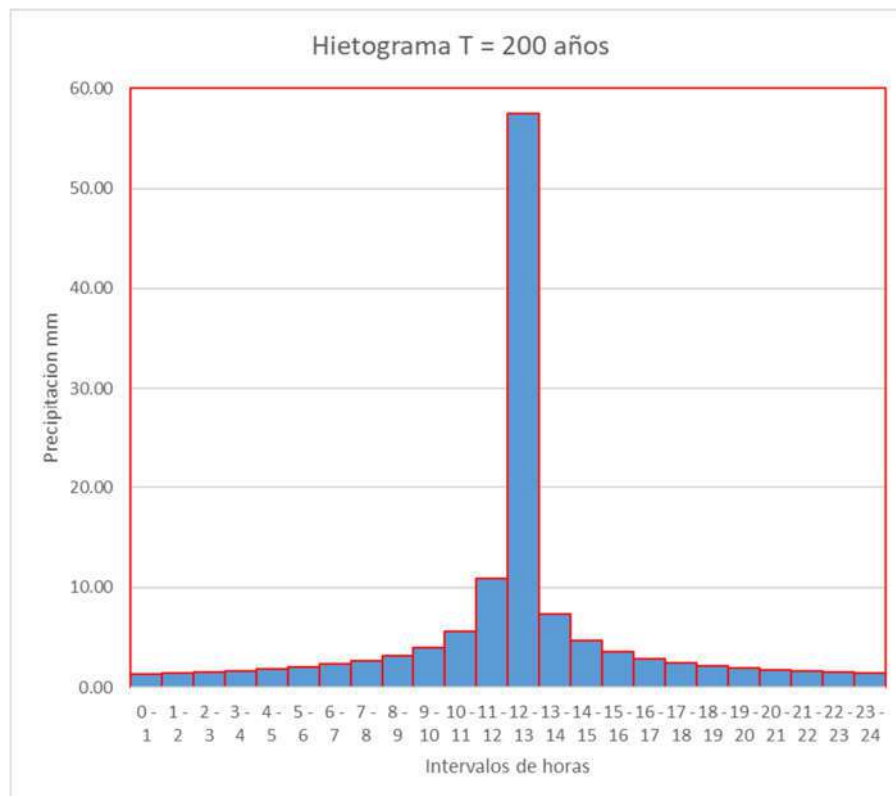
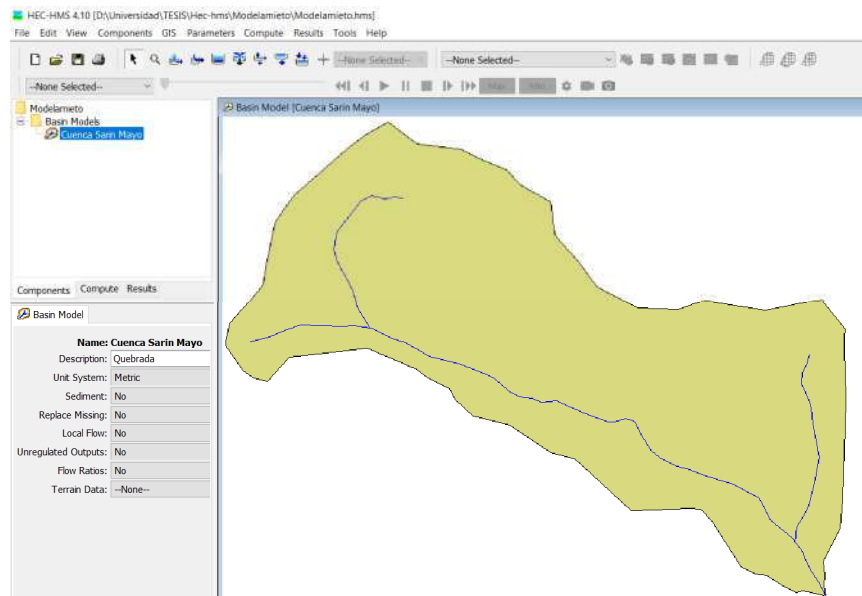


Figura 54 Hietograma de diseño para periodo de retorno de 200 años



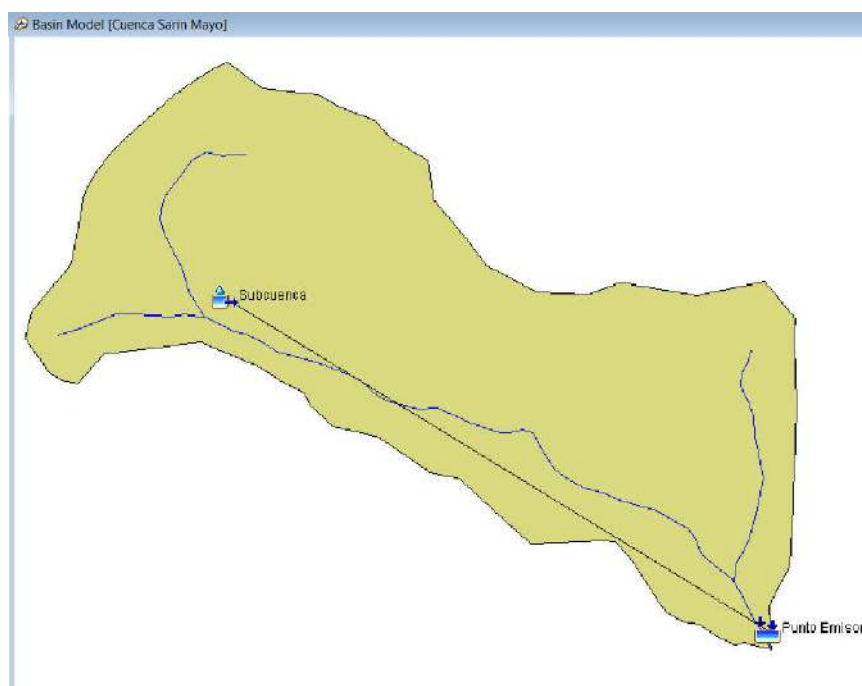
Conociendo los distintos parámetros de la cuenca, así como las intensidades y periodos de retorno, se procedió a exportar la cuenca de la quebrada Sarin Mayo desde el software ArcGis a Hec Hms para determinar el caudal de diseño:

Figura 55 *Cuenca importada a la interfaz del software Hec Hms*



Por consiguiente, se procedió a ubicar la subcuenca y el punto emisor de la misma con la ayuda de los comandos principales del software Hec- Hms:

Figura 56 *Sub cuenca y punto emisor*



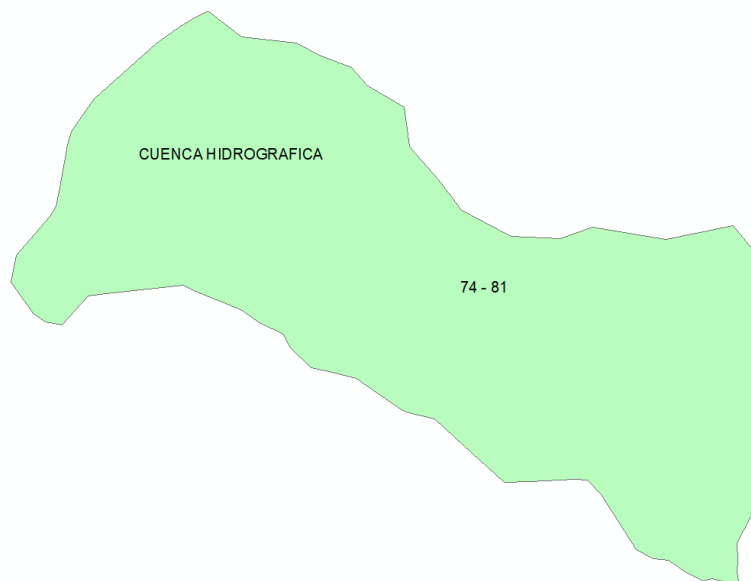
En la descripción de la subcuenca, se ingresó el área de la misma y se asignó el método de pérdidas y transformación, siendo estos el SCS Curve Number y el SCS Unit Hydrograph respectivamente:

Figura 57 Método de pérdidas y transformación asignados

Subbasin		
Loss	Transform	Options
Basin Name: Cuenca Sarin Mayo		
Element Name: SarinMayo		
Description:		
Downstream:	Punto Emisor	
*Area (KM2)	13.49	
Latitude Degrees:		
Longitude Degrees:		
Discretization Method:	--None---	
Canopy Method:	--None--	
Snow Method:	--None--	
Surface Method:	--None--	
Loss Method:	SCS Curve Number	
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph	
Baseflow Method:	--None--	

El siguiente valor que necesitamos es el número de curva de la cuenca, para lo cual se empleó dos métodos, para el primero se usó el mapa temático elaborado por el ANA, delimitándola para la cuenca:

Figura 58 Rango de número de curva según el ANA



Pero para obtener un resultado más preciso para la cuenca de la quebrada Sarin Mayo en específico, se partió con la delimitación de los mapas temáticos de cobertura vegetal, uso del suelo e imagen DEM con el software ArcGis:

Figura 59 Cobertura vegetal delimitada por la cuenca de la quebrada Sarin Mayo

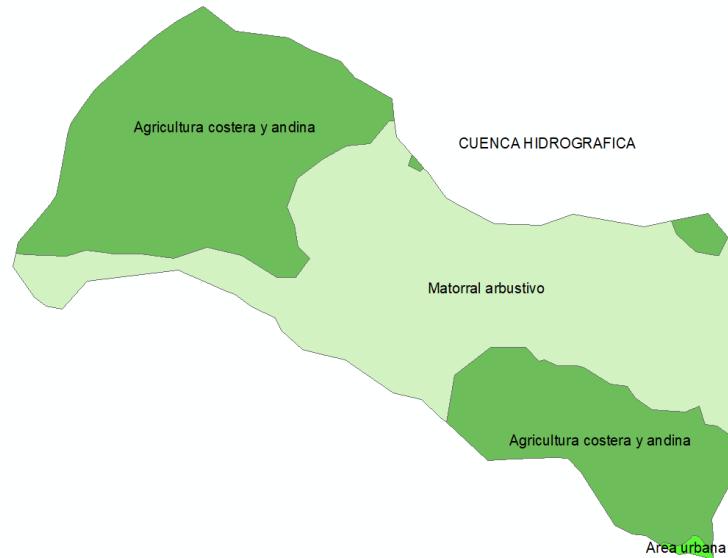
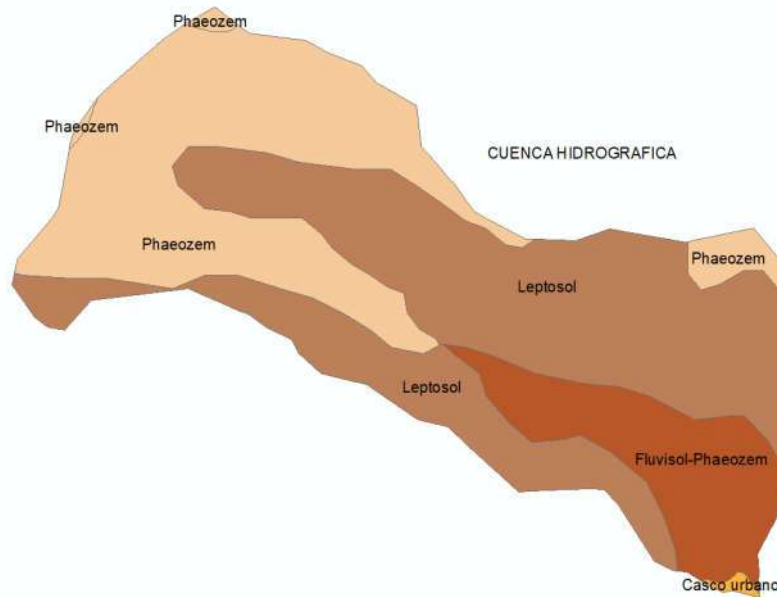
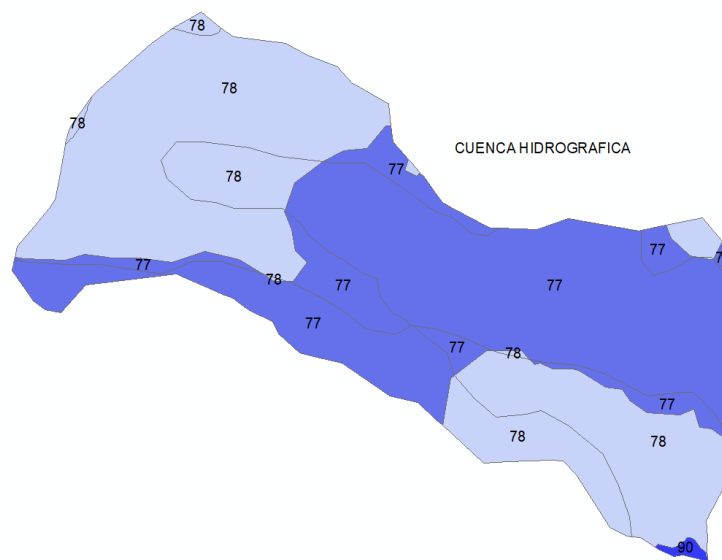


Figura 60 Uso del suelo delimitado por la cuenca de la quebrada Sarin Mayo



El DEM de la cuenca ya fue obtenido previamente para calcular sus parámetros, por lo que se prosiguió a reclasificar los suelos como indica la ANA y a interceptar ambos mapas:

Figura 61 *Números de curva dentro de la cuenca*



Finalmente, para determinar el número de curva global de la cuenca, se procedió a calcular las áreas de cada intersección con la tabla de atributos de ArcGis y se exporto dichos valores a Excel para tener el número de curva promedio:

Tabla 28 *Áreas por m² de cada número de curva y tipo de suelo y vegetación*

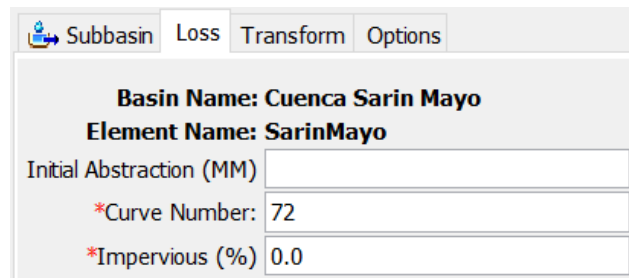
	CobVeg2013	Landuse	Desc_suelo	Tipodesuel	CN	Area
▶	Area urbana	3	Casco urbano	C	90	43408.77
	Agricultura costera	4	Leptosol	C	78	684835.59
	Agricultura costera	4	Leptosol	C	78	10108
	Agricultura costera	4	Fluvisol-Phaeozem	C	78	1632421.51
	Agricultura costera	4	Leptosol	C	78	3110.35
	Agricultura costera	4	Phaeozem	C	78	3866288.69
	Agricultura costera	4	Leptosol	C	78	559578.5
	Agricultura costera	4	Phaeozem	C	78	68199.37
	Matorral arbustivo	5	Leptosol	C	77	1316278.38
	Matorral arbustivo	5	Phaeozem	C	77	922939.68
	Matorral arbustivo	5	Leptosol	C	77	4110511.21
	Matorral arbustivo	5	Fluvisol-Phaeozem	C	77	291838.55

Tabla 29 *Determinación del número de curva promedio de la cuenca*

CN	Area	CN x Area
90	43409	3906789.3
78	684836	53417176
78	10108	788424
78	1632422	127328878
78	3110	242607.3
78	3866289	301570518
78	559579	43647123
78	68199	5319550.86
66	1316278	86874373.1
66	922940	60914018.9
66	4110511	271293740
66	291839	19261344.3
	13509519	974564542

Luego de calcular el número de curva, se procedió a ingresarlo al software en el apartado de pérdidas (loss):

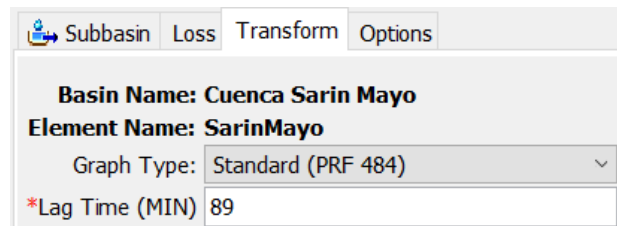
Figura 62 *Asignación del valor del número de curva*



Subbasin	Loss	Transform	Options
Basin Name: Cuenca Sarin Mayo			
Element Name: SarinMayo			
Initial Abstraction (MM)			
*Curve Number:		72	
*Impervious (%)		0.0	

A continuación, se procedió a calcular el tiempo de concentración, con la ecuación de retardo SCS ya que involucra al número de curva, para poder obtener el lag time equivalente al 60% e ingresarlo al software Hec Hms en el apartado de transformación:

Figura 63 *Asignación del valor de Lag Time*



Subbasin	Loss	Transform	Options
Basin Name: Cuenca Sarin Mayo			
Element Name: SarinMayo			
Graph Type:		Standard (PRF 484)	
*Lag Time (MIN)		89	

Se continuó ingresando los datos de registro de precipitaciones en el apartado de Time Series Data, las cuales a su vez fueron graficados dando prioridad a los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años:

Figura 64 *Datos de serie de tiempo para $Tr=50$ años*

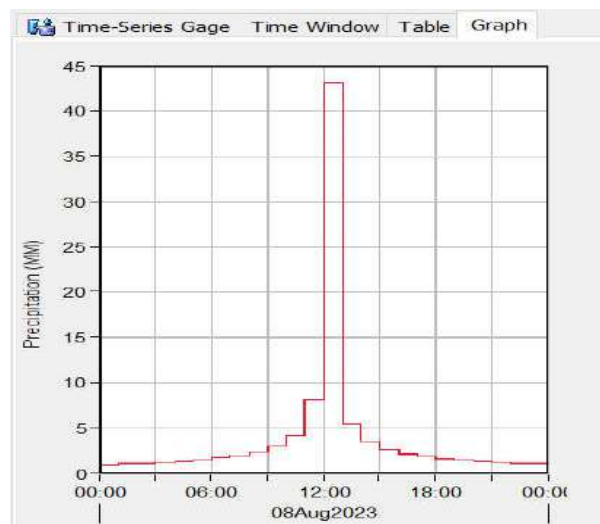


Figura 65 Datos de serie de tiempo para $Tr=70$ años

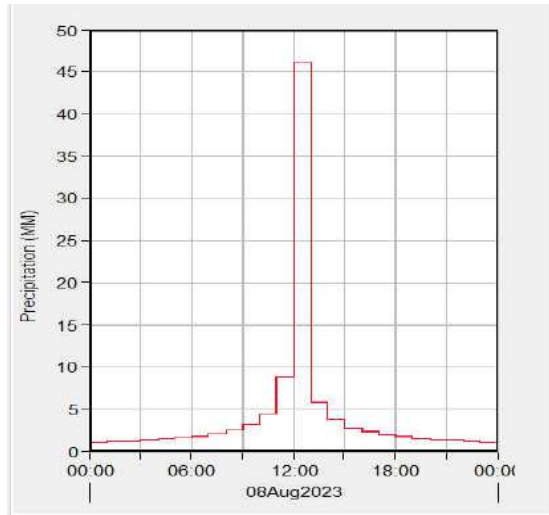


Figura 66 Datos de serie de tiempo para $Tr=100$ años

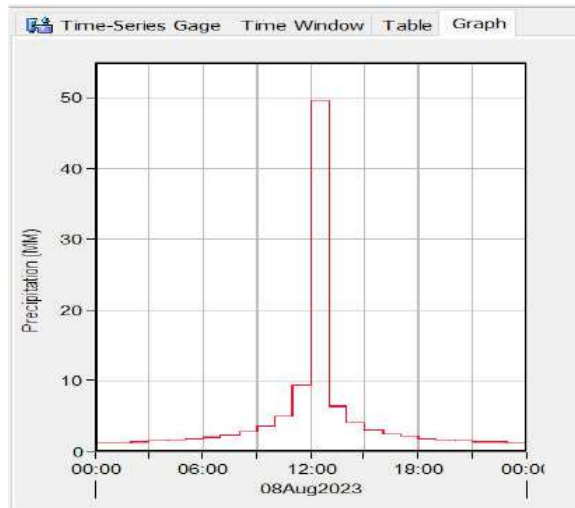
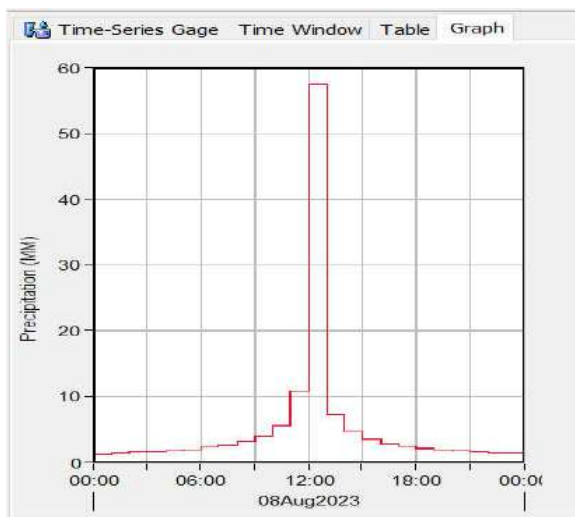


Figura 67 Datos de serie de tiempo para $Tr=200$ años



A continuación, se crearon los modelos meteorológicos, en el cual se asignaron que la precipitación será determinada a partir de los Hietogramas especificados:

Figura 68 *Asignación de la precipitación en el modelo metereológico*

Meteorology Model	
Met Name: Tormenta1	
Description:	
Unit System:	Metric
Shortwave:	--None--
Longwave:	--None--
Precipitation:	Specified Hyetograph
Temperature:	--None--
Windspeed:	--None--
Pressure:	--None--
Dew Point:	--None--
Evapotranspiration:	--None--
Replace Missing:	Set To Default

Como último paso previo al cálculo de los caudales de diseño, se asignaron las especificaciones de control, como se muestran a continuación:

Figura 69 *Especificaciones de control para el modelo*

Control Specifications	
Name: Control1	
Description:	
*Start Date (ddMMMYYYY)	08ago.2023
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	09ago.2023
*End Time (HH:mm)	12:00
Time Interval:	1 Hour

Con los valores asignados de datos de series de tiempo, modelos meteorológicos y especificación de control, se procedo a correr la simulación en el software Hec-Hms para obtener el caudal de diseño para cada uno de los periodos de retorno correspondientes:

Figura 70 Creación de simulaciones en el software Hec-Hms

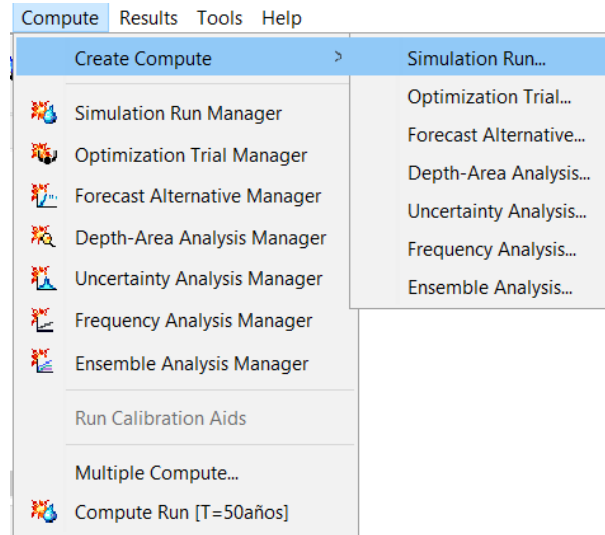


Figura 71 Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=50$ años

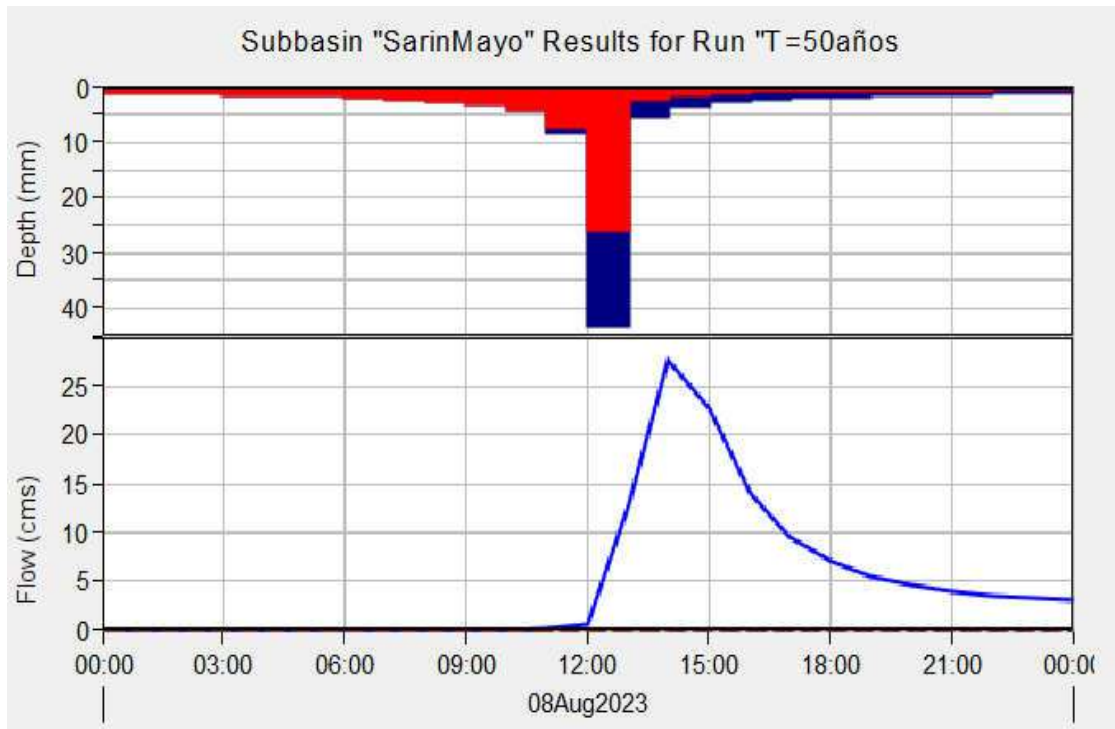


Figura 72 Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=70$ años

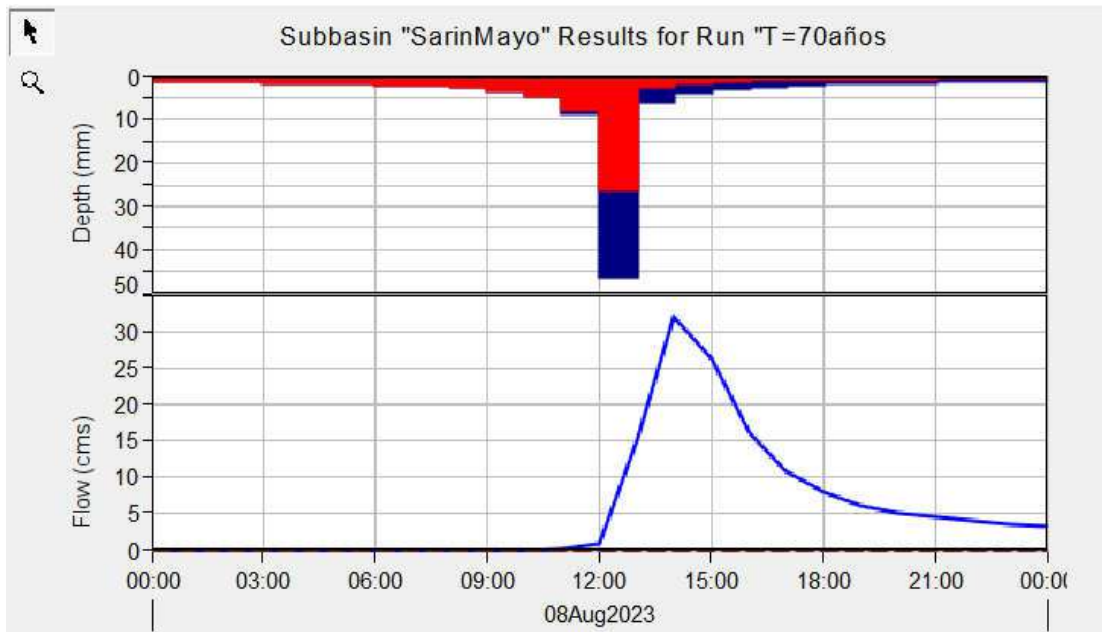


Figura 73 Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=100$ años

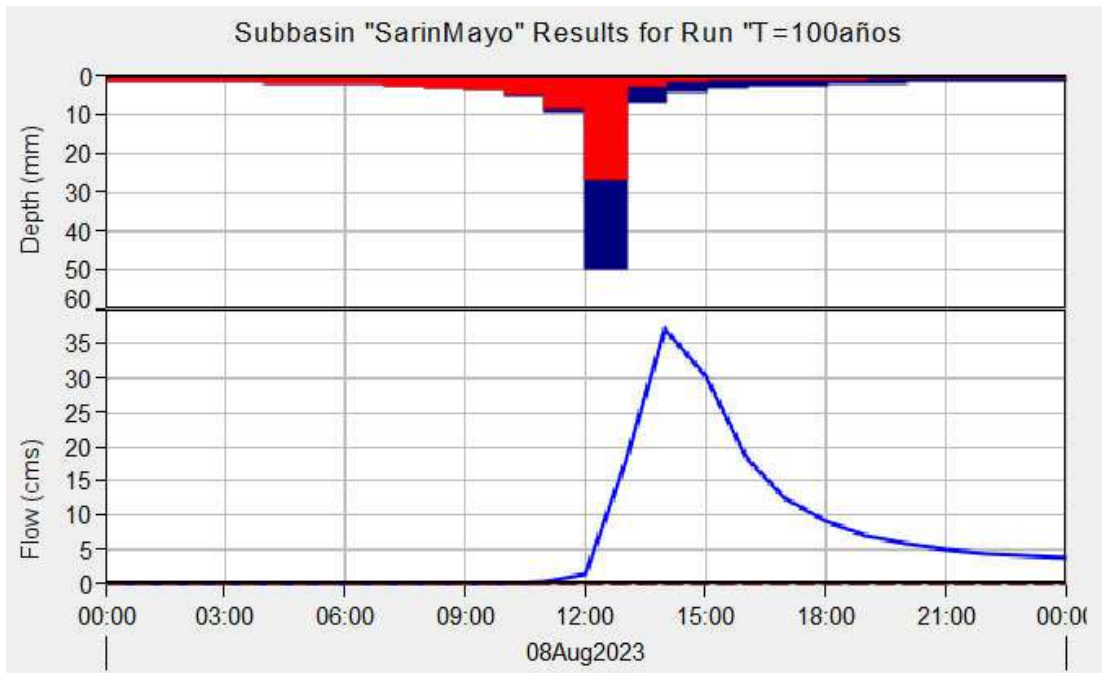
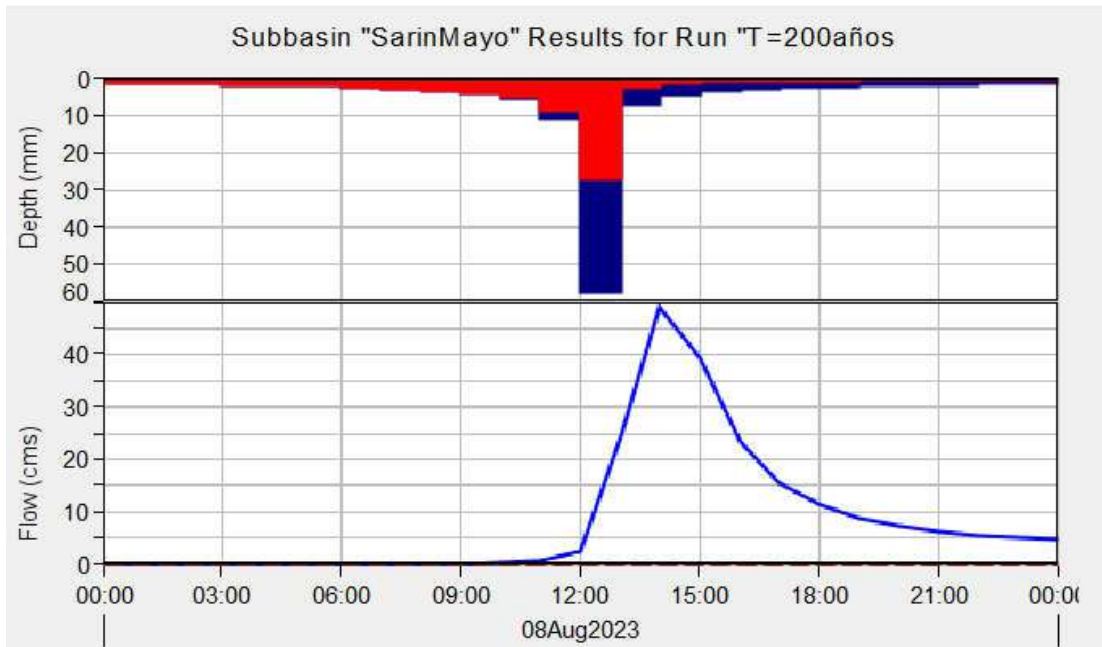


Figura 74 Gráficos de la simulación para un periodo de retorno $Tr=200$ años



3.3.8. Modelamiento hidráulico

La información requerida por el software Iber para realizar dicho modelamiento en dos dimensiones (2d) abarca al modelo digital del terreno (MDT), valores de la rugosidad de Manning y condiciones de entrada y salida.

Para obtener el modelo digital de elevaciones, se partió de las fotos tomadas con el dron, las cuales fueron combinadas y georreferenciadas con el software Agisoft Metashape, obteniéndose la ortofoto de la zona de estudio:

Figura 75 Ortofoto de la zona de estudio

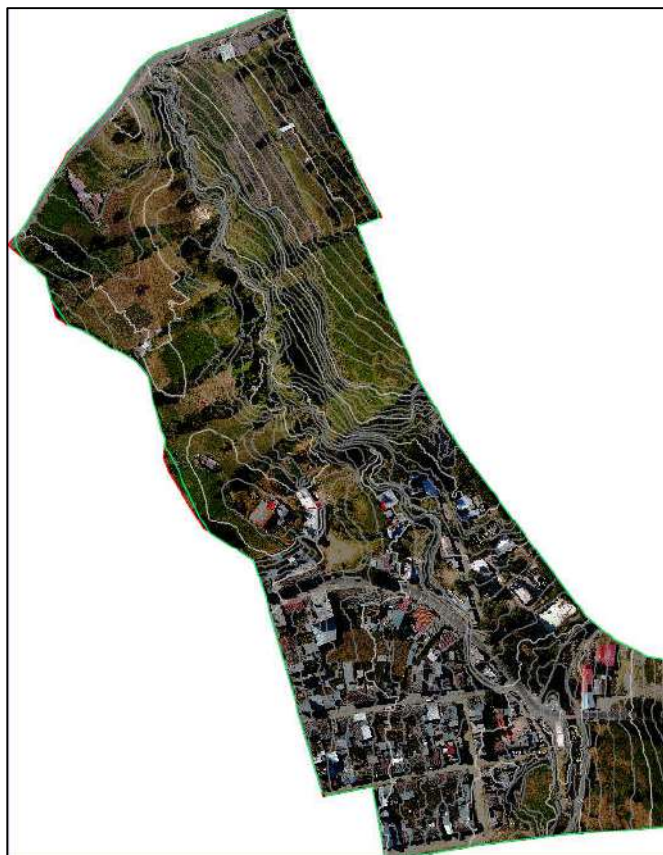


A partir de la ortofoto se obtuvieron las curvas de nivel, las cuales fueron combinadas con los puntos COGO obtenidos del levantamiento con GPS diferencial, dando como resultado la información suficiente para crear la superficie topográfica en el software Civil 3D:

Figura 76 *Curvas de nivel y puntos COGO de la zona de estudio*



Figura 77 *Superficie topográfica con curvas de nivel en intervalos de 1 metro*

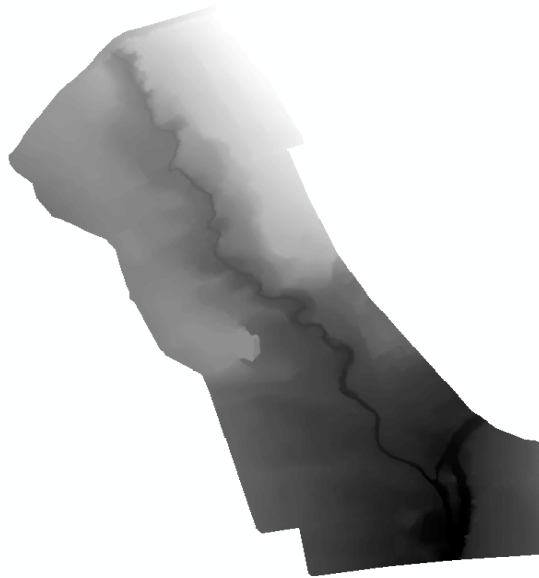


Dicha superficie topográfica fue exportada de civil 3D en formato LandXML, y dicha información fue importada al software ArcGis, en el cual con las distintas herramientas disponibles que cuenta, se creó el TIN y a partir de este, se logró obtener el ráster del modelo digital de elevaciones:

Figura 78 TIN de la zona de estudio



Figura 79 DEM en 2d de la zona de estudio



Dicho ráster fue exportado en un formato ASCII, ya que el software Iber usa dicha información para crear la malla de cálculo de la zona de estudio:

Figura 80 Malla de cálculo de la zona de estudio con iluminación suave en Iber

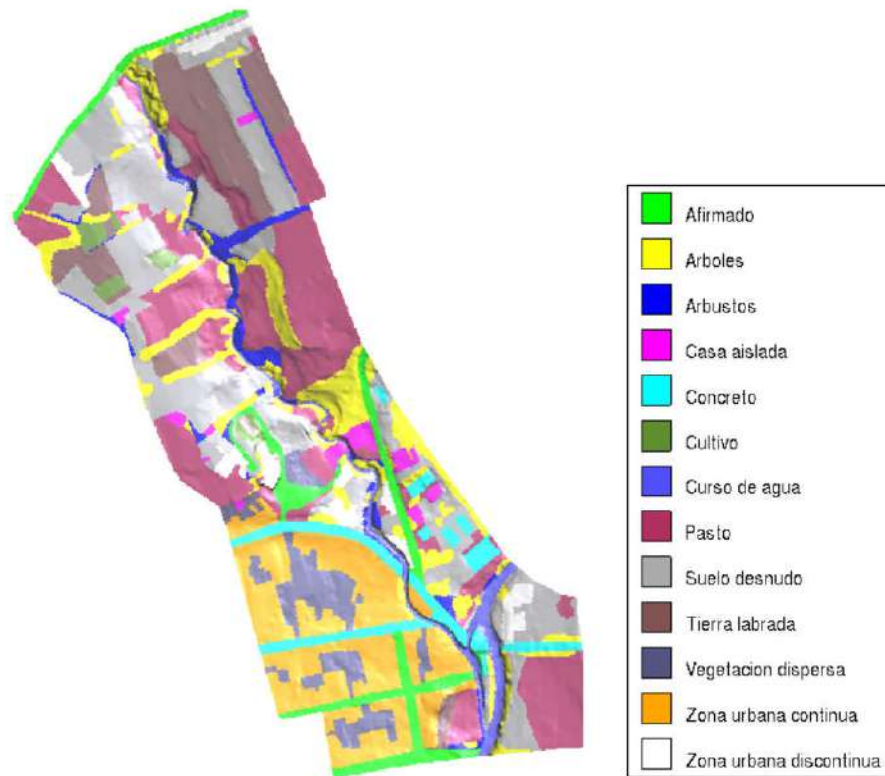


A dicha malla de cálculo, es necesario asignarle los valores de rugosidad (N de Manning) por lo que se importó un shape con dicha información a Iber y se les asignó sus correspondientes valores como se muestran a continuación:

Tabla 30 N de Manning para los usos de suelo identificados según French (1988)

Id	Uso de suelo	N Manning
1	Afirmado	0,04
2	Arboles	0,12
3	Arbustos	0,05
4	Casa aislada	0,01
5	Concreto	0,018
6	Cultivo	0,045
7	Curso de agua	0,025
8	Pasto	0,035
9	Suelo desnudo	0,023
10	Tierra labrada	0,04
11	Vegetación dispersa	0,025
12	Zona urbana continua	0,1
13	Zona urbana discontinua	0,09

Figura 81 Malla de cálculo con sus rugosidades en Iber



Luego de asignar los valores de rugosidad, se asignaron las condiciones hidrodinámicas, tanto las condiciones de contorno de entrada y salida (aguas arriba y abajo) como se muestra a continuación:

Figura 82 Condiciones de contorno en la entrada

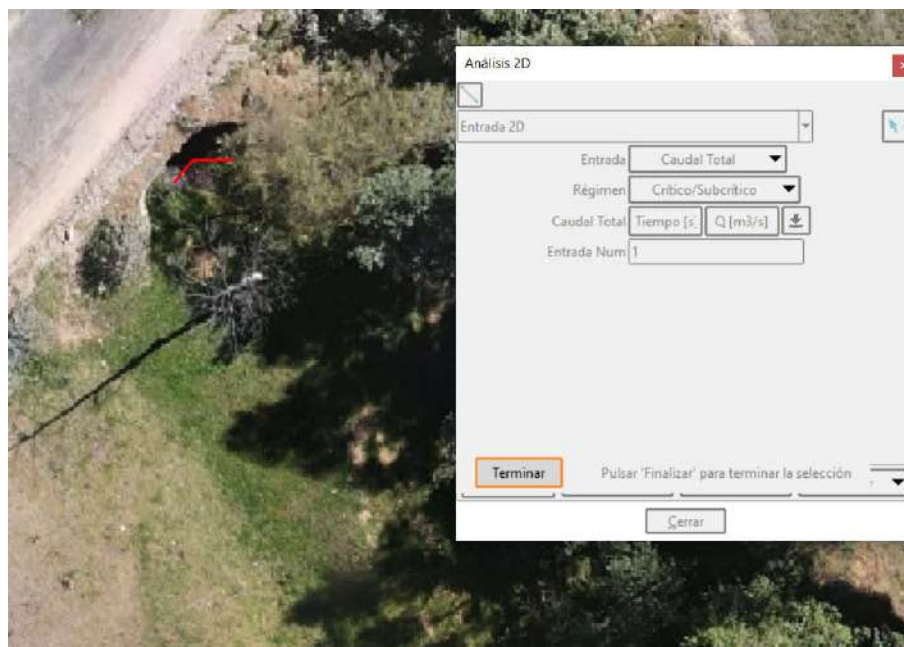
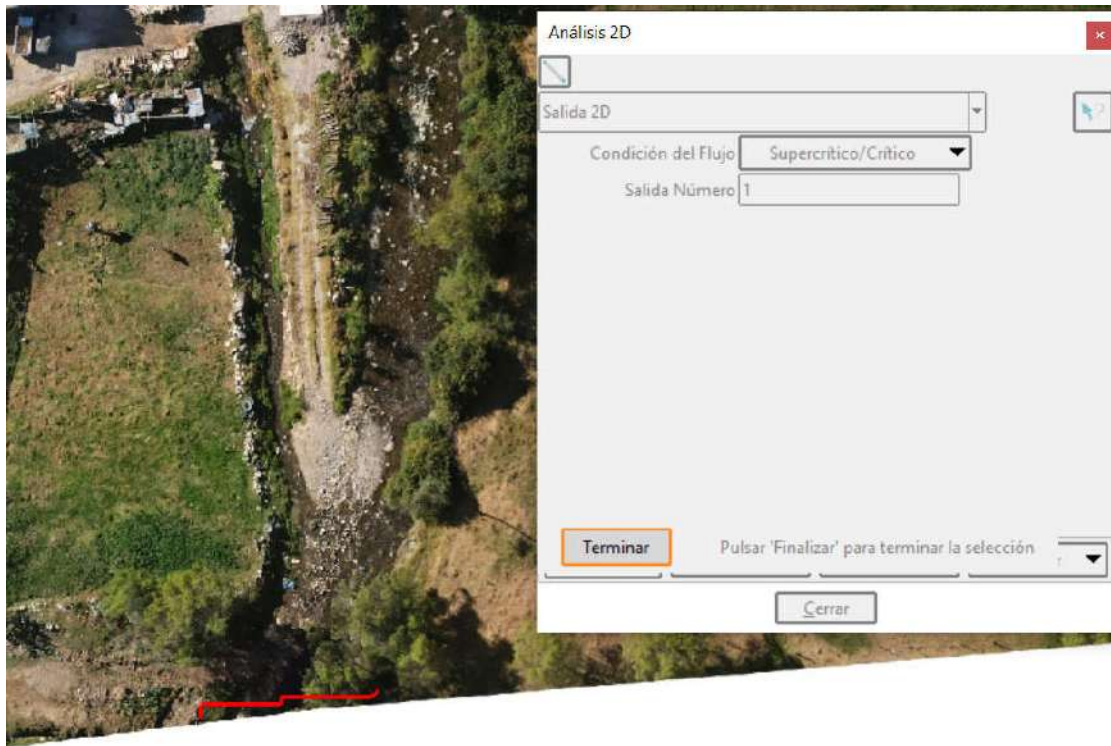


Figura 83 Condiciones de contorno en la salida



Los datos requeridos para el análisis 2d en la entrada, es el hidrograma para cada periodo de retorno, los cuales fueron obtenidos previamente a partir del modelamiento hidrológico con el software Hec HMS, dichos hidrogramas graficados en Iber son:

Figura 84 Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 50$ años

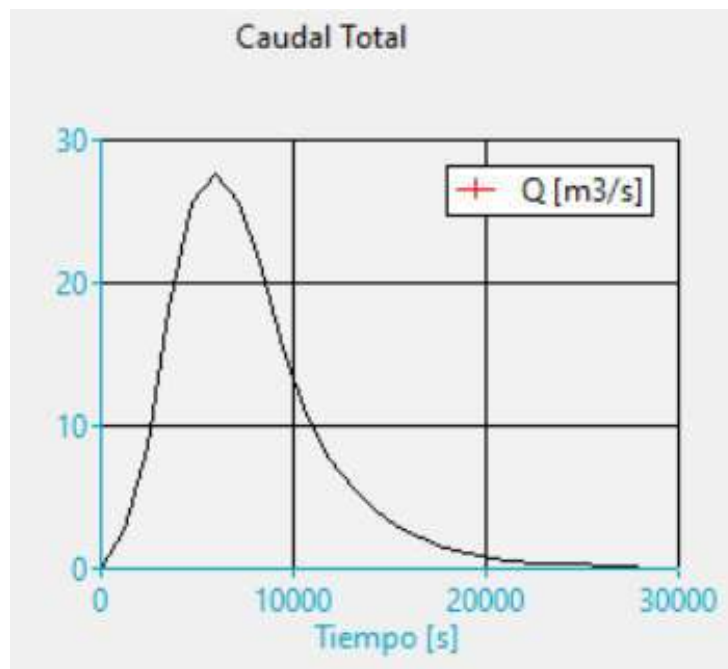


Figura 85 Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 70$ años

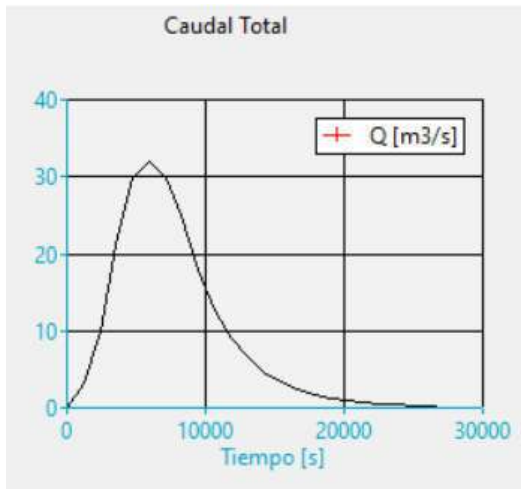


Figura 86 Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 100$ años

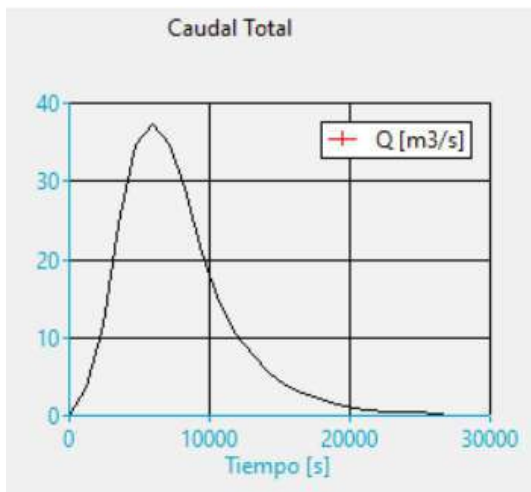
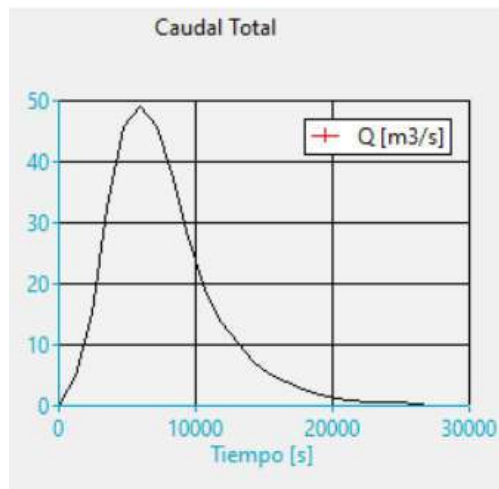
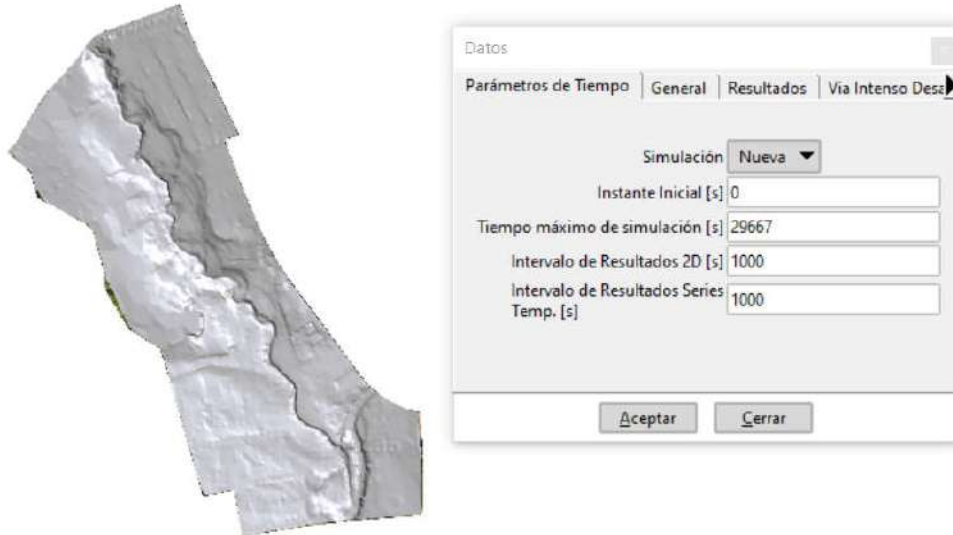


Figura 87 Hidrograma asignado en Iber para $Tr = 200$ años



Seguidamente se ingresaron los datos del problema, como el instante inicial y el tiempo máximo según el hidrograma; y los intervalos de resultados según consideración propia:

Figura 88 Datos del problema de la simulación 2D



Finalmente, se procedió a realizar el cálculo de la simulación hidráulica 2D para cada periodo de retorno, cuyo proceso e información de resultados se muestran en una ventana gráfica como la que se presenta a continuación:

Figura 89 Información del cálculo computacional registrado en Iber

Información de salida para 'current'

simulation time	Time step	Time	Q _{in}	Q _{out}
0.000	1.00000	15:24:39:87	0.000	0.000
1000.045	0.05456	15:28:42:05	2.359	0.000
2000.031	0.03984	15:36:17:54	6.776	3.973
3000.027	0.03601	15:48:51:28	13.671	9.085
4000.029	0.03226	16:06:10:23	20.980	16.716
5000.001	0.03059	16:26:06:38	26.105	22.670
6000.010	0.03052	16:47:39:31	27.493	24.502
7000.001	0.00751	17:09:44:62	26.239	22.819
8000.002	0.03202	17:30:47:77	22.586	21.210
9000.016	0.02463	17:50:44:45	17.994	17.590
10000.007	0.03531	18:08:44:78	13.493	13.228
11000.010	0.01348	18:25:00:77	10.022	12.622
12000.019	0.03718	18:39:27:09	7.476	7.555
13000.001	0.03221	18:52:04:57	5.789	5.956
14000.008	0.04296	19:02:48:11	4.424	4.623
15000.022	0.04424	19:12:02:40	3.396	3.591
16000.008	0.04950	19:20:25:97	2.565	2.769
17000.023	0.02701	19:27:42:67	1.945	2.118
18000.033	0.05515	19:34:21:67	1.433	1.699
19000.007	0.05657	19:40:31:54	1.096	1.304
20000.046	0.06010	19:46:12:39	0.758	0.981
21000.056	0.06342	19:51:27:81	0.630	0.689
22000.024	0.06677	19:56:31:72	0.492	0.564
23000.003	0.06975	20:01:19:96	0.362	0.450
24000.016	0.07336	20:05:34:86	0.300	0.349
25000.013	0.07295	20:09:40:57	0.293	0.299
26000.028	0.07559	20:13:43:36	0.209	0.285
27000.028	0.08143	20:17:31:91	0.102	0.205
28000.073	0.09700	20:21:01:31	0.033	0.112
29000.060	0.10975	20:24:02:73	0.000	0.054

COMPUTATION FINISHED SUCCESSFULLY!

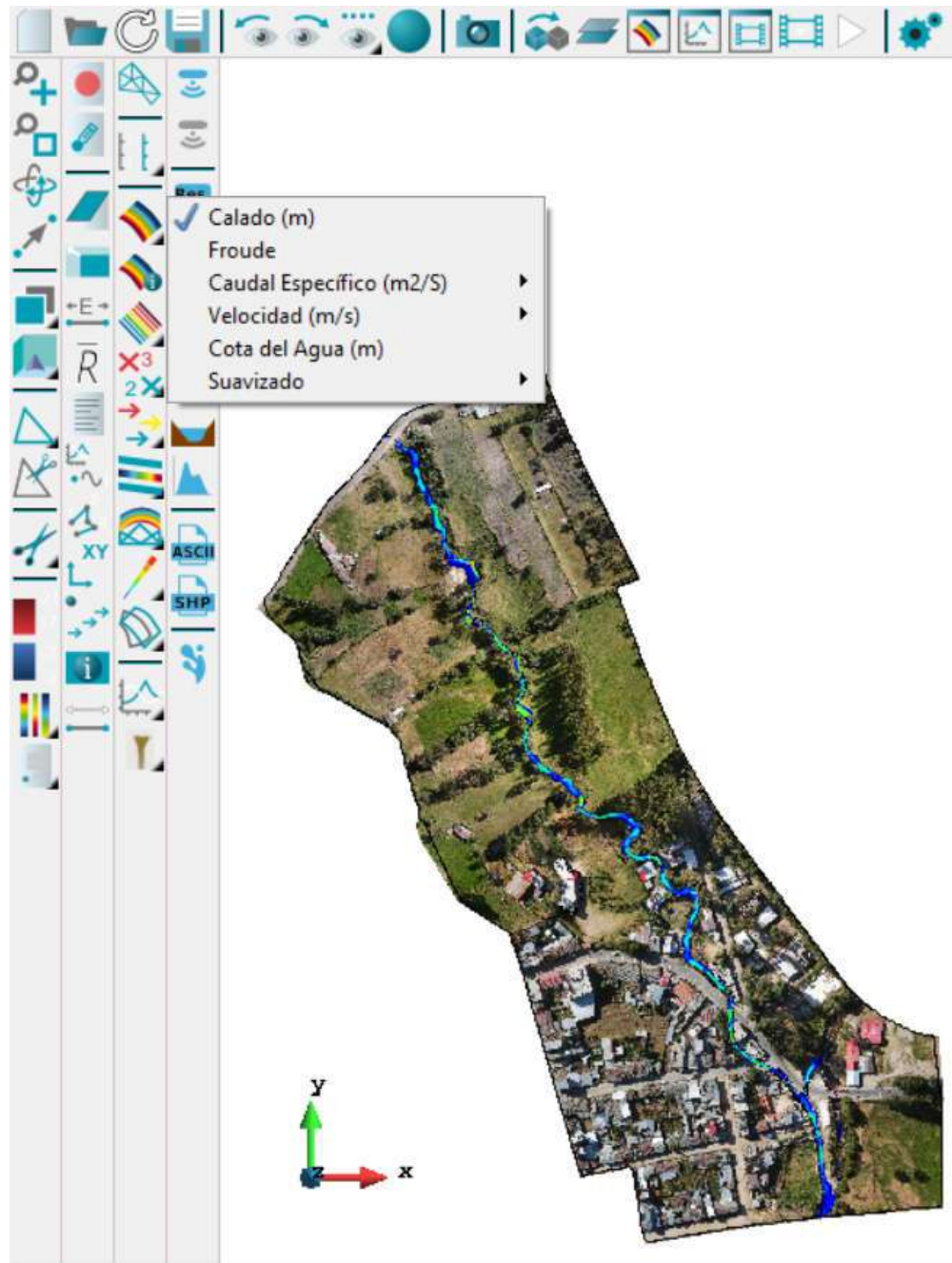
01:09:2023
20:25:45

Log tiempo real

Cerrar

Una vez concluido el cálculo, se procede a verificar los resultados obtenidos en la interfaz de post proceso del software Iber, en la que podemos apreciar los calados, velocidades, etc.:

Figura 90 Visualización de resultados luego del proceso de cálculo en Iber



A partir de dichos calados y velocidades se obtuvieron los mapas de peligrosidad para los tres periodos de retorno.

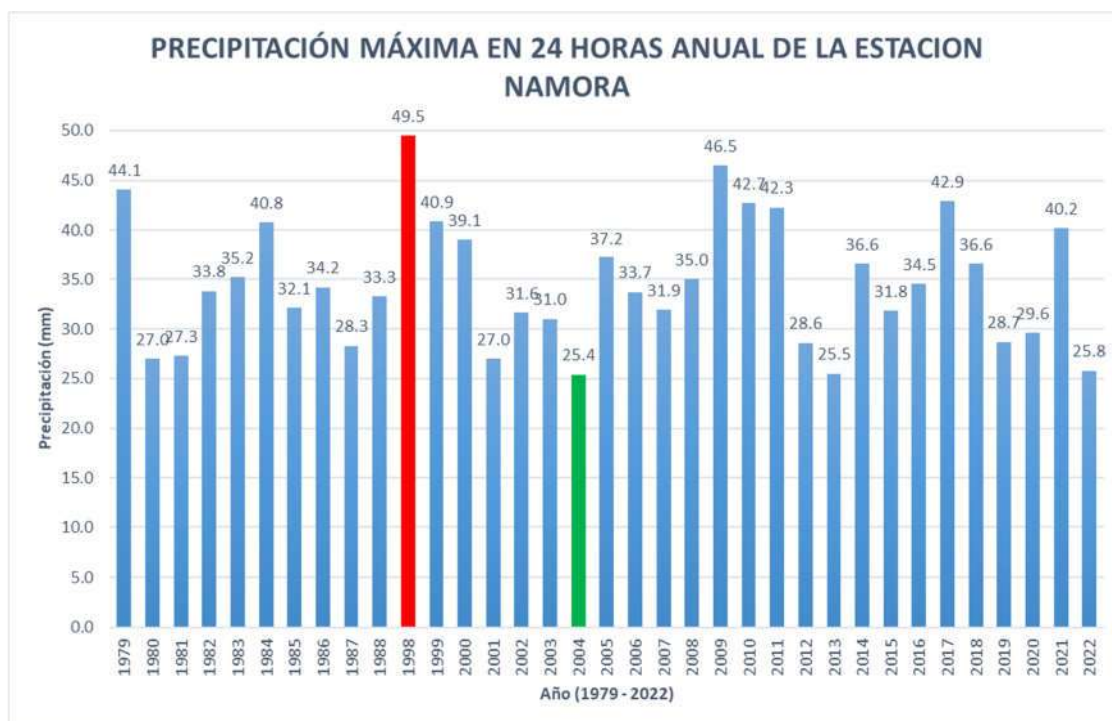
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Información hidrológica

A partir de la información recabada del SENAMHI – Cajamarca, se graficó las precipitaciones máximas de 24 horas anuales, dando como resultados que la precipitación mínima registrada fue en el año 2004 con un valor de 25,4 mm; la precipitación máxima se registró en el año 1998 con un valor de 49,5 mm.

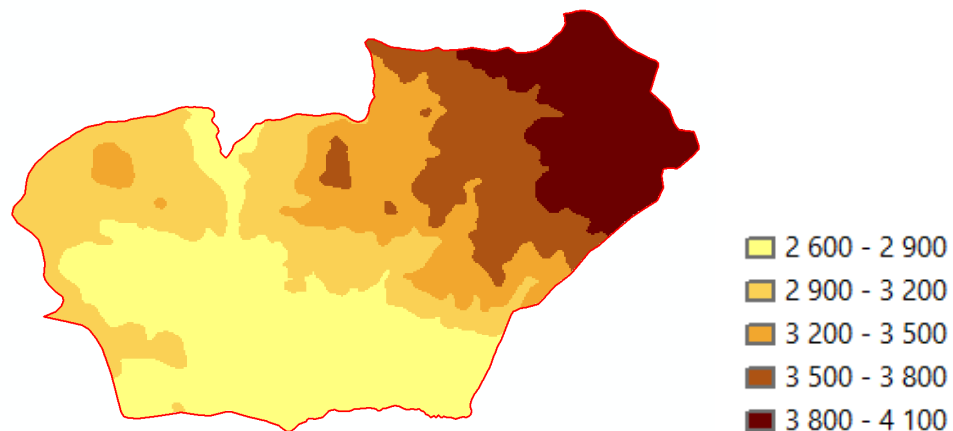
Figura 91 Precipitación máxima y mínima registrada en la estación Namora



4.2. Información cartográfica

Se ubicó al distrito de Namora dentro de la carta nacional 15g, por lo que se obtuvieron los datos tanto de curvas de nivel y de ríos o quebradas de dicha carta. De la carta de curvas de nivel cada 50 metros se obtuvo que el distrito de Namora presenta un rango de altitudes que va desde los 2 600 m.s.n.m. hasta los 4 100 m.s.n.m.

Figura 92 Rango de altitudes del distrito de Namora



4.3. Información topográfica

Luego de realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio con GPS diferencial se obtuvieron 774 puntos, dicha información se complementó con 767 fotos aéreas tomadas con dron, lográndose obtener el modelo digital del terreno de la zona de estudio y la ortofoto, que combinadas generan una vista 3d del área de estudio con la ayuda del software ArcScene:

Figura 93 Vista 3d de la zona de estudio



4.4. Parámetros de la cuenca

4.4.1. Parámetros de forma de la cuenca

A continuación, se presentan los parámetros de forma de la cuenca Sarin Mayo:

Tabla 31 *Parámetros de forma de la cuenca*

Parámetros de forma		
Parámetro	Medida	Unidad
Área	13,49	km ²
Perímetro	18,53	km
Longitud de la cuenca	6,67	km
Ancho	2,02	km
Factor de forma de Horton	0,30	-
Coefficiente de compacidad	1,42	-
Razón de elongación	0,62	-
Razón de circularidad	0,49	-
Rectángulo equivalente	l = 1,82	km
	L = 7,43	km

- Según el factor de forma de Horton, la cuenca es ligeramente alargada.
- Según el coeficiente de compacidad, la cuenca es oval redonda a oval oblonga.
- Según la razón de elongación, la cuenca es plana con porciones accidentadas.
- Según la razón de circularidad, la cuenca es rectangular.

4.4.2. Parámetros de relieve de la cuenca

A continuación, se presentan los parámetros de relieve de la cuenca Sarin Mayo:

Tabla 32 *Parámetros de relieve de la cuenca*

Parámetros de relieve		
Parámetro	Medida	Unidad
Curva hipsométrica	Curva B	-
Pendiente media	20,38	%
Elevación media	2960	m.s.n.m
Histograma de frecuencias (moda)	3050	m.s.n.m

- Según la curva hipsométrica, es una cuenca en equilibrio (fase de madurez).
- Según la pendiente media, se trata de una cuenca fuertemente accidentada.

4.4.3. Parámetros de drenaje de la cuenca

Tabla 33 *Parámetros de drenaje de la cuenca*

Parámetros de drenaje		
Parámetro	Medida	Unidad
Orden de los cauces	2,00	-
Relación de bifurcación	1,75	-
Densidad de drenaje	0,80	/km

- Según la relación de bifurcación, las estructuras geológicas distorsionan el modelo de drenaje.

4.5. Caracterización fluvial

Tabla 34 *Caracterización desde el punto de vista fluvial*

Clasificación de la quebrada Sarin Mayo desde el punto de vista fluvial	
Por su tamaño	Pequeño
Por las áreas de inundación	Con área de inundación
Por su edad	Madura
Por su morfología	Recta - Meándrica
Por su régimen Hidrológico	Efímera
Por su fondo	Aluvial
Por su régimen hidráulico	Torrenciales
Por grado de libertad	2 grado

- Considerando de que se trata de una quebrada con N° de orden 2, se la considera como una quebrada pequeña.
- Según registros y por testimonios de la población, presenta áreas de inundación.
- Según su edad, por lo evidenciado en campo respecto a su ancho y pendientes que aparentan un estado de equilibrio, es una quebrada madura.
- Según su morfología, la cuenca de estudio presenta afluentes rectos, sin embargo, el tramo de estudio en particular, presenta una morfología meándrica.
- Según testimonios de pobladores del lugar, se trata de una quebrada efímera que presenta agua solamente en épocas de lluvia.
- Según du fondo, se trata de una quebrada aluvial por lo observado en campo.
- Según la pendiente promedio del cauce (2.6%), es una quebrada torrencial.
- Es de dos grados de libertad ya que transporta constantemente sedimentos.

Figura 94 *Morfología de la quebrada en la cuenca de aporte*



Figura 95 *Morfología de la quebrada en el tramo de estudio*



Figura 96 Vista del fondo de la quebrada Sarin Mayo



En cuanto a los usos del suelo y su respectiva rugosidad, se determinaron las siguientes áreas y N de Manning:

Tabla 35 Porcentaje de áreas según uso de suelo

Uso de suelo	Área	Área %	N Manning
Afirmado	10 680	5,86%	0,04
Arboles	19 216	10,55%	0,12
Arbustos	5 406	2,97%	0,05
Casa aislada	2 508	1,38%	0,01
Concreto	7 015	3,85%	0,018
Cultivo	2 057	1,13%	0,045
Curso de agua	4 931	2,71%	0,025
Pasto	39 029	21,43%	0,035
Suelo desnudo	40 314	22,13%	0,023
Tierra labrada	13 606	7,47%	0,04
Vegetación dispersa	8 934	4,90%	0,025
Zona urbana continua	23 115	12,69%	0,1
Zona urbana discontinua	53 46	2,93%	0,09
	182 157	100,00%	

4.6. Modelamiento hidrológico

4.6.1. Caudales máximos

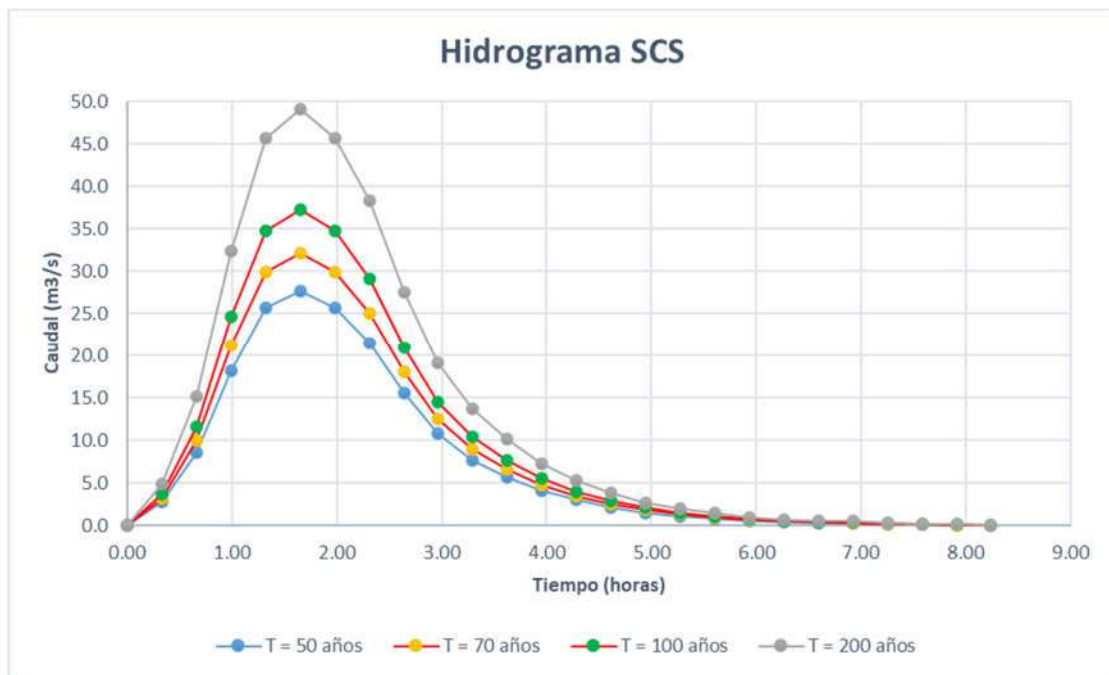
Luego de realizar el modelamiento hidrológico en el software Hec- Hms con los pasos que se indicaron con anterioridad, se determinó los caudales máximos para los periodos de retorno de $Tr = 50$ años, $Tr = 70$ años, $Tr = 100$ años y $Tr = 200$ años, siendo dichos caudales iguales a:

Tabla 36 Caudales máximos para los distintos periodos de retorno

Tr (años)	Caudal (m ³ /s)
50	27,6
70	32,1
100	37,3
200	49,1

El caudal igual a 32,1 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 70 años, fue el caudal estimado que ocasionó la inundación en el 2013 con la ayuda de testimonios de los pobladores del lugar, dichas evidencias se adjuntaron como anexos.

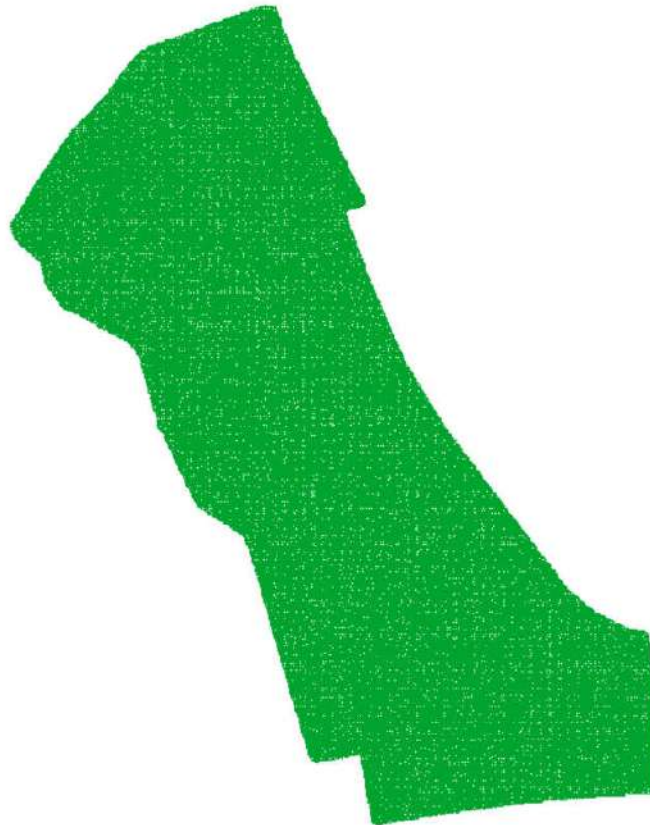
Figura 97 Hidrogramas para los distintos periodos de retorno



4.7. Modelamiento hidráulico

En el software Iber, se creó una malla con un tamaño de celda de 1 metros a partir del DEM obtenido previamente con los puntos y fotos aéreas para un área de estudio de 182 157 metros cuadrados.

Figura 98 *Malla de cálculo del área de estudio*



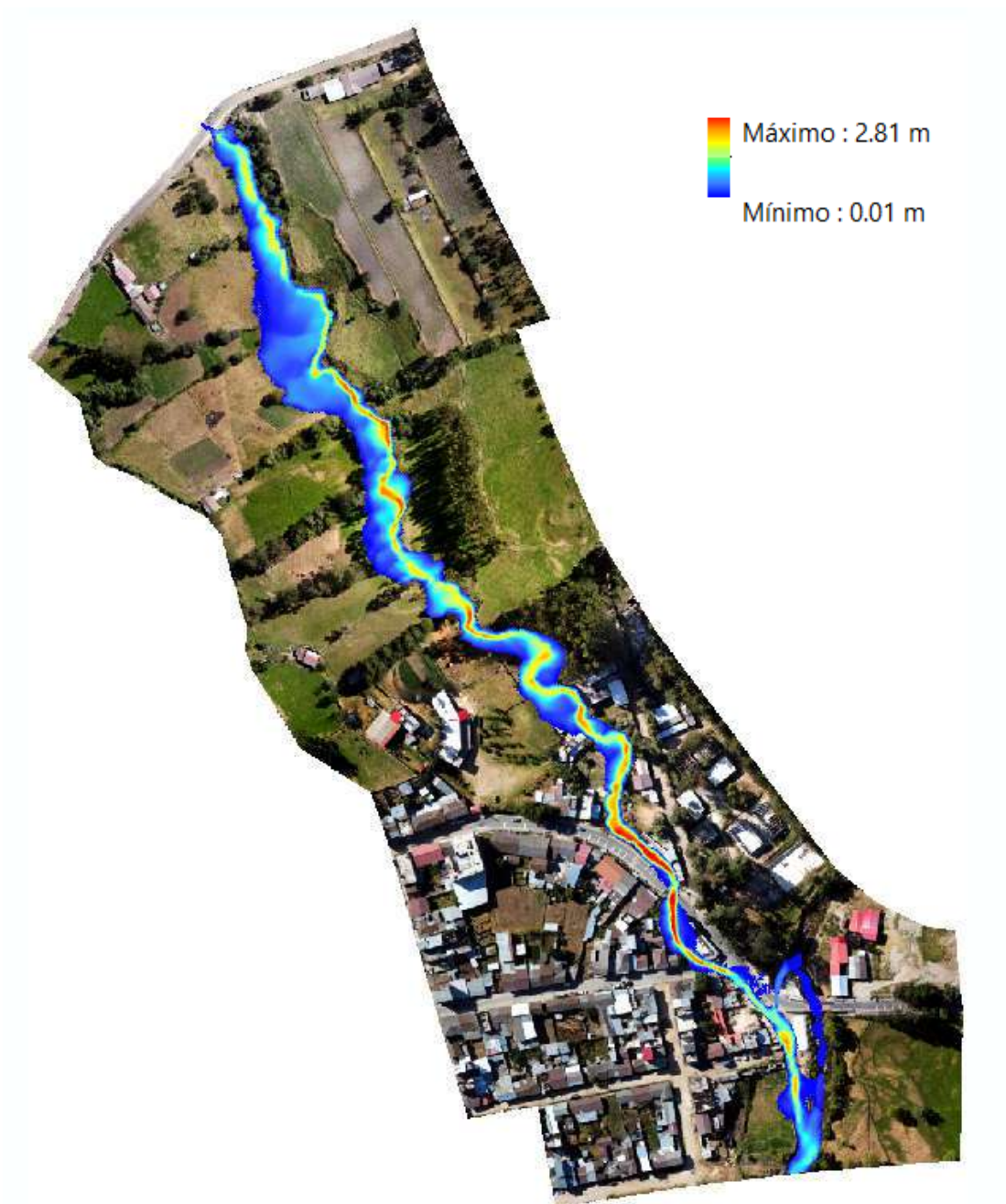
A dicha malla se le asignaron los usos de suelo y rugosidades previamente obtenidas. Luego de ingresar las condiciones de contorno y los datos del problema, se procedió a realizar el cálculo computacional para los periodos de retorno de $Tr= 50$ años, $Tr= 70$ años, $Tr=100$ años y $Tr= 200$ años.

4.7.1. Modelamiento para $Tr=50$ años

a) Tirante de agua

Para el periodo de retorno de 50 años, el tirante máximo tiene un valor de 3,06 metros en el paso de 7 000 segundos, dichos tirantes para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

Figura 99 Tirantes en la zona de estudio para $Tr=50$ años



b) Velocidades

Para el periodo de retorno de 50 años, la velocidad máxima registrada tiene un valor de 7,30 m/s en el paso de 7 000 segundos, dichas velocidades para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

Figura 100 Velocidades en la zona de estudio para $Tr=50$ años



4.7.2. Modelamiento para $Tr=70$ años

a) Tirante de agua

Para el periodo de retorno de 70 años (simulación estimada de la inundación ocurrida en el 2013), el tirante máximo tiene un valor de 3,00 metros en el paso de 6 000 segundos, dichos tirantes para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

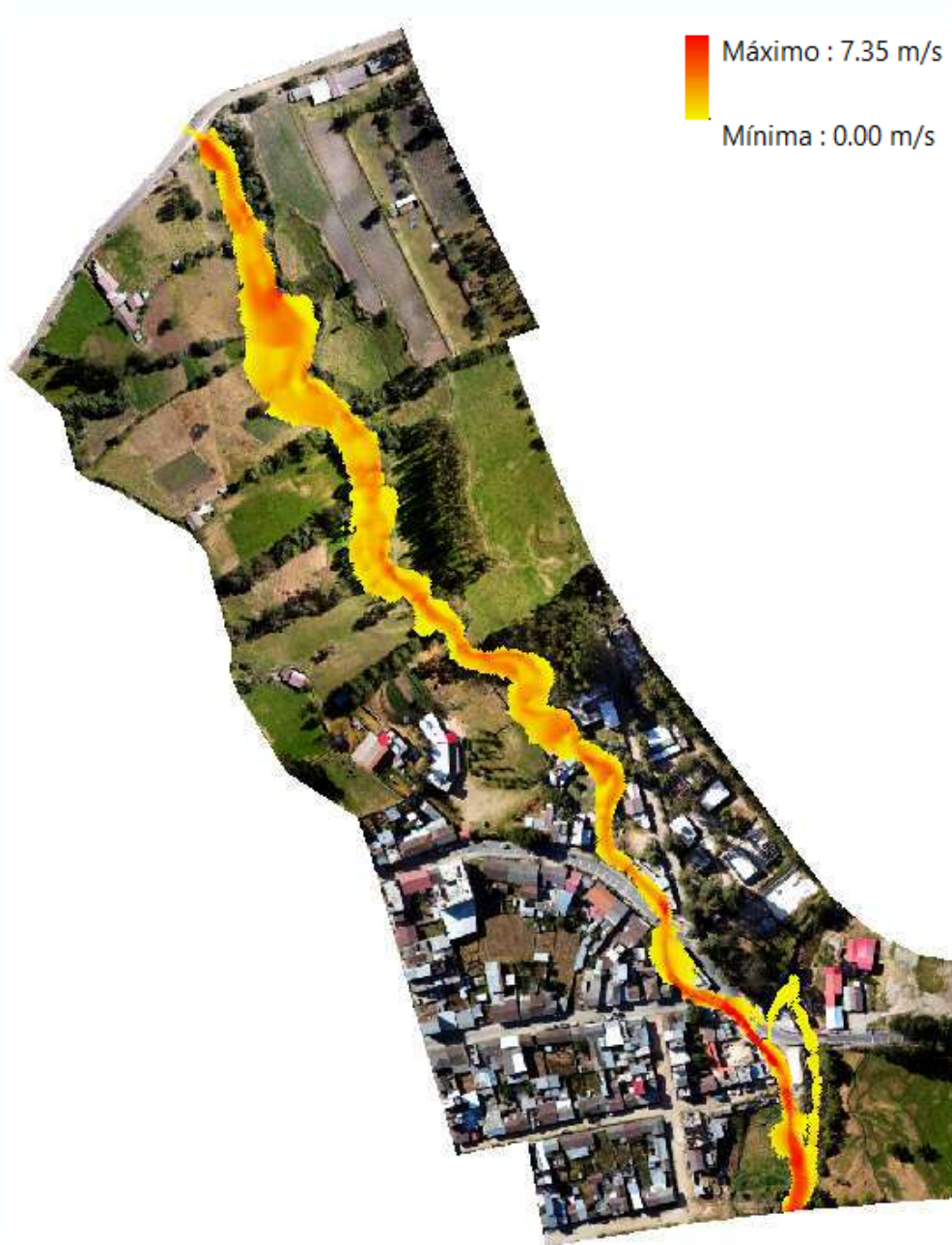
Figura 101 Tirantes en la zona de estudio para $Tr=70$ años



b) Velocidades

Para el periodo de retorno de 70 años (simulación estimada de la inundación ocurrida en el 2013), la velocidad máxima registrada tiene un valor de 7,35 m/s en el paso de 6 000 segundos, dichas velocidades para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

Figura 102 *Velocidades en la zona de estudio para $Tr=50$ años*

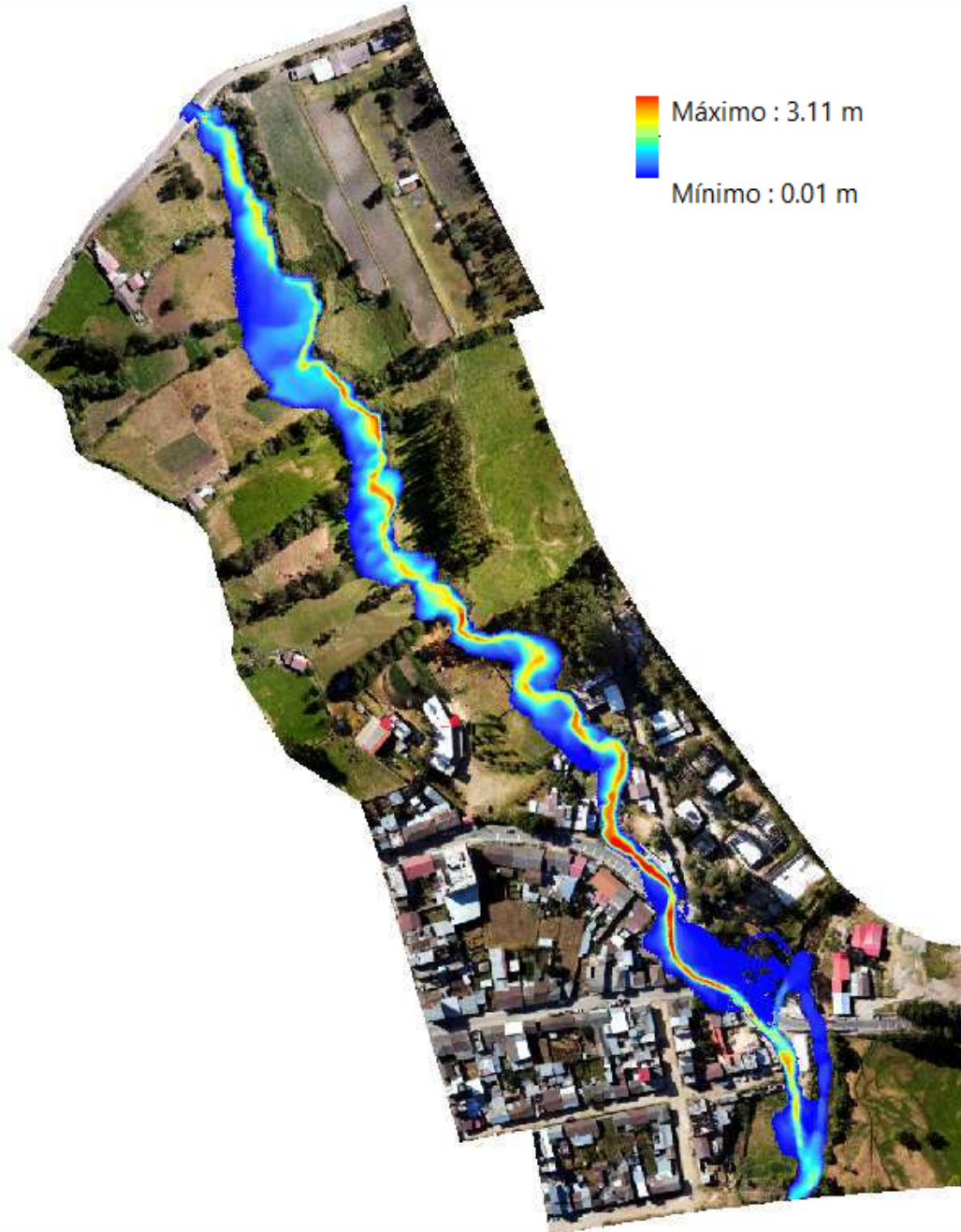


4.7.3. Modelamiento para $Tr=100$ años

a) Tirante de agua

Para el periodo de retorno de 100 años, el tirante máximo tiene un valor de 3,11 metros en el paso de 6 000 segundos, dichos tirantes para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

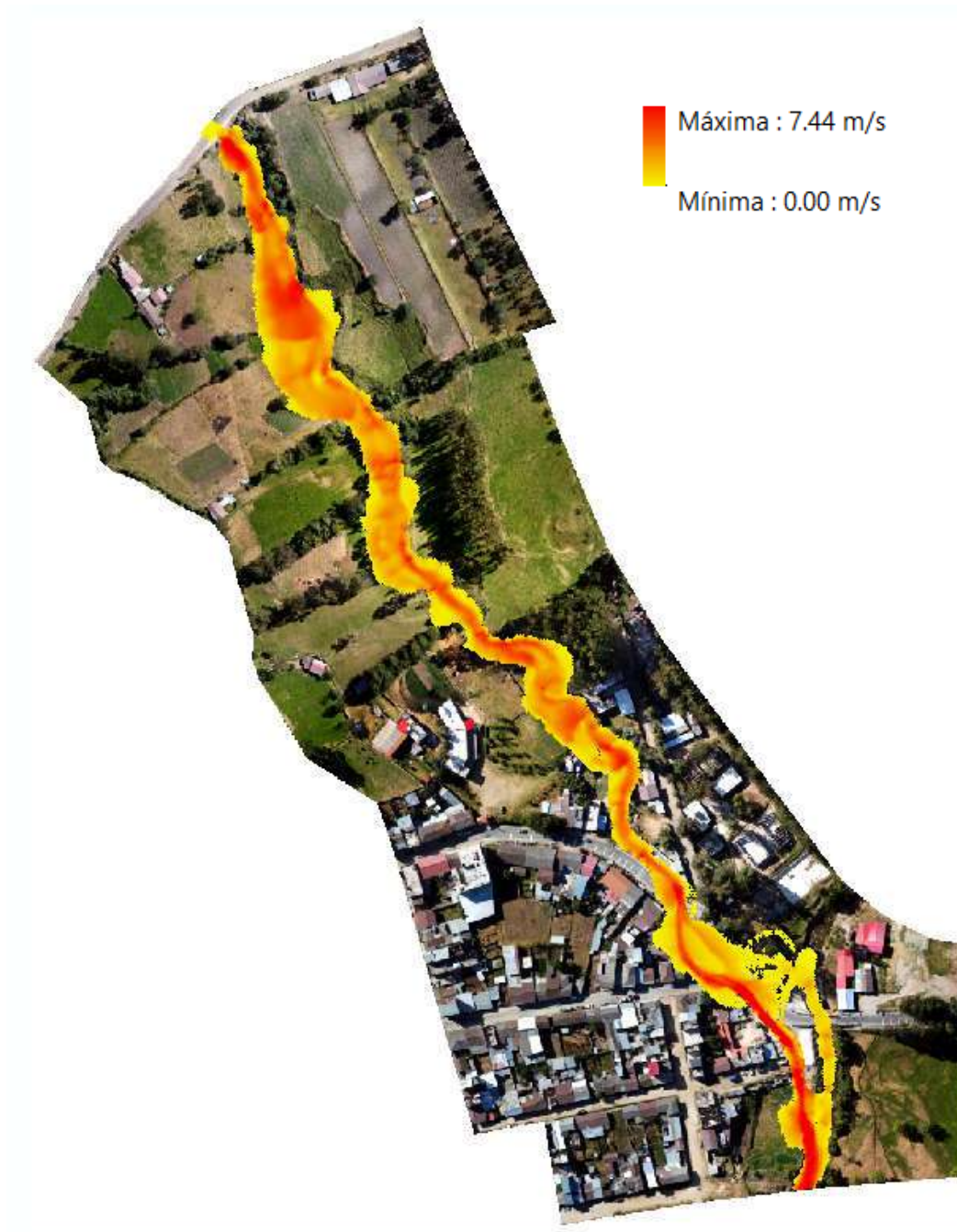
Figura 103 Tirantes en la zona de estudio para $Tr=100$ años



b) Velocidades

Para el periodo de retorno de 100 años, la velocidad máxima registrada tiene un valor de 7,44 m/s en el paso de 6 000 segundos, dichas velocidades para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

Figura 104 *Velocidades en la zona de estudio para $Tr=100$ años*

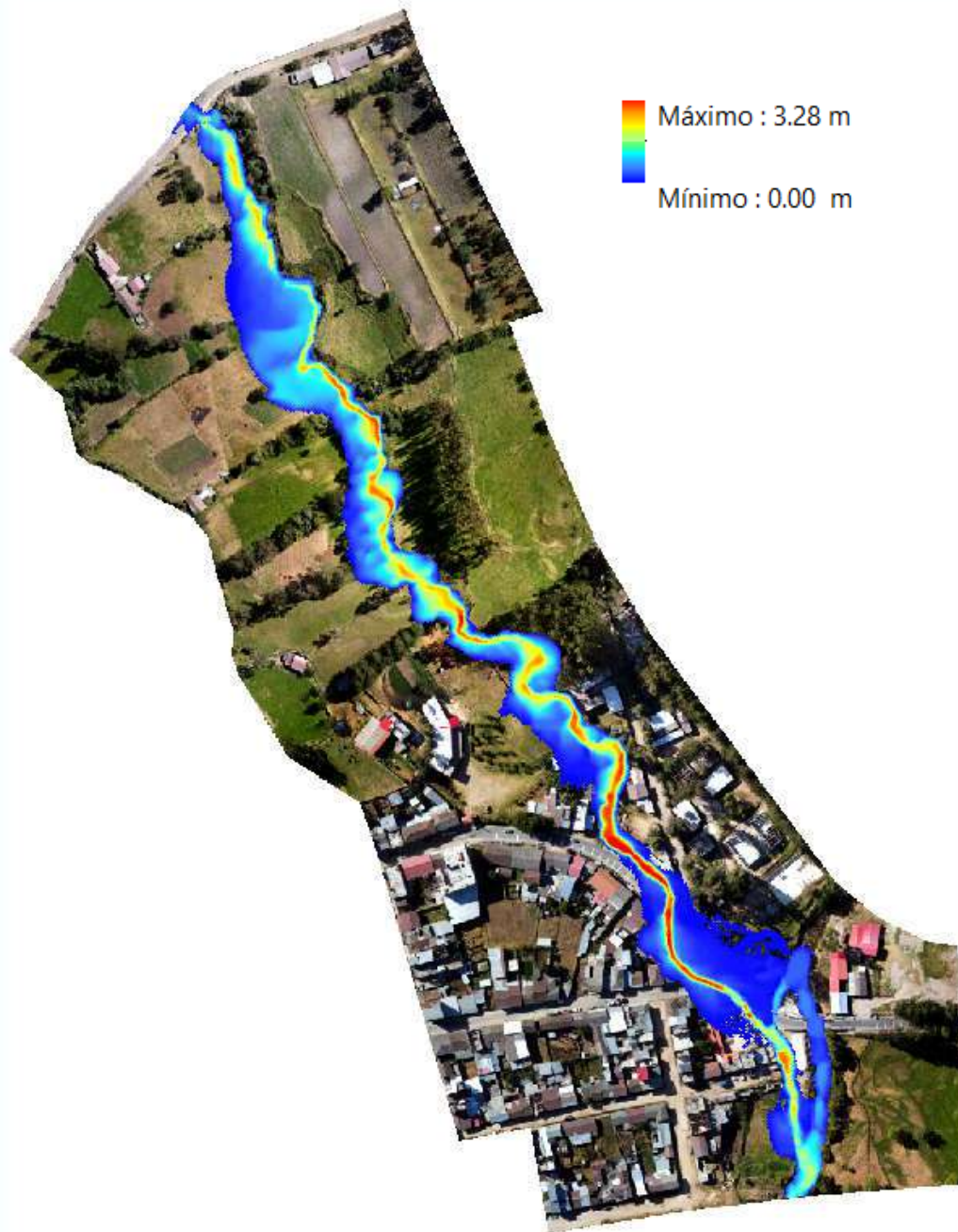


4.7.4. Modelamiento para $Tr=200$ años

a) Tirante de agua

Para el periodo de retorno de 200 años, el tirante máximo tiene un valor de 3,28 metros en el paso de 6 000 segundos, dichos tirantes para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

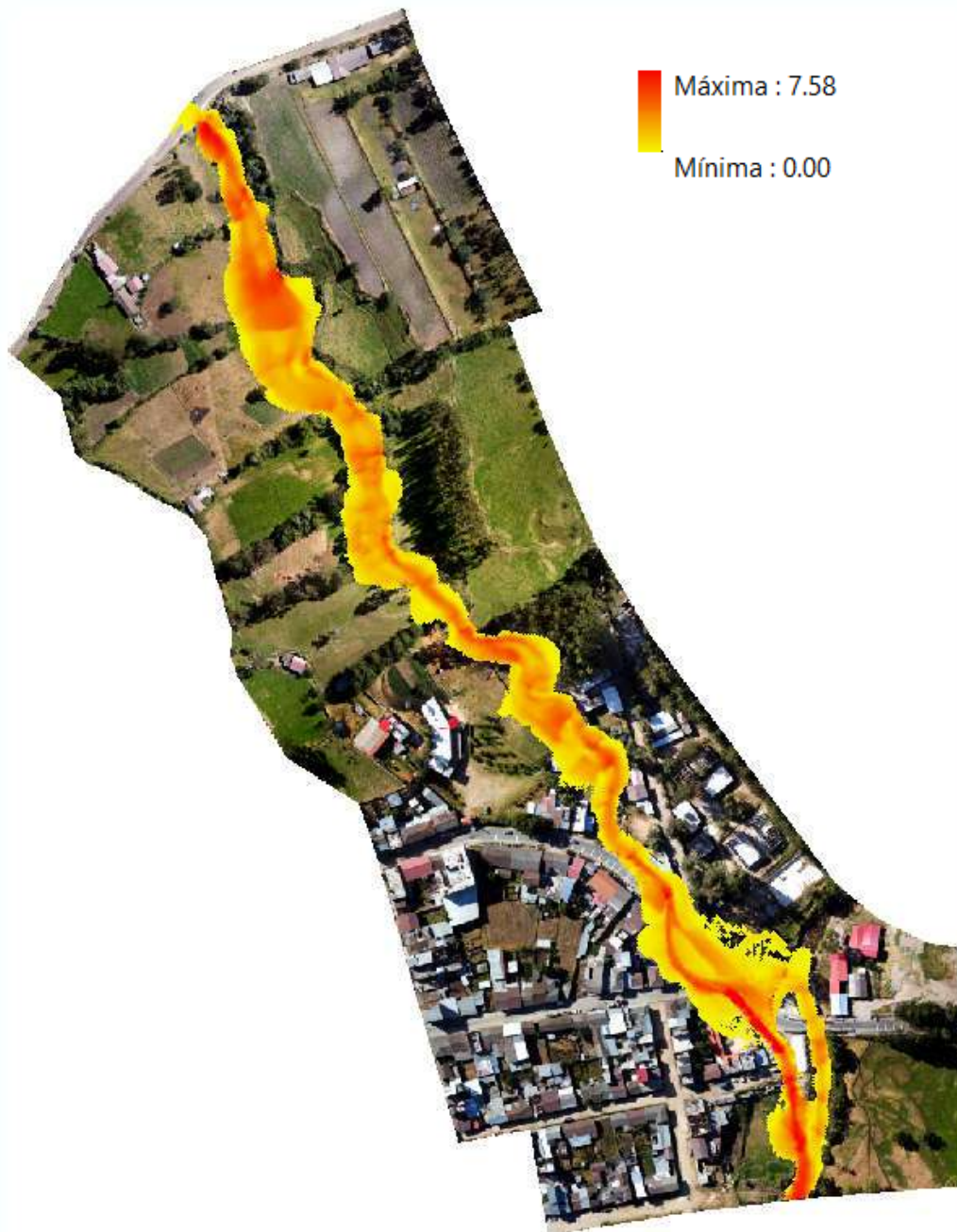
Figura 105 Tirantes en la zona de estudio para $Tr=200$ años



b) Velocidades

Para el periodo de retorno de 200 años, la velocidad máxima registrada tiene un valor de 7,58 m/s en el paso de 6 000 segundos, dichas velocidades para este paso de tiempo en la zona de estudio se muestran a continuación:

Figura 106 *Velocidades en la zona de estudio para $Tr=200$ años*



4.8. Mapas de peligrosidad

Luego de obtener tanto los tirantes como velocidades máximas para cada periodo de retorno, se procedió a combinar dicha información para evaluar la peligrosidad según la escala para inundaciones dinámicas, teniendo como resultados:

Tabla 37 Áreas por nivel de intensidad de peligrosidad

NIVELES DE INTENSIDAD	PROFUNDIDAD X VELOCIDAD DEL FLUJO (m ² /s)	ÁREA (m ²)			
		Tiempo de retorno (Años)			
		50	70	100	200
BAJA	< 0.25	4893	5868	7151	8051
MEDIA	0.25 - 0.50	1996	2649	1765	2297
ALTA	0.50 - 1.50	4332	4723	5092	5441
MUY ALTA	> 1.50	4409	4879	6135	7700
TOTAL		15630	18119	20143	23489

La caracterización de las áreas de inundación según el uso del suelo para cada periodo de retorno es:

Tabla 38 Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=50$ años

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	57.65	18.39	30.96	2.64	109.65
Arboles	883.21	439.72	1062.56	727.28	3112.77
Arbustos	411.51	157.59	320.49	360.22	1249.80
Casa aislada	53.53	43.40	191.72	43.80	332.45
Concreto	247.62	19.42	30.55	43.13	340.72
Cultivo	32.00	0.00	0.00	0.00	32.00
Curso de agua	793.85	84.94	309.55	2412.51	3600.84
Pasto	994.15	755.01	1298.07	456.46	3503.68
Suelo desnudo	1120.28	444.80	1023.84	315.61	2904.53
Zona urbana continua	251.53	19.06	46.50	39.78	356.87
Zona urbana discontinua	47.66	13.68	17.77	7.57	86.69
TOTAL (m²)	4893.00	1996.00	4332.00	4409.00	15630.00

Tabla 39 Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=70$ años

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	94.93	32.52	36.29	3.95	167.69
Arboles	788.18	593.37	1074.30	868.70	3324.56
Arbustos	400.15	202.01	338.19	416.86	1357.20
Casa aislada	37.84	51.32	210.92	48.86	348.95
Concreto	783.71	52.60	47.36	49.19	932.86
Cultivo	50.54	0.00	0.00	0.00	50.54
Curso de agua	1148.54	132.33	254.20	2496.45	4031.52
Pasto	869.02	918.29	1524.52	577.39	3889.22
Suelo desnudo	1142.57	598.08	1183.90	379.85	3304.40

Vegetación dispersa	5.69	0.00	0.00	0.00	5.69
Zona urbana continua	546.83	68.48	53.33	37.73	706.37
Zona urbana discontinua	113.70	19.84	18.84	8.42	160.79
TOTAL (m²)	5868.00	2649.00	4723.00	4879.00	18119.00

Tabla 40 Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=100$ años

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	170.16	17.36	55.55	9.25	252.33
Arboles	1006.95	330.58	1055.73	1239.13	3632.39
Arbustos	578.80	175.14	342.09	509.95	1605.97
Casa aislada	29.14	31.12	215.58	76.93	352.76
Concreto	973.39	99.89	63.82	65.48	1202.59
Cultivo	65.13	1.01	0.00	0.00	66.14
Curso de agua	1158.56	158.12	246.97	2555.21	4118.86
Pasto	1062.58	442.43	1857.14	878.26	4240.41
Suelo desnudo	1432.55	427.57	1179.58	744.40	3784.11
Vegetación dispersa	16.89	0.00	0.00	0.00	16.89
Zona urbana continua	656.84	81.78	75.54	56.40	870.56
Zona urbana discontinua	199.61	34.21	24.21	10.62	268.64
TOTAL (m²)	7151.00	1765.00	5092.00	6135.00	20143.00

Tabla 41 Caracterización de las áreas inundadas para $Tr=200$ años

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	387.72	28.65	56.25	28.74	501.36
Arboles	1350.21	316.86	955.56	1574.43	4197.06
Arbustos	593.63	208.90	307.00	643.82	1753.35
Casa aislada	10.33	20.06	123.63	200.64	354.66
Concreto	882.40	235.20	181.75	92.25	1391.59
Cultivo	71.19	10.46	1.83	0.00	83.47
Curso de agua	557.77	445.38	693.56	2605.13	4301.84
Pasto	1189.77	352.80	1775.11	1379.01	4696.69
Suelo desnudo	1835.89	504.79	1219.66	1086.13	4646.47
Vegetación dispersa	65.00	2.94	0.36	0.00	68.30
Zona urbana continua	1107.11	170.97	126.28	89.86	1494.21
Zona urbana discontinua	294.80	58.91	54.14	20.66	428.51
TOTAL (m²)	8051.00	2297.00	5441.00	7700.00	23489.00

Cada nivel de peligrosidad para los periodos de retorno correspondientes sobrepuestas en la ortofoto del área de estudio, así como los mapas correspondientes se muestran a continuación:

Figura 107 Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=50$ años

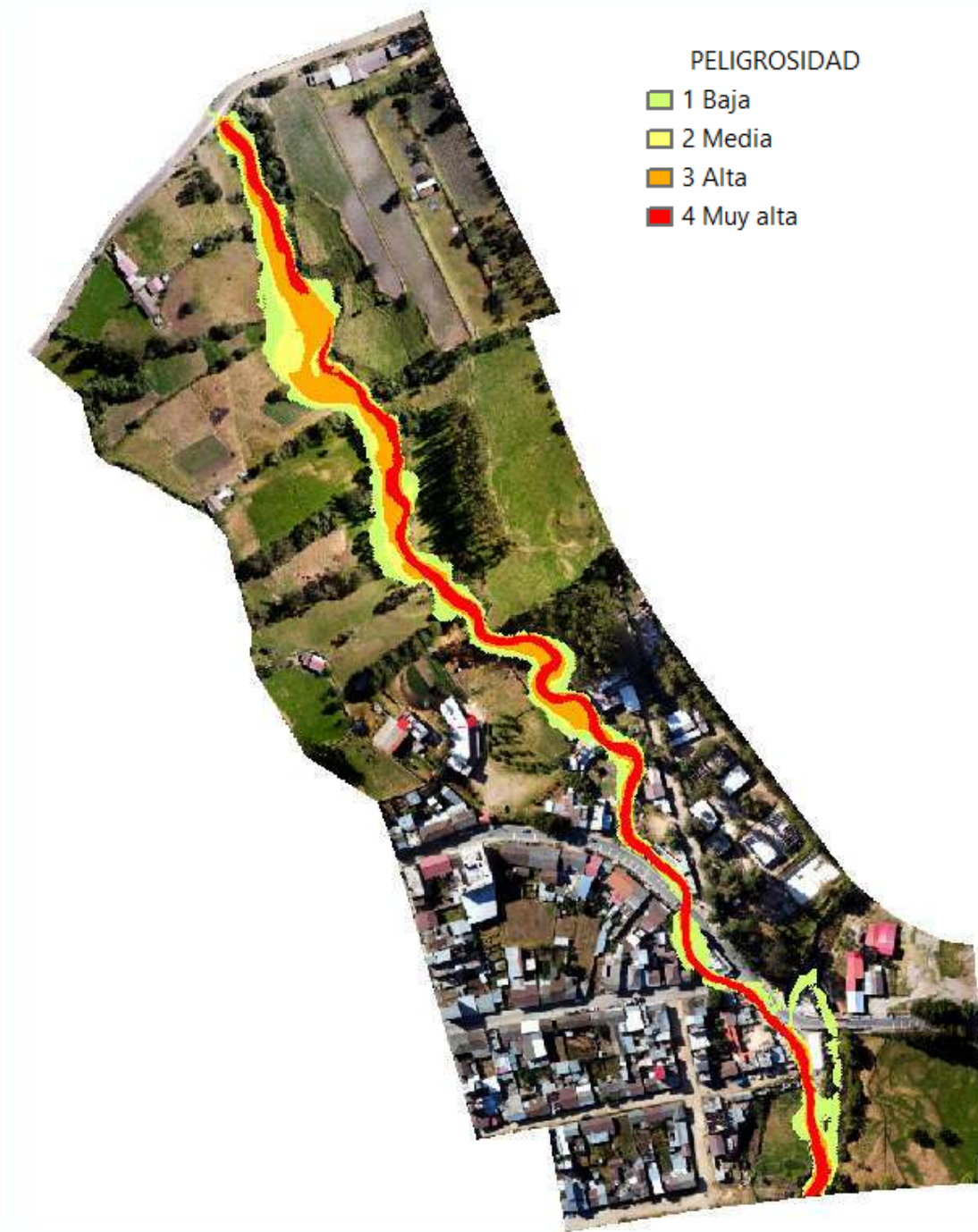


Figura 108 Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=70$ años

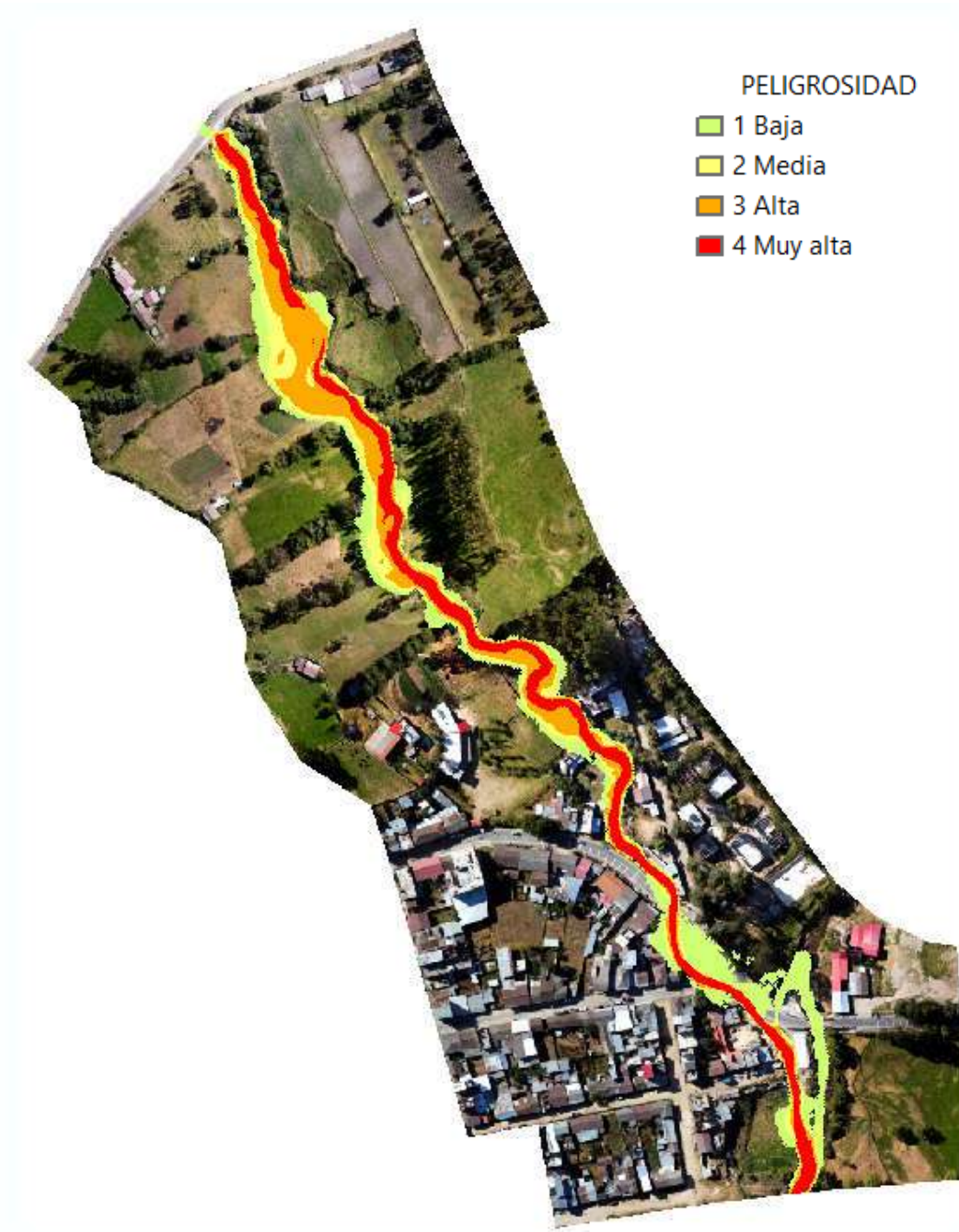


Figura 109 Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=100$ años

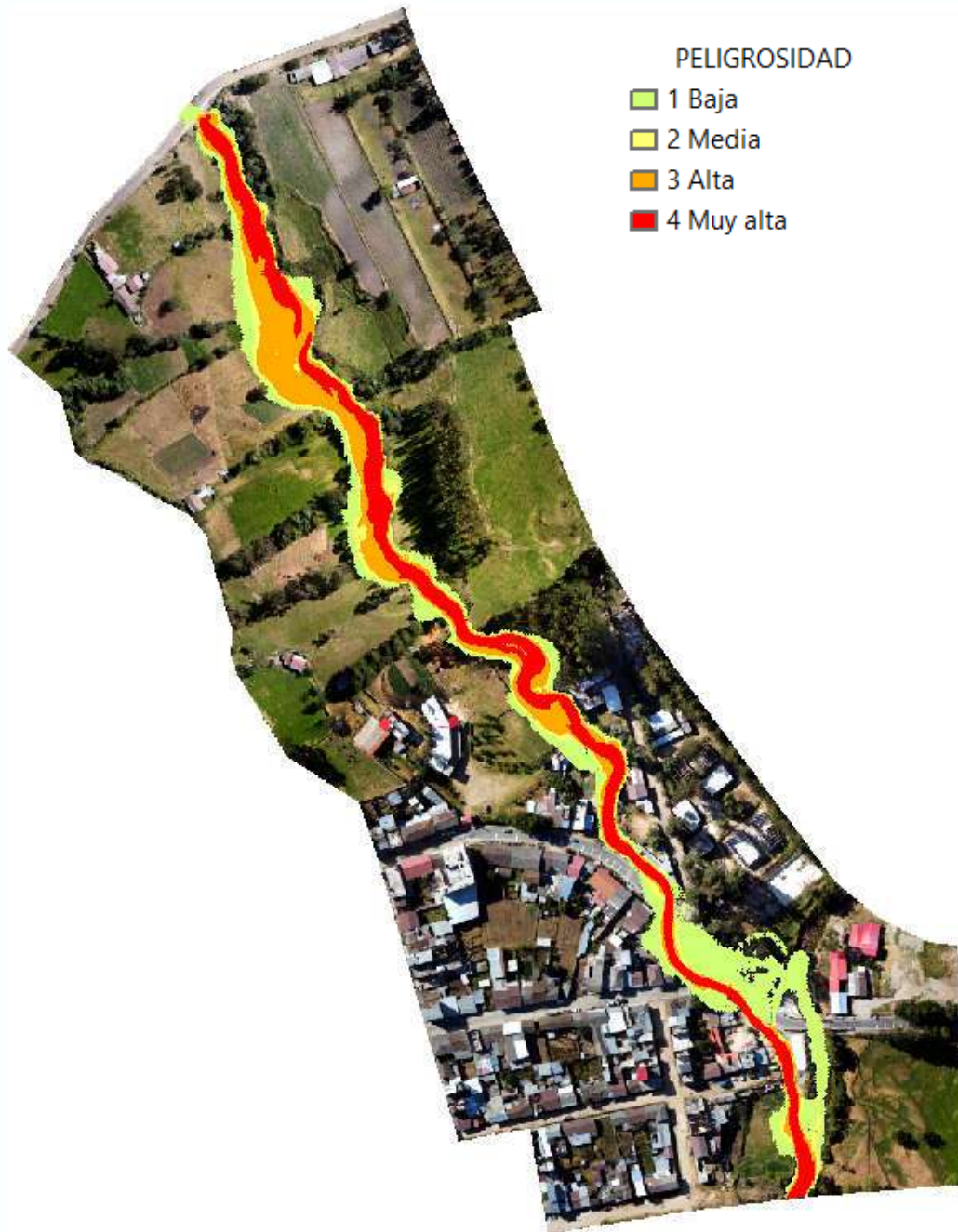


Figura 110 Niveles de peligrosidad en el área de estudio para $Tr=200$ años

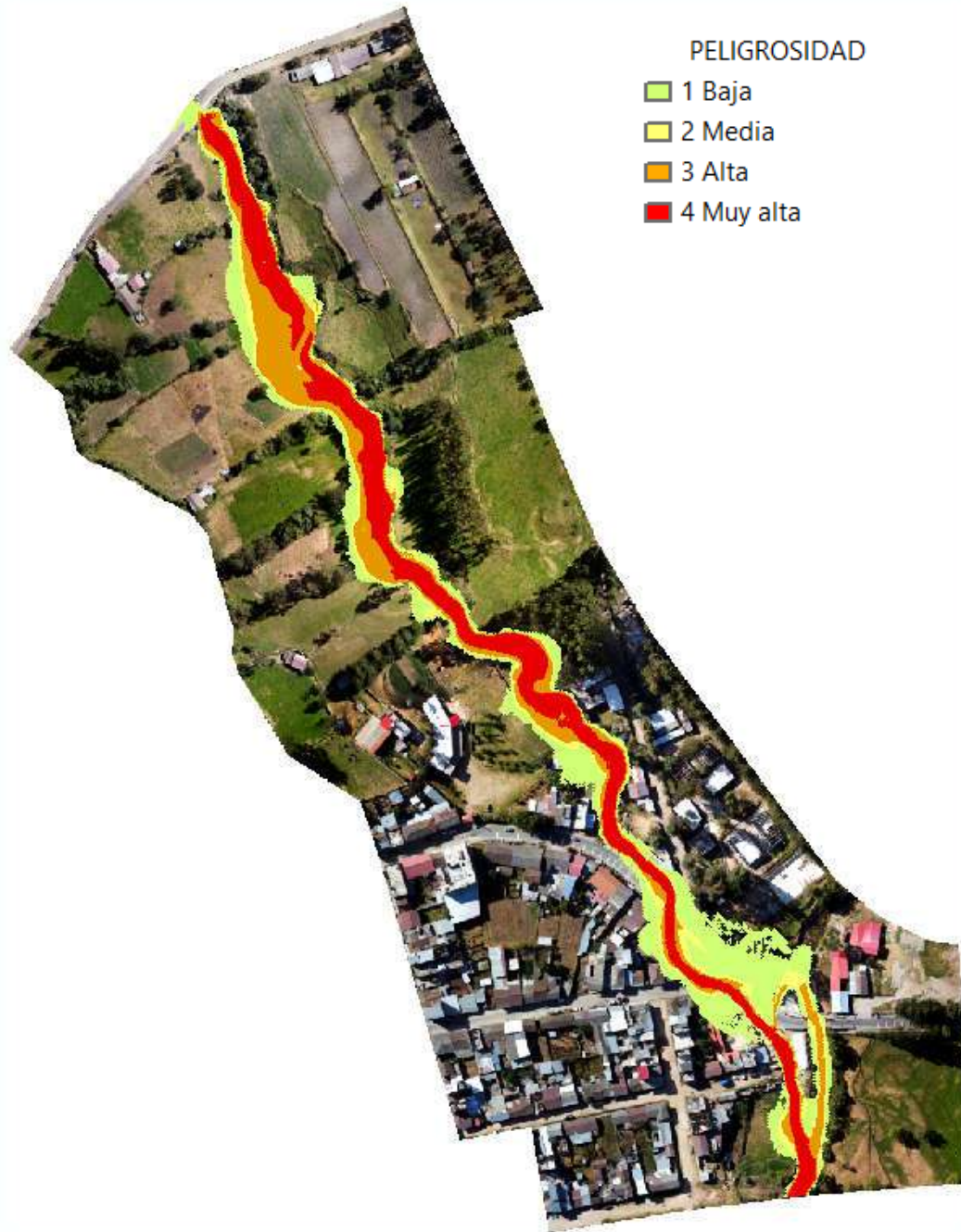


Figura 111 Mapa de peligrosidad para $Tr=50$ años

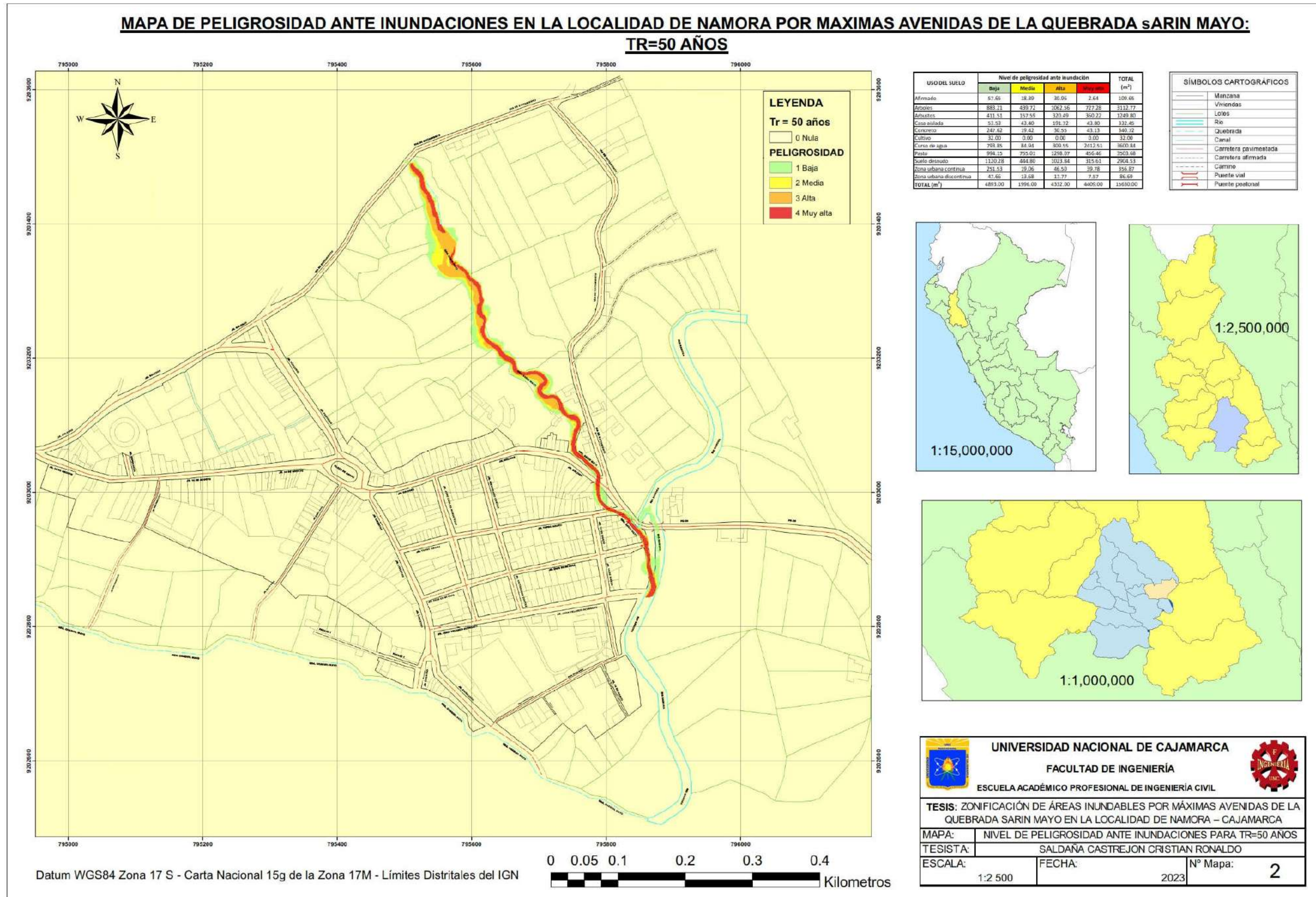


Figura 112 Mapa de peligrosidad para $Tr=70$ años

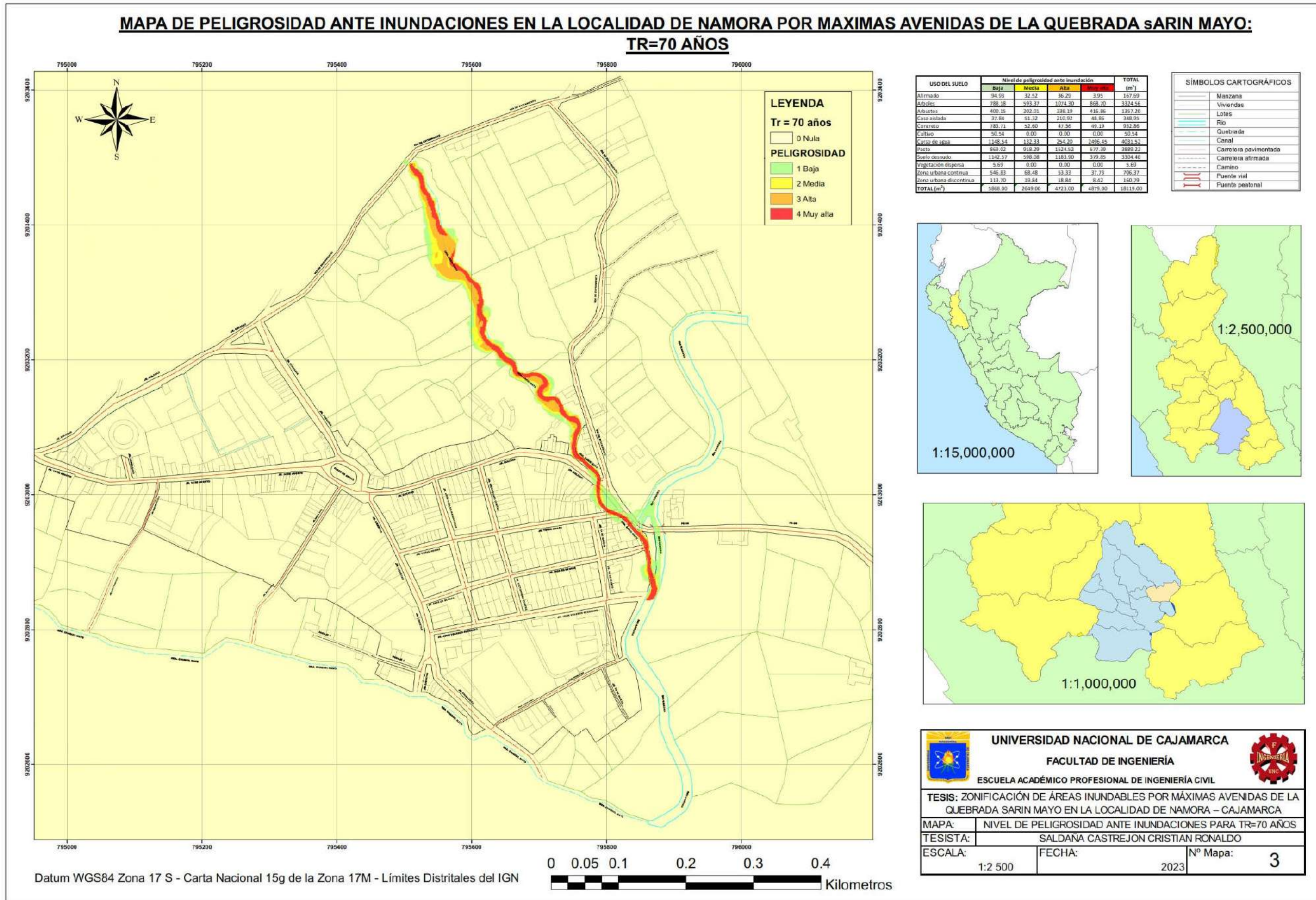


Figura 113 Mapa de peligrosidad para $Tr=100$ años

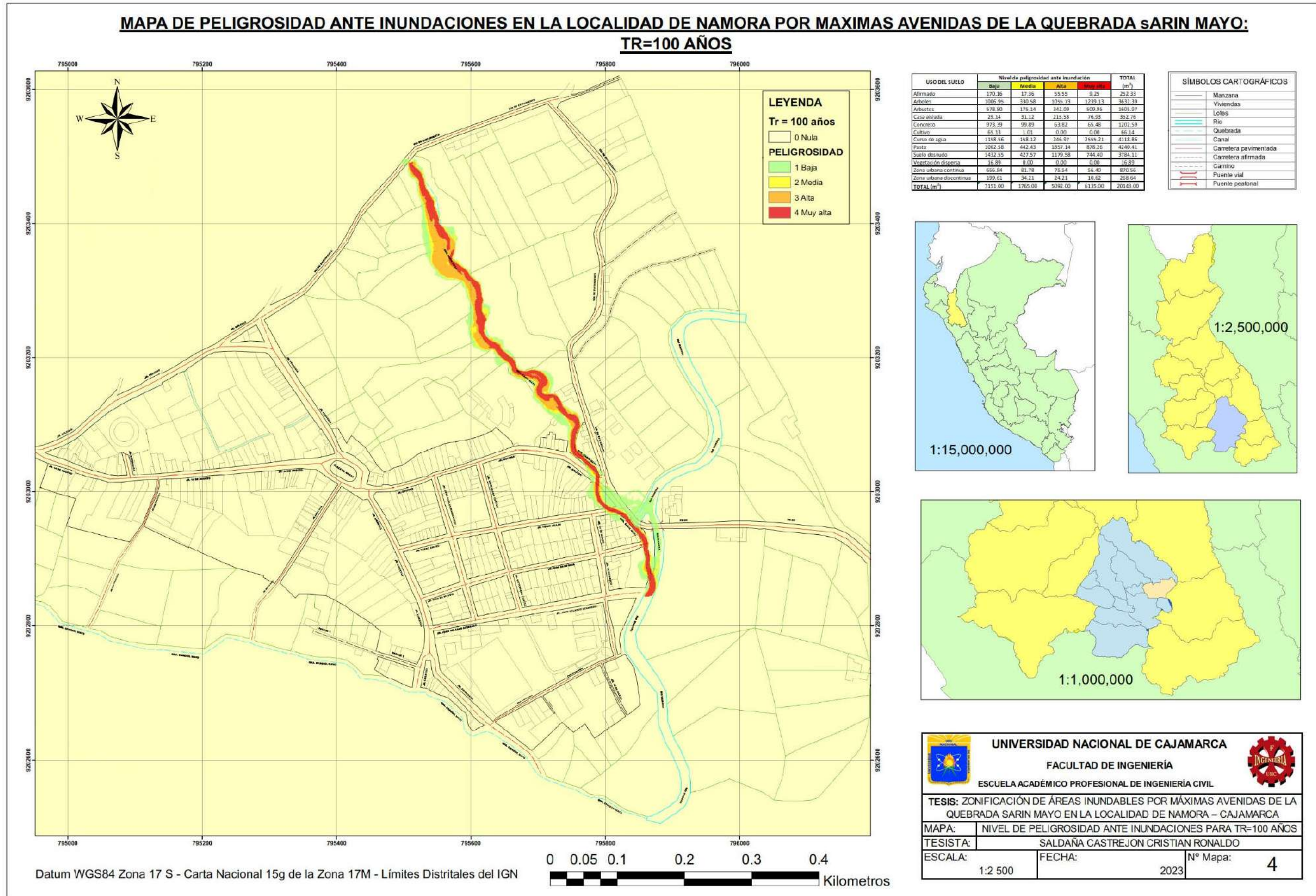
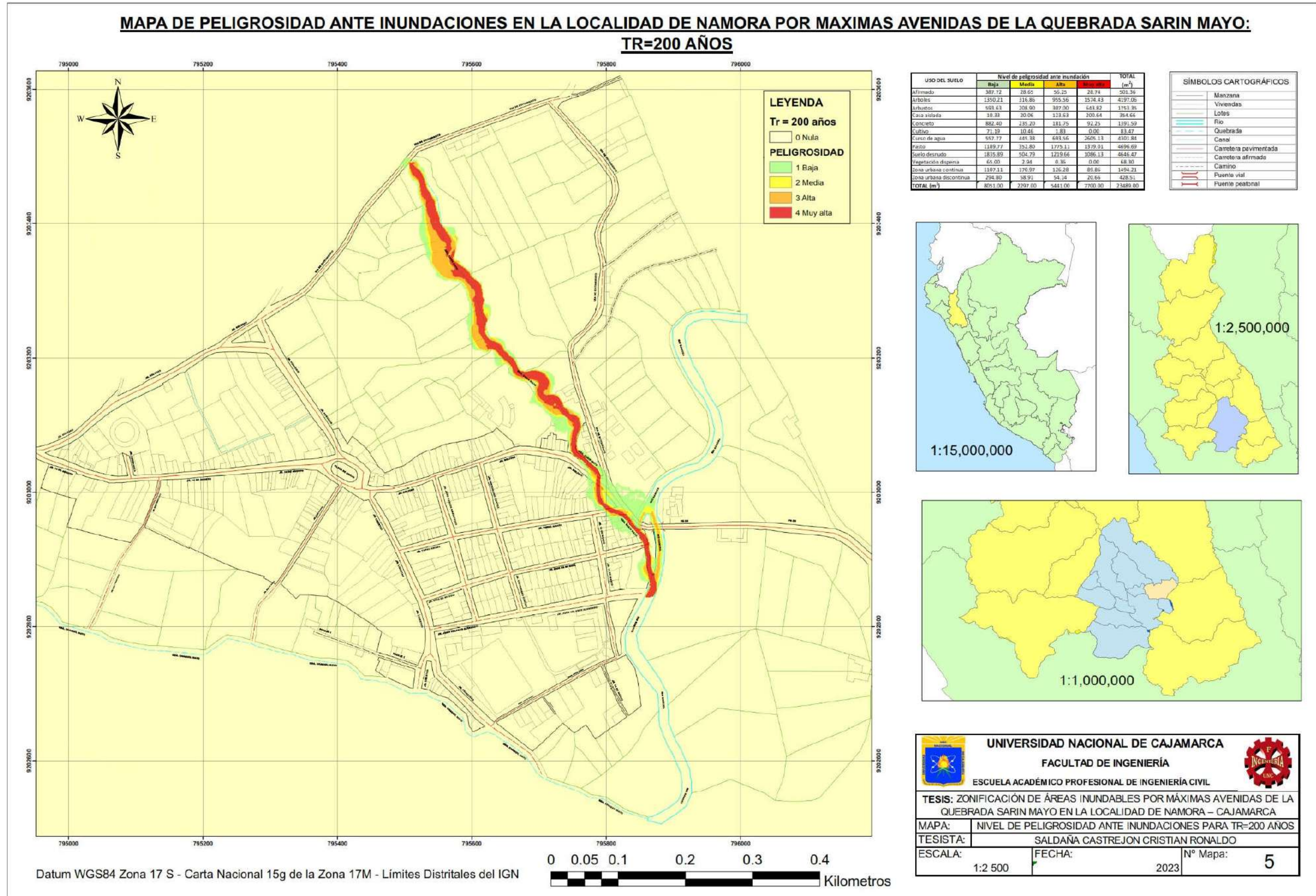


Figura 114 Mapa de peligrosidad para $Tr=200$ años



4.9. Discusión de resultados

Información hidrológica y cartográfica

En la presente investigación, se usó la información hidrológica de únicamente la estación meteorológica Namora, debido a la suficiencia de datos a través de los años y también ya que es la única dentro de la delimitación de la cuenca donde la precipitación mínima registrada fue en el año 2004 con un valor de 25,4 mm y la precipitación máxima se registró en el año 1998 con un valor de 49,5 mm, a diferencia de Dilas (2021), que en su trabajo de investigación recopiló la información de 2 estaciones, debido a la mayor amplitud de la cuenca hidrográfica en estudio.

Respecto a la información cartográfica, al igual que Aparicio (2021) se recurrió a la información de la carta nacional 15g, pero con la diferencia que, para la información topográfica recurrió al SAS Planet y realizó el levantamiento con estación total, no obstante, en la presente investigación se realizó el levantamiento con GPS diferencial y se usaron las imágenes aéreas tomadas con dron, las cuales tienen mejor calidad y mayor precisión.

Inundación ocurrida en el año 2013

Para la determinación del área de inundación, caudal y periodo de retorno que causaron la inundación en el año 2013, se partió con los registros de niveles en campo que conocían los pobladores del lugar, tomando tres puntos de control a lo largo del cauce. No existe otra investigación actualmente de dicha inundación.

Modelamiento hidrológico

Como punto de partida del modelamiento hidrológico, fue la determinación de los parámetros de la cuenca, tanto de forma, relieve, drenaje y una caracterización desde el punto de vista fluvial. Teniendo como parámetro principal el del área de la cuenca igual a 13,49 km².

Para la obtención de los caudales máximos de diseño se empleó el software Hec-Hms, dando como resultados los caudales iguales a 27,6; 32,1; 37,3 y 49,1 m³/s respectivamente para cada periodo de retorno.

Por su parte, Aparicio (2021) empleó el método racional modificado, siendo este método no recomendable para la presente investigación según el Manual de Hidrología y Drenaje del MTC (2011) ya que la cuenca hidrográfica cuenta con un área mayor a 10 km²; sus caudales de diseño fueron iguales a 110,753; 123,86 y 136,844 m³/s para 15, 25 y 40 años respectivamente.

Modelamiento Hidráulico

En la presente investigación se realizó el modelamiento hidráulico con la ayuda del software Iber, para los periodos de retorno de 50, 70, 100 y 200 años, creando una malla con tamaño de celda de 1x1 metros y con tolerancia de 0.1 metros, teniendo como resultado que los tirantes máximos son iguales a 2,81; 3,00; 3,11 y 3,28 metros respectivamente. En cuanto a las velocidades máximas, fueron iguales a 7,30; 7,35; 7,44 y 7,58 m/s respectivamente. A diferencia, Dilas (2021) también realizó el modelamiento hidráulico con Iber, pero para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años; además, empleó una malla no estructurada con un tamaño de celda en el cauce de 5 m y para las planicies de inundación de 2 m, teniendo menor precisión; obteniendo como resultados los tirantes máximos iguales a 0,51; 0,65; 0,82 y 1,15 metros para 2, 5, 10 y 25 años respectivamente.

Mapas de peligrosidad

Para la generación de los mapas de peligrosidad, se relacionaron tanto las profundidades y velocidades máximas obtenidas en Iber, considerando los niveles de intensidad para inundaciones dinámicas, teniendo como resultados que un total de 15 630; 18 119; 20 143 y 23 489 m² son las áreas que presentan un nivel de peligrosidad para los periodos de retorno iguales a 50, 70, 100 y 200 años respectivamente. Por su parte, Aparicio (2021) realizó mapas de peligrosidad para los tiempos de retorno iguales a 15, 25 y 40 años, y determinó un total igual a 14 049 m² de áreas propensas a inundaciones para un caudal de 136,844 m³/s.

Para la producción de los mapas, se emplearon los símbolos cartográficos según el Catálogo de Objetos y símbolos para la producción de cartografía básica a escala 1:1 000 del Instituto Geográfico Nacional - IGN (2011).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Se recabo y sistematizó la información hidrológica obtenida de la sede del SENAMHI en Cajamarca respecto a precipitaciones máximas de 24 horas desde el año 1979 hasta el 2022; Respecto a la información cartográfica, se recabo y sistematizó la información cartográfica de la carta nacional 15g de curvas de nivel y ríos, la cual fue complementada con el levantamiento topográfico con GPS diferencial y fotos aéreas tomadas con dron; Según la caracterización pluvial, se trata de una quebrada pequeña, que presenta áreas de inundación, en etapa madura, con morfología meándrica con fondo aluvial y régimen hidrológico efímero.
- ✓ Se determinó que el caudal que ocasionó la inundación en el año 2013 fue igual a 32,1 m³/s, correspondiente a un periodo de retorno de 70 años, afectando un área total de 18 119 m².
- ✓ Se realizó el modelo hidrológico para los periodos de retorno de 50, 70, 100 y 200 años en el software Hec-Hms con el método de pérdidas SCS Curve Number y método de transformación SCS Unit Hydrograph, obteniendo los caudales máximos de diseño para un intervalo de tiempo cada 1 hora. Asimismo, se obtuvieron sus respectivos hidrogramas desde 0,0 hasta 8,24 horas.
- ✓ Se realizó el modelo hidráulico en el software Iber para los cuatro periodos de retorno iguales a 50, 70, 100 y 200 años, considerando como condiciones de contorno en la entrada de un flujo subcrítico-crítico y como condiciones de contorno de salida un flujo supercrítico-crítico. La simulación se realizó desde los 0 hasta los 29 667 segundos con pasos cada 1 000 segundos.
- ✓ Se elaboraron los mapas de peligrosidad ante inundaciones para los cuatro periodos de retorno: 50, 70, 100 y 200 años, identificando las áreas que presentan un nivel bajo, medio, alto y muy alto de peligrosidad en la localidad de Namora según los rangos para inundaciones dinámicas.

5.2.Recomendaciones

- Se recomienda obtener la información hidrológica desde las oficinas descentralizadas del SENAMHI, ya que es el único organismo autorizado que cuenta con la data completa y actualizada. Respecto a la información cartográfica, se recomienda realizar el levantamiento con dron para abarcar la totalidad de la zona de estudio, y complementar dicha información a través del levantamiento topográfico con GPS diferencial o estación total en las zonas con poca visibilidad o interferencias aéreas en las zonas de mayor interés. En cuanto a la caracterización fluvial, es indispensable para la evaluación de áreas inundables mediante simulaciones.
- Se recomienda la realización de estudios de investigación en lugares donde se suscitaron eventos extremos como inundaciones para que, con los resultados obtenidos, tanto la población como autoridades puedan tomar medidas de mitigación o prevención.
- Se recomienda la realización del modelo hidrológico con la ayuda del software Hec-Hms ya que brinda muchas alternativas y métodos de solución para determinar los caudales de diseño con su respectivo histograma, pero utilizando las duraciones efectivas obtenidas de las estaciones climatológicas para obtener resultados acordes a la realidad.
- Se recomienda que en el proceso de simulación hidráulica con Iber, se construya una malla con un tamaño de celda de 1x1 metros, a partir de la cual se puedan asignar de forma correcta las condiciones de contorno tanto de entrada y salida. Asimismo, se recomienda usar un intervalo de tiempo para los resultados acorde con el hidrograma ingresado para evaluar de forma precisa el caudal máximo en su tiempo respectivo.
- Se recomienda que, en los mapas de peligrosidad ante inundaciones, se usen los símbolos cartográficos convencionales y que estén bien detallados en su respectiva leyenda para tener una mayor comprensión de sus contenido y alcance en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, P. M., & Sierra, L. X. (2013). Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste. *Facultad de Ingeniería*, 22, 25-33. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292013000200003&script=sci_abstract&tlng=es
- Aparicio, C. H. (2021). *Identificación De Áreas Inundables Por Máximas Avenidas Del Río Quínuas En El Centro Poblado La Quispa* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Aparicio, F. Javier. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie* (LIMUSA, Ed.; Primera edición). Grupo Noriega.
- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Inundaciones En El Perú*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Distritos expuestos a peligro por inundación*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Identificación de puntos críticos con riesgos a inundaciones en ríos y quebradas*.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2015). *Generación del Mapa Temático de Curva Número (CN)*. www.udocz.com
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- Breña, A. F., & Jacobo, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Bustamante, Y. A. (2013). *Modelamiento Numérico De Una Onda De Avenida Generada Por La Rotura De Una Presa De Tierra Y Su Estimación De Riesgo- Aplicación A La Presa Yuracmayo*.
- Cardona, B. L. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.
- Cariás, B. E., Chacón, E. T., & Martínez, M. Á. (2004). *Validación De Metodologías Para El Cálculo De Caudales Máximos En El Salvador* [Tesis de pregrado]. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Celmi, J. (2007). *Aplicación Del Análisis De Multicriterio (Mca) En La Planificación Para La Mitigación De Inundaciones En La Parte Baja Del Río Chillón*.
- Centro Nacional de Estimación, P. y R. del R. de D. (2018). *Escenario De Riesgos Ante La Temporada De Lluvias 2017 – 2018*.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. Secretaría de Gobernación.
- Chimborazo, J. E. (2019). *Evaluación hidrológica e hidráulica del Río Tomebamba tramo Balzay-Monay mediante modelación matemática del flujo en uni y bidimensional*.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada* (M. E. Suárez, Ed.).

- Cotrado, N. Y. (2022). *Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35629>
- Díaz, C., Bâ, M., Iturbe, A., Esteller, Ma. V., & Reyna, F. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 6(2), 124-134.
- Dilas, E. D. L. C. (2021). *Identificación De Las Áreas Inundables Por La Quebrada Huertas En La Zona Urbana De La Localidad De Chilete, Cajamarca-2021*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Espinoza, A. M. (2020). *Análisis de la dinámica fluvial en el sector del coliseo Jefferson Pérez mediante modelación bidimensional* [Tesis de pregrado, Universidad De Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34535>
- ESRI. (2002). *ArcGIS*.
- Estrada, V., & Pacheco, R. M. (2012). *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba Hydrological modeling with HEC-HMS in mountainous basins of Cuban eastern region: Vol. XXXIII* (Número 1).
- Estrada, Y. A., & Rojas, D. A. (2013). *Comparación Entre El Método Racional Y El Método Del Número De Curva Para La Estimación De Caudales, Caso De Estudio Puente Vehicular Del Proyecto Residencial Refugio De Bassedonia I*.
- Fernández, C. J., León, A. J., & Rodríguez, Y. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. *ING. HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, XLI (1), 115-126.
- Francisco, N., Turrent, A., Flores, H. H., Martínez, M. R., & Enríquez, J. F. (2010). Estimación Del Escurrimiento Superficial Con El Método SCS-CN En El Trópico Subhúmedo De México. *TERRA LATINOAMERICANA*, 28(1), 71-78.
- French, R. H. (1988). *Hidráulica de canales abiertos* (Primera edición). McGraw-Hill.
- Gámez, W. R. (2015). *Texto Básico Auto formativo de Topografía General* (David. López, Ed.; Primera Edición). Universidad Nacional Agraria.
- García, J. C., & Chocat, B. (2009). La Modelación En El Campo De La Ingeniería Hidráulica: Reflexiones Y Discusión Sobre Las Causas De Error Y Sus Consecuencias. En *Revista Aqua-LAC-Año* (Vol. 1, Número 1).
- Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. M. (2010). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo*. www.indeci.gob.pe
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales*. www.indeci.gob.pe
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2013). *Inundación en el Distrito de Namora - Cajamarca*. www.indeci.gob.pe
- Juculaca, L. C. (2021). *Identificación de zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia De Tacna*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59814>

- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. (1977). *Hidrología para ingenieros* (Mc-Graw-Hill Latinoamérica, Ed.; Segunda edición).
- López, J., González, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J., & Gimena, F. (2012). Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativas. *Obras y Proyectos*, 12, 15-30. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000200002
- Martín, J. P. (2003). *Ingeniería de Ríos* (Edicions UPC, Ed.; Primera edición). Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*.
- Mori, M. (2007). *Simulación Hidráulica Aplicada, Usando Hec-Ras*.
- Ochoa, S. A., Reyna, T., Reyna, S., García, M., Patalano, A., & Labaque, M. (2014). *Evaluación de modelos hidrodinámicos para representar flujos en cauces naturales*.
- Organización de los Estados Americanos (OEA). (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/begin.htm>
- Pacheco, R. M., Quiala, E., & Martínez, I. (2018). Determinación del parámetro número de curva en la cuenca Las Coloradas en un entorno SIG. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, XXXIX (2), 60-71.
- Palomino, D. G. (2005). *Zonificación De Áreas Inundables Utilizando Un Sistema De Información Geográfica. Aplicación Al Tramo Final Del Río Chillón*.
- Pérez, G. B., Rodríguez, J. A., & Molina, J. P. (2018). *Ingeniería de Ríos*.
- Pérez, J. I., Escobar, J. R., & Fragozo, J. M. (2018). Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha-Colombia. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-157. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400143>
- Pértegas, S., & Pita, S. (2001). La distribución normal. En *Cad Aten Primaria* (Vol. 8). www.fisterra.com
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española* (Vigesimotercera).
- Ríos, D. M. (2010). *Urbanización de áreas inundables, mediación técnica y riesgo de desastre: una mirada crítica sobre sus relaciones*.
- Rocha, A. (1998). *Introducción a la Hidráulica Fluvial* (Primera edición). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rystedt, B. (2015). *El mundo de los mapas* (F. Ormeling & B. Rystedt, Eds.).
- Villón, M. G. (2012). *HidroEsta 2 Cálculos Hidrológicos: Manual del Usuario* (Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico, Ed.; Primera edición). Instituto Tecnológico de Costa Rica. <http://www.maxvillon.webs.com>
- Zamora, S. (2004). *Estudio Teórico - Experimental de algunos tipos de Resalto Hidráulicos y Curva de Remanso* [Proyecto de fin de carrera]. Universidad Politécnica de Cartagena.

LINKOGRAFÍA

- Acosta, P. M., & Sierra, L. X. (2013). Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste. *Facultad de Ingeniería*, 22, 25-33. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292013000200003&script=sci_abstract&tlng=es
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2015). *Generación del Mapa Temático de Curva Número (CN)*. www.udocz.com
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- Cotrado, N. Y. (2022). *Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35629>
- Espinoza, A. M. (2020). *Análisis de la dinámica fluvial en el sector del coliseo Jefferson Pérez mediante modelación bidimensional* [Tesis de pregrado, Universidad De Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34535>
- Juculaca, L. C. (2021). *Identificación de zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia De Tacna*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/59814>
- López, J., González, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J., & Gimena, F. (2012). Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca de río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativas. *Obras y Proyectos*, 12, 15-30. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000200002
- Organización de los Estados Americanos (OEA). (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/begin.htm>
- Pérez, J. I., Escobar, J. R., & Fragozo, J. M. (2018). Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha-Colombia. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-157. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000400143>
- Pértegas, S., & Pita, S. (2001). La distribución normal. En *Cad Aten Primaria* (Vol. 8). www.fisterra.com
- Villón, M. G. (2012). *HidroEsta 2 Cálculos Hidrológicos: Manual del Usuario* (Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico, Ed.; Primera edición). Instituto Tecnológico de Costa Rica. <http://www.maxvillon.webs.com>

ANEXOS

Anexo 1

Solicitud dirigida al SENAMHI para obtención de datos de la estación Namora

PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES /TESISTAS - DIRECCIÓN ZONAL

Señor(a)
DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI

Presente.-

Cristian Ronaldo Saldaña Castrejón

(Nombre y Apellidos)

Jr. 2 de mayo # 1015 21

(Dirección)

con N° DNI: 70806490 Telf.: 970202057 E-mail: cristian.rsc1@gmail.com

Universidad/ Instituto: Universidad Nacional de Cajamarca

Carrera/ Profesión: Ingeniería Civil

Ante usted me presento y expongo;

Que, (detallar el estudio o proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

Como parte fundamental para mi proyecto de tesis:
Zonificación de áreas inundables por máximas avenidas de la quebrada Sovin Mayo en la localidad de Namora- Cajamarca

Solicito la siguiente información:

ESTACION/ZONA	PARAMETROS	PERÍODOS
Namora	Precipitación máxima mensual de 24 horas.	1979 - 2022

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico: cristian.rsc1@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Jueves, 11 de mayo del 2013


Firma del Usuario

Anexo 2.
Base de datos
Información brindada por el SENAMHI

CO. NAMORA

UBICACIÓN POLÍTICA:
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : CAJAMARCA
DISTRITO : NAMORA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:
LATITUD : 07° 12' 02" Sur
LONGITUD : 78° 19' 40" Oeste
ALTITUD : 2760 m.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1979	33.1	44.1	18.3	14.1	7.3	1.3	8.8	11.1	21.8	6.5	11.8	17.2
1980	12.1	14.3	27.0	11.3	22.1	2.1	0.0	6.8	3.3	25.8	22.0	9.3
1981	27.3	19.6	4.8	12.2	13.6	S/D	0.0	12.2	9.3	15.7	7.1	12.2
1982	15.8	11.2	10.3	11.7	10.2	0.0	8.8	0.0	8.5	14.4	33.8	33.2
1983	34.4	8.5	16.0	35.2	18.5	9.9	4.3	10.8	0.0	17.8	13.1	10.3
1984	4.6	31.3	34.2	23.2	22.3	6.3	9.3	8.5	0.0	40.8	33.0	11.2
1985	8.2	21.3	22.6	32.1	21.0	3.5	22.1	14.1	11.6	8.0	10.4	13.4
1986	16.0	12.0	34.2	19.7	16.1	0.0	2.1	3.5	2.5	17.8	13.0	14.9
1987	S/D	28.3	16.4	19.8	4.9	3.3	3.7	6.3	13.3	S/D	S/D	S/D
1988	33.3	23.5	13.3	22.1	5.6	4.5	0.0	0.0	13.9	17.7	22.2	S/D
1988	32.7	26.2	20.7	49.5	13.3	0.9	0.0	1.8	4.7	19.6	16.7	17.4
1999	16.4	31.9	40.9	15.4	26.1	9.5	2.6	1.0	21.6	13.9	9.7	13.8
2000	10.1	21.2	39.1	15.2	34.8	5.6	1.6	16.4	10.8	11.2	14.8	30.4
2001	23.5	20.1	24.1	12.7	19.5	0.2	2.7	0.0	7.0	27.0	22.8	26.7
2002	13.6	24.0	31.6	24.7	8.1	3.1	6.5	3.5	19.9	25.2	9.9	19.6
2003	16.5	27.0	22.9	16.8	6.8	11.7	2.3	5.4	4.6	15.5	31.0	17.6
2004	25.4	19.4	14.3	14.4	15.4	3.4	3.3	4.6	14.5	15.9	16.7	23.8
2005	33.3	9.5	33.6	22.6	10.7	1.0	1.4	4.4	6.1	16.3	7.3	37.2
2006	33.7	12.6	24.3	20.3	3.5	17.0	2.0	8.7	17.3	22.5	21.8	18.8
2007	29.1	14.0	28.2	18.0	18.0	0.0	3.6	6.9	16.0	24.3	31.9	27.9
2008	30.3	28.9	35.0	22.5	8.6	11.8	1.3	5.0	9.8	20.5	26.3	9.8
2009	46.5	11.5	38.6	21.2	27.1	5.9	3.9	2.1	6.5	22.2	17.4	16.6
2010	20.2	42.7	33.6	19.0	9.6	8.9	7.5	0.0	9.4	20.1	17.5	21.5
2011	23.3	25.9	32.9	42.3	2.3	0.3	5.7	1.3	13.7	7.9	10.3	17.6
2012	25.4	19.7	21.0	16.0	10.4	4.5	0.0	3.2	4.4	26.0	28.6	11.6
2013	11.8	19.1	25.5	24.7	14.5	0.4	0.7	5.3	1.1	15.6	7.7	23.9
2014	24.7	36.6	36.4	19.5	14.9	1.0	4.3	0.0	5.8	14.2	24.4	21.7
2015	30.2	19.9	23.7	20.7	31.8	0.2	3.0	0.2	2.7	5.7	23.7	8.6
2016	21.4	26.8	15.7	31.3	8.8	13.3	0.8	3.5	20.0	12.9	8.4	34.5
2017	42.9	11.8	41.0	18.7	12.2	10.6	0.0	4.2	8.2	24.1	18.3	21.9
2018	36.6	30.2	22.8	26.3	23.7	3.5	0.0	2.8	11.8	S/D	26.7	18.5
2019	8.5	24.9	28.7	20.5	12.0	3.5	1.6	0.0	12.0	15.5	13.4	26.7
2020	13.0	14.0	S/D	S/D	S/D	S/D	8.1	1.2	4.0	13.9	17.5	29.6
2021	27.3	30.8	40.2	16.6	12.4	3.9	2.5	11.3	10.0	32.9	24.8	17.7
2022	13.9	25.8	25.0	18.5	9.2	2.1	1.2	6.1	8.9	7.1	6.5	16.4

NOTA: S/D SIGNIFICA SIN DATO



Lorenza Valencia López
ESPECIALISTA ADMINISTRATIVO CONTABLE
DIRECCION ZONAL 3
SENAMHI - PERÚ

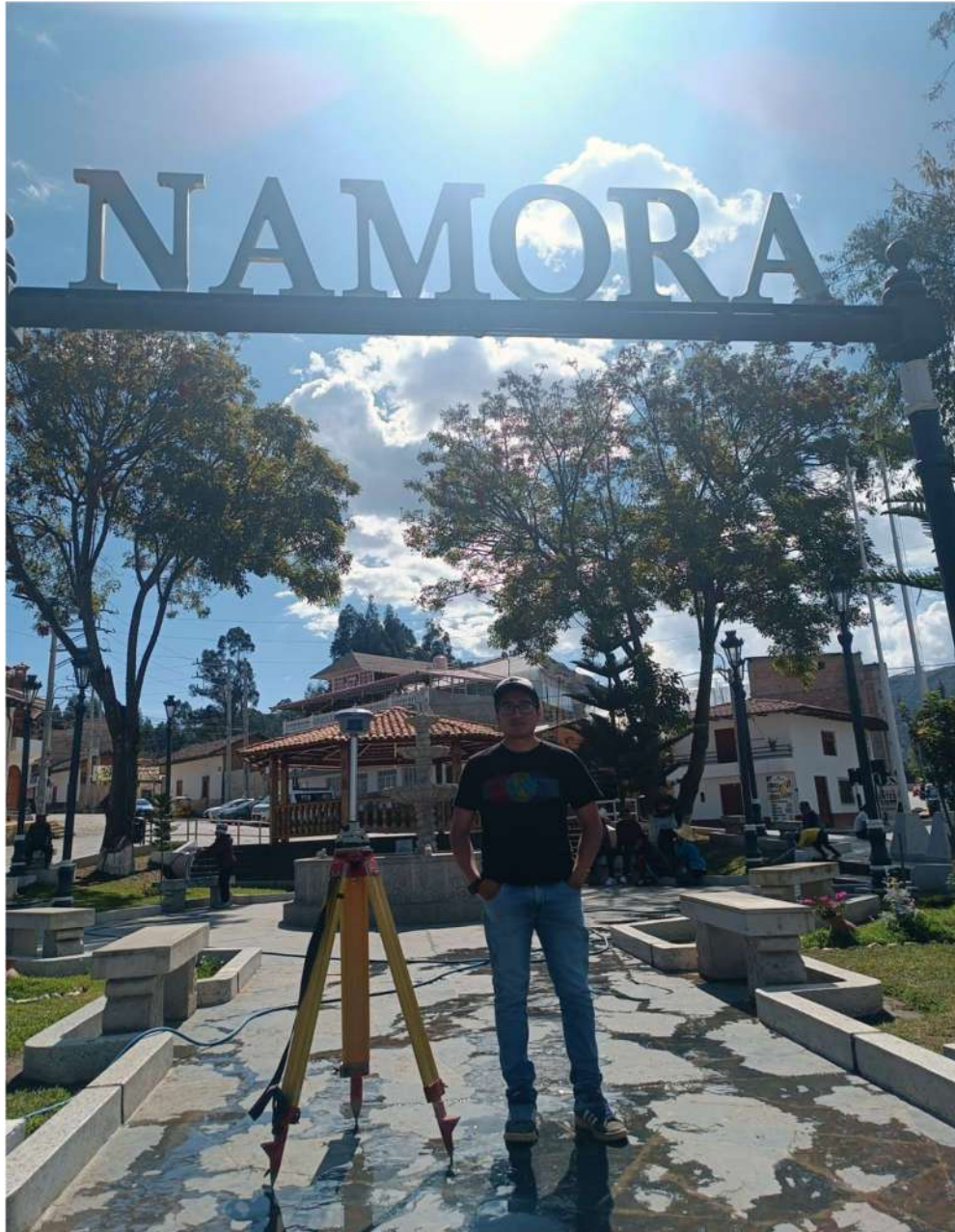
D: Pje. Jaén 121-Urb. Ramón Castilla-
Cajamarca
T: 076-364500
C: 976681616
E: lvalencia@senamhi.gob.pe
W: www.senamhi.gob.pe

Anexo 3

Panel fotográfico

Del levantamiento topográfico

Fotografía 1. *Estacionamiento de la base del GPS diferencial*



Fotografía 2. *Proceso del levantamiento de puntos topográficos*



Anexo 4. Resultados del levantamiento topográfico

Tabla 42. Puntos obtenidos del levantamiento topográfico

Punto	Este	Norte	Altura	Descripción
0	795458.35	9203483	2769.683	Base
1	795458.81	9203482.8	2767.734	Margen izquierda
2	795512.62	9203483.9	2760.795	Quebrada
3	795522.63	9203479.2	2760.297	Quebrada
4	795523.12	9203473.4	2760.413	Quebrada
5	795526.35	9203459	2760.128	Quebrada
6	795532.22	9203445.5	2759.948	Quebrada
7	795540.23	9203431.2	2759.162	Quebrada
8	795547.82	9203410	2759.046	Quebrada
9	795540.6	9203403.9	2759.368	Margen izquierda
10	795547.56	9203399	2758.922	Margen izquierda
11	795544.84	9203393.4	2758.795	Margen izquierda
12	795554.82	9203390.4	2758.765	Quebrada
13	795547.53	9203380.1	2758.477	Margen izquierda
14	795565.92	9203388.4	2758.542	Quebrada
15	795512.35	9203485.3	2760.175	Profundidad
16	795508.45	9203473	2762.063	Margen izquierda
17	795523	9203480.3	2759.877	Profundidad
18	795524.51	9203473.5	2759.706	Profundidad
19	795516.98	9203463.7	2761.442	Margen izquierda
20	795526.97	9203462.7	2759.377	Profundidad
21	795523.4	9203454.7	2760.685	Margen izquierda
22	795531.85	9203449.1	2759.187	Profundidad
23	795525.81	9203445.7	2760.869	Margen izquierda
24	795537.48	9203437.3	2758.523	Profundidad
25	795526.72	9203433.4	2760.499	Margen izquierda
26	795543.86	9203425.4	2758.346	Profundidad
27	795532.01	9203419.8	2759.966	Margen izquierda
28	795549.84	9203410.1	2758.057	Profundidad
29	795541.73	9203405.8	2759.365	Margen izquierda
30	795556.64	9203393.1	2757.658	Profundidad
31	795569.87	9203389.3	2756.959	Profundidad
32	795575.76	9203379.5	2756.633	Profundidad
33	795574.28	9203379.3	2757.732	Quebrada
34	795564.66	9203374.1	2758.212	Margen izquierda
35	795552.34	9203370.9	2758.361	Margen izquierda
36	795547.72	9203359.7	2758.084	Margen izquierda
37	795552.17	9203356.3	2758.038	Margen izquierda
38	795530.07	9203361.1	2758.605	Margen izquierda

39	795523.16	9203357	2759.308	Margen izquierda
40	795530.34	9203349.7	2759.012	Margen izquierda
41	795539.11	9203352.3	2758.415	Margen izquierda
42	795537.87	9203346.2	2758.279	Margen izquierda
43	795534.7	9203343.1	2759.079	Margen izquierda
44	795542.28	9203344	2757.821	Margen izquierda
45	795540.81	9203336.7	2758.657	Margen izquierda
46	795545.2	9203336.1	2757.77	Margen izquierda
47	795549.22	9203324.8	2757.785	Margen izquierda
48	795554.7	9203321.5	2758.013	Margen izquierda
49	795560.11	9203331.2	2757.618	Margen izquierda
50	795572.48	9203359	2757.791	Quebrada
51	795573.77	9203357.7	2756.21	Profundidad
52	795573.73	9203366.6	2757.222	Quebrada
53	795575.12	9203365.8	2756.233	Profundidad
54	795568.04	9203350.6	2757.106	Quebrada
55	795568.92	9203350	2756.03	Profundidad
56	795566.63	9203345.3	2756.762	Quebrada
57	795567.36	9203342.4	2756.865	Quebrada
58	795568.09	9203344.5	2755.854	Profundidad
59	795567.4	9203339.5	2756.433	Quebrada
60	795568.96	9203340.5	2755.888	Profundidad
61	795550.91	9203323	2757.78	Margen izquierda
62	795558.02	9203321.8	2757.73	Margen izquierda
63	795556.37	9203315.3	2758.811	Margen izquierda
64	795566.78	9203315.5	2758.457	Margen izquierda
65	795568.06	9203318	2757.81	Margen izquierda
66	795573.33	9203314.7	2758.272	Margen izquierda
67	795574.98	9203317.1	2757.639	Margen izquierda
68	795576.96	9203312.3	2758.341	Margen izquierda
69	795578.68	9203317.7	2757.351	Margen izquierda
70	795582.28	9203316.4	2757.171	Margen izquierda
71	795578.85	9203310	2758.321	Margen izquierda
72	795586	9203313.7	2756.872	Margen izquierda
73	795569.14	9203338.1	2757.121	Quebrada
74	795571.59	9203339.1	2757.131	Quebrada
75	795570.8	9203340.4	2755.684	Profundidad
76	795572.58	9203341.5	2755.608	Profundidad
77	795576.01	9203342	2755.858	Quebrada
78	795576.87	9203342.6	2755.511	Profundidad
79	795573.73	9203341	2757.115	Quebrada
80	795580.64	9203338	2756.285	Quebrada
81	795581.67	9203339.1	2755.347	Profundidad

82	795583.09	9203337.2	2755.224	Profundidad
83	795581.79	9203337.1	2755.865	Quebrada
84	795584.14	9203333.9	2755.674	Quebrada
85	795584.97	9203334.6	2755.249	Profundidad
86	795579.81	9203333	2757.09	Margen izquierda
87	795585.01	9203331.9	2756.352	Quebrada
88	795586.42	9203331.4	2755.474	Quebrada
89	795587.02	9203332.3	2754.99	Profundidad
90	795587.01	9203329.6	2756.462	Quebrada
91	795588.91	9203328.8	2755.501	Quebrada
92	795590.14	9203328.9	2755.159	Profundidad
93	795591.8	9203323.7	2754.975	Quebrada
94	795593.26	9203323.3	2754.701	Profundidad
95	795592.33	9203320.5	2756.385	Quebrada
96	795588	9203305.6	2757.086	Margen izquierda
97	795598.26	9203315.3	2755.679	Quebrada
98	795599.49	9203316.4	2754.864	Profundidad
99	795603.25	9203314.9	2754.807	Profundidad
100	795601.92	9203314.1	2755.121	Quebrada
101	795602.9	9203307.3	2756.081	Margen izquierda
102	795609.46	9203310.6	2755.145	Quebrada
103	795610.4	9203310.7	2754.434	Profundidad
104	795610.62	9203306.4	2755.692	Margen izquierda
105	795613.06	9203306.2	2754.744	Profundidad
106	795614.08	9203306.7	2754.553	Profundidad
107	795611.64	9203300.4	2754.758	Quebrada
108	795613.11	9203299.7	2754.817	Profundidad
109	795608.87	9203298.6	2755.608	Margen izquierda
110	795613.65	9203294.4	2754.97	Quebrada
111	795614.68	9203293.6	2754.371	Profundidad
112	795613.45	9203291.3	2755.365	Quebrada
113	795614.33	9203291.2	2754.849	Profundidad
114	795600.8	9203287.7	2756.146	Margen izquierda
115	795587.9	9203298.7	2757.85	Margen izquierda
116	795584.58	9203294.1	2759.151	Margen izquierda
117	795575.89	9203288.5	2758.216	Margen izquierda
118	795565.22	9203278.8	2758.542	Margen izquierda
119	795580.68	9203268	2758.707	Margen izquierda
120	795588.72	9203266.4	2757.811	Margen izquierda
121	795590.38	9203274.8	2757.121	Margen izquierda
122	795598.93	9203278.8	2756.11	Margen izquierda
123	795602.87	9203270	2755.801	Margen izquierda
124	795607.76	9203279.8	2755.374	Margen izquierda

125	795605.33	9203288.9	2754.38	Profundidad
126	795615.44	9203288.5	2754.3	Profundidad
127	795617.03	9203286.4	2754.266	Profundidad
128	795615.5	9203284.2	2754.421	Quebrada
129	795617.4	9203283.9	2754.228	Quebrada
130	795616.77	9203284.8	2754.283	Quebrada
131	795615.59	9203286.8	2754.307	Quebrada
132	795615.64	9203291.2	2755.215	Quebrada
133	795617.97	9203294.6	2755.453	Quebrada
134	795614.45	9203299.6	2754.844	Quebrada
135	795615.61	9203282.2	2754.168	Profundidad
136	795617.14	9203283.2	2754.391	Quebrada
137	795612	9203278.2	2755.169	Quebrada
138	795612.18	9203276.9	2753.874	Profundidad
139	795613.81	9203279.1	2753.777	Profundidad
140	795610.34	9203270.8	2754.247	Profundidad
141	795609.7	9203268.5	2753.873	Profundidad
142	795608.86	9203270.8	2755.374	Quebrada
143	795609.1	9203264.9	2755.775	Quebrada
144	795611.49	9203263.6	2755.476	Quebrada
145	795614.25	9203258.9	2754.88	Quebrada
146	795619.53	9203254.8	2755.142	Quebrada
147	795620.77	9203256.2	2755.126	Quebrada
148	795622.4	9203256.7	2754.083	Profundidad
149	795621.09	9203258.3	2754.154	Quebrada
150	795622.2	9203259.4	2754.709	Profundidad
151	795619.55	9203259.9	2755.061	Quebrada
152	795620.33	9203260.7	2754.346	Profundidad
153	795617.93	9203260.5	2755.006	Quebrada
154	795617.97	9203261.8	2754.446	Profundidad
155	795616.43	9203261	2755.541	Quebrada
156	795616.61	9203262	2755.374	Profundidad
157	795614.08	9203262.5	2754.663	Quebrada
158	795613.63	9203263.9	2753.816	Profundidad
159	795610.46	9203265.2	2754.151	Profundidad
160	795607.89	9203251.3	2755.001	Margen izquierda
161	795595.12	9203252.6	2755.685	Margen izquierda
162	795584.2	9203242.5	2757.831	Margen izquierda
163	795586.6	9203234	2757.389	Margen izquierda
164	795589.84	9203226.9	2757.267	Margen izquierda
165	795594.63	9203235.4	2755.838	Margen izquierda
166	795595.58	9203224.1	2755.549	Margen izquierda
167	795606.54	9203233.5	2755.152	Margen izquierda

168	795613.24	9203238.7	2754.45	Margen izquierda
169	795615.39	9203238.4	2754.087	Quebrada
170	795616.15	9203238.5	2753.04	Profundidad
171	795614.74	9203242.7	2754.394	Quebrada
172	795615.98	9203242.6	2753.136	Profundidad
173	795617.19	9203249.4	2754.987	Quebrada
174	795618.31	9203248.7	2753.781	Profundidad
175	795621.34	9203249.8	2754.491	Quebrada
176	795619.05	9203246.8	2754.409	Quebrada
177	795617.94	9203245.3	2754.327	Quebrada
178	795616.84	9203245.7	2753.722	Profundidad
179	795619.62	9203244.3	2754.976	Margen derecha
180	795616.96	9203243.4	2754.323	Quebrada
181	795621.25	9203241.8	2754.451	Margen derecha
182	795617.15	9203240.1	2754.197	Quebrada
183	795617.49	9203236.7	2753.547	Quebrada
184	795622.52	9203237.9	2755.069	Margen derecha
185	795620.06	9203235.8	2754.641	Quebrada
186	795623.15	9203234.8	2755.806	Margen derecha
187	795618.75	9203233	2757.519	Quebrada
188	795616.99	9203235.8	2752.93	Profundidad
189	795617.9	9203231.8	2751.904	Profundidad
190	795617.48	9203233.5	2752.461	Profundidad
191	795616.48	9203233	2753.933	Quebrada
192	795618.53	9203230.4	2752.739	Profundidad
193	795619.86	9203228.7	2752.985	Profundidad
194	795615.72	9203235.2	2754.593	Quebrada
195	795617.08	9203230.5	2754.378	Quebrada
196	795608.59	9203222.3	2755.398	Margen izquierda
197	795615.88	9203225.2	2754.434	Margen izquierda
198	795618.77	9203227.9	2754.211	Quebrada
199	795623.06	9203225.2	2753.388	Quebrada
200	795623.24	9203226.4	2752.627	Profundidad
201	795624.81	9203223.1	2753.287	Quebrada
202	795625.89	9203224.2	2752.55	Profundidad
203	795627.27	9203219.5	2752.94	Quebrada
204	795627.87	9203220.6	2752.457	Profundidad
205	795616.92	9203219.1	2754.061	Margen izquierda
206	795619.91	9203218	2754.008	Margen izquierda
207	795624.47	9203216.1	2753.957	Margen izquierda
208	795628.7	9203214.9	2753.786	Margen izquierda
209	795624.33	9203214.5	2753.791	Margen izquierda
210	795621.43	9203213.6	2754.023	Margen izquierda

211	795619.98	9203206.8	2754.289	Margen izquierda
212	795623.39	9203203.6	2755.151	Margen izquierda
213	795617.18	9203201	2755.661	Margen izquierda
214	795608.8	9203203.5	2756.021	Margen izquierda
215	795603.57	9203206.3	2756.223	Margen izquierda
216	795600.3	9203211.3	2756.324	Margen izquierda
217	795602.6	9203213.1	2755.38	Margen izquierda
218	795632.52	9203213.1	2753.807	Margen izquierda
219	795635.18	9203212.5	2753.685	Margen izquierda
220	795623.95	9203212.9	2753.904	Puente
221	795626.13	9203211.9	2753.886	Puente
222	795625.53	9203214	2753.878	Puente
223	795624.39	9203214.5	2753.943	Puente
224	795626.64	9203214.1	2753.987	Puente
225	795627.12	9203215.4	2753.959	Puente
226	795624.81	9203216.1	2753.977	Puente
227	795634.83	9203215.3	2752.144	Profundidad
228	795629.85	9203200.5	2755.066	Margen izquierda
229	795629.48	9203196.6	2755.401	Margen izquierda
230	795632.44	9203190.2	2755.174	Margen izquierda
231	795638.38	9203182.1	2754.326	Margen izquierda
232	795642.19	9203184.6	2753.425	Margen izquierda
233	795641.1	9203190.6	2753.384	Margen izquierda
234	795640.32	9203197.5	2753.399	Margen izquierda
235	795642.56	9203209.6	2752.905	Quebrada
236	795643.09	9203210.3	2752.085	Profundidad
237	795645.8	9203208.7	2753.348	Quebrada
238	795647.19	9203209.3	2752.437	Profundidad
239	795650.13	9203208.7	2751.884	Profundidad
240	795650.56	9203207.5	2752.609	Quebrada
241	795653.91	9203203.6	2753.187	Quebrada
242	795654.13	9203206.8	2751.981	Quebrada
243	795656.5	9203203.2	2752.839	Quebrada
244	795655.4	9203203.3	2751.79	Profundidad
245	795655.5	9203199.5	2751.926	Quebrada
246	795658.72	9203198.1	2751.51	Profundidad
247	795661.72	9203195.7	2751.502	Profundidad
248	795659.88	9203198.8	2752.445	Quebrada
249	795658.12	9203200.5	2752.785	Quebrada
250	795664.37	9203193.2	2751.945	Quebrada
251	795663.36	9203193	2751.046	Profundidad
252	795664.27	9203189.4	2751.448	Quebrada
253	795662.75	9203187.2	2750.871	Profundidad

254	795663.73	9203187.7	2751.569	Quebrada
255	795661.6	9203187.9	2752.534	Margen izquierda
256	795658.19	9203185.1	2753.528	Margen izquierda
257	795658.86	9203181.6	2753.464	Margen izquierda
258	795659.15	9203178.1	2753.723	Margen izquierda
259	795661.36	9203175.3	2753.412	Margen izquierda
260	795652.57	9203176.5	2754.75	Margen izquierda
261	795651.96	9203170.5	2755.391	Margen izquierda
262	795658.07	9203166.7	2754.797	Margen izquierda
263	795662.86	9203162.6	2753.998	Margen izquierda
264	795671.8	9203162.6	2753.46	Margen izquierda
265	795666.8	9203172.1	2752.913	Margen izquierda
266	795663.73	9203181.4	2750.787	Profundidad
267	795661.26	9203182.7	2751.009	Quebrada
268	795662.12	9203181.7	2750.918	Quebrada
269	795666.4	9203180	2750.95	Profundidad
270	795665.91	9203179.1	2751.434	Quebrada
271	795667.37	9203180.4	2750.808	Quebrada
272	795670.48	9203177.6	2750.865	Quebrada
273	795670.8	9203178.4	2750.558	Profundidad
274	795671.56	9203179.3	2750.8	Quebrada
275	795672.44	9203178	2750.47	Profundidad
276	795675.02	9203176.6	2750.729	Quebrada
277	795673.22	9203177.9	2750.468	Profundidad
278	795672.49	9203176.9	2750.792	Quebrada
279	795664.43	9203173.8	2752.77	Margen izquierda
280	795666.34	9203173.4	2752.652	Margen izquierda
281	795670.96	9203171.6	2752.557	Margen izquierda
282	795676.42	9203172.1	2752.431	Margen izquierda
283	795679.31	9203165.7	2752.492	Margen izquierda
284	795683.37	9203171.9	2752.808	Margen izquierda
285	795681.17	9203175.9	2751.898	Quebrada
286	795677.14	9203176	2751.945	Quebrada
287	795678.8	9203176.3	2750.475	Profundidad
288	795678.48	9203175.5	2750.637	Quebrada
289	795678.81	9203177.1	2750.351	Quebrada
290	795682.67	9203177.8	2750.428	Profundidad
291	795682.84	9203177.1	2750.654	Quebrada
292	795682.56	9203178.7	2750.347	Quebrada
293	795687.1	9203178.7	2750.165	Profundidad
294	795686.29	9203179.7	2750.729	Quebrada
295	795687.37	9203177.7	2750.321	Quebrada
296	795689.31	9203179.9	2750.112	Quebrada

297	795689.78	9203178	2750.21	Quebrada
298	795691.99	9203180.1	2750.413	Quebrada
299	795691.86	9203179.1	2750.153	Profundidad
300	795691.82	9203178.3	2750.465	Quebrada
301	795696.13	9203178.4	2750.379	Quebrada
302	795698.04	9203179.7	2750.29	Profundidad
303	795695.85	9203180.4	2750.29	Quebrada
304	795694.5	9203180.3	2750.352	Quebrada
305	795697.6	9203177.9	2750.892	Quebrada
306	795687.47	9203176.5	2751.912	Margen izquierda
307	795690.93	9203176.4	2751.896	Margen izquierda
308	795682.52	9203172.8	2752.973	Margen izquierda
309	795681.41	9203174.2	2752.127	Margen izquierda
310	795689.94	9203174	2752.994	Margen izquierda
311	795690.62	9203170.2	2752.845	Margen izquierda
312	795695.14	9203172.3	2752.843	Margen izquierda
313	795701	9203171.4	2752.971	Margen izquierda
314	795701.83	9203169.5	2753.079	Margen izquierda
315	795704.04	9203164	2752.803	Margen izquierda
316	795706.04	9203165.6	2751.358	Margen izquierda
317	795703.24	9203162.5	2750.918	Margen izquierda
318	795706.59	9203157.7	2750.311	Margen izquierda
319	795700.46	9203156.4	2749.275	Quebrada
320	795701.12	9203155.3	2748.887	Profundidad
321	795702.31	9203155	2749.787	Quebrada
322	795702.8	9203156.9	2749.449	Quebrada
323	795700.39	9203158.1	2749.285	Quebrada
324	795702.6	9203159.4	2749.683	Quebrada
325	795701.77	9203160.5	2749.532	Quebrada
326	795706.21	9203162.8	2749.451	Profundidad
327	795707.33	9203165.3	2749.559	Quebrada
328	795709.54	9203165.6	2749.419	Profundidad
329	795708.6	9203166.6	2749.796	Quebrada
330	795710.74	9203168.7	2749.648	Profundidad
331	795709.63	9203170.9	2750.886	Quebrada
332	795706.74	9203172.9	2751.47	Profundidad
333	795706.45	9203172.2	2752.526	Quebrada
334	795705.86	9203175.9	2751.945	Quebrada
335	795704.65	9203174.8	2749.823	Profundidad
336	795706.98	9203176.1	2751.125	Margen izquierda
337	795705.05	9203177.8	2751.22	Margen izquierda
338	795703.12	9203178.6	2751.285	Margen izquierda
339	795700.89	9203178.3	2750.341	Quebrada

340	795700.91	9203177.3	2750.128	Profundidad
341	795701.48	9203175.5	2750.183	Quebrada
342	795699.66	9203179.3	2750.227	Quebrada
343	795697.83	9203178.9	2750.133	Profundidad
344	795699.08	9203177.3	2750.323	Quebrada
345	795724.78	9203155.4	2751.715	Margen derecha
346	795723.2	9203160.9	2751.278	Margen derecha
347	795717.76	9203161.6	2751.171	Margen derecha
348	795716.68	9203165.2	2750.911	Margen derecha
349	795720.26	9203154.8	2750.887	Margen derecha
350	795721.66	9203147.2	2750.069	Margen derecha
351	795722.51	9203143.3	2749.805	Margen derecha
352	795716.07	9203144.6	2750.208	Margen derecha
353	795708.54	9203147.5	2750.609	Margen derecha
354	795706.11	9203150.5	2750.623	Margen derecha
355	795702.48	9203152.6	2749.261	Quebrada
356	795700.98	9203153.1	2749.035	Profundidad
357	795699.98	9203152.9	2749.509	Quebrada
358	795700.32	9203150.4	2749.136	Quebrada
359	795701.62	9203149.7	2748.761	Profundidad
360	795703.47	9203148.9	2749.021	Quebrada
361	795703.85	9203144.9	2749.637	Quebrada
362	795705.21	9203145	2748.847	Profundidad
363	795706.49	9203145.9	2748.984	Quebrada
364	795706.53	9203142.9	2748.766	Quebrada
365	795708.16	9203143.1	2748.694	Profundidad
366	795709.74	9203143.3	2748.616	Quebrada
367	795719.58	9203143.5	2753.497	Profundidad
368	795724.38	9203140	2754.34	Quebrada
369	795730.8	9203142.7	2754.352	Quebrada
370	795712.31	9203144	2754.226	Profundidad
371	795726.19	9203137.3	2753.938	Quebrada
372	795732.33	9203138.8	2753.854	Quebrada
373	795726.79	9203141.8	2752.844	Profundidad
374	795728.07	9203133.9	2752.331	Quebrada
375	795734.91	9203134.7	2752.062	Quebrada
376	795731.7	9203133.5	2747.974	Profundidad
377	795730.43	9203132.6	2748.197	Quebrada
378	795733.12	9203133.6	2748.246	Quebrada
379	795731.51	9203130.4	2747.804	Profundidad
380	795730.31	9203130.9	2748.022	Quebrada
381	795732.66	9203129.9	2747.673	Quebrada
382	795730.3	9203127.6	2747.427	Profundidad

383	795729.48	9203127.5	2747.7	Quebrada
384	795731.07	9203127	2747.488	Quebrada
385	795731.63	9203122.1	2747.406	Quebrada
386	795735.56	9203117.5	2747.403	Quebrada
387	795732.45	9203122.3	2747.148	Profundidad
388	795738.63	9203123.7	2749.055	Margen derecha
389	795738.68	9203120.7	2749.004	Margen derecha
390	795742.42	9203122.5	2749.299	Margen derecha
391	795744.46	9203125.4	2750.276	Margen derecha
392	795748.08	9203124.3	2750.4	Margen derecha
393	795749.51	9203121.5	2749.361	Margen derecha
394	795741.4	9203117.8	2748.935	Margen derecha
395	795743.66	9203117.1	2748.87	Margen derecha
396	795745.99	9203117.1	2748.546	Margen derecha
397	795750.4	9203114.8	2747.491	Profundidad
398	795752.54	9203116.1	2747.177	Quebrada
399	795745.64	9203115.8	2747.465	Quebrada
400	795744.68	9203114.2	2747.908	Profundidad
401	795749.28	9203113.4	2747.413	Quebrada
402	795741.66	9203113.4	2747.674	Quebrada
403	795740.96	9203115	2747.101	Profundidad
404	795754.54	9203112.4	2747.827	Quebrada
405	795754.87	9203114.8	2747.089	Profundidad
406	795757.22	9203115.3	2746.918	Quebrada
407	795757.01	9203113.1	2746.674	Profundidad
408	795758.27	9203113.7	2746.895	Quebrada
409	795759.11	9203110.1	2746.564	Profundidad
410	795760.77	9203109.6	2746.66	Quebrada
411	795759.42	9203107.3	2746.371	Profundidad
412	795749.66	9203106.1	2748.507	Margen izquierda
413	795754.55	9203106	2748.033	Margen izquierda
414	795753.44	9203103.2	2748.069	Margen izquierda
415	795757.22	9203103.3	2747.771	Margen izquierda
416	795759.2	9203101.1	2745.914	Profundidad
417	795759.59	9203097.8	2746.626	Quebrada
418	795759.31	9203096	2746.506	Quebrada
419	795758.15	9203097.4	2746.117	Profundidad
420	795757.45	9203097.9	2746.196	Quebrada
421	795757.44	9203093	2746.134	Quebrada
422	795756.56	9203094.7	2746.096	Profundidad
423	795755.33	9203094.5	2746.173	Quebrada
424	795752.01	9203093.7	2747.535	Margen izquierda
425	795748.48	9203097.4	2748.133	Margen izquierda

426	795754.31	9203091.9	2746.115	Quebrada
427	795754.93	9203090.9	2746.005	Profundidad
428	795755.72	9203090.1	2746.037	Quebrada
429	795755.01	9203088	2745.955	Quebrada
430	795756.31	9203087.4	2747.204	Margen derecha
431	795752.63	9203086.9	2745.806	Quebrada
432	795753.5	9203086.3	2746.005	Profundidad
433	795754.63	9203085.6	2746.064	Quebrada
434	795754.18	9203084.2	2746.065	Quebrada
435	795754.77	9203081.2	2746.01	Quebrada
436	795754.51	9203079.2	2746.023	Quebrada
437	795752.45	9203075.6	2745.967	Quebrada
438	795751.42	9203075.2	2745.93	Profundidad
439	795751.8	9203071.6	2745.931	Profundidad
440	795750.91	9203071.4	2745.876	Quebrada
441	795753.42	9203064.5	2745.715	Quebrada
442	795752.63	9203064.6	2745.688	Profundidad
443	795754.62	9203060.4	2745.862	Quebrada
444	795752.9	9203058.7	2745.543	Profundidad
445	795752.5	9203057.7	2745.504	Quebrada
446	795748.16	9203057.8	2748.972	Margen izquierda
447	795752.18	9203053.5	2749.151	Margen izquierda
448	795757.62	9203050.6	2748.909	Margen izquierda
449	795764.86	9203045.4	2748.34	Margen izquierda
450	795769.81	9203039.4	2748.045	Margen izquierda
451	795780.24	9203031.5	2747.563	Margen izquierda
452	795775.26	9203026.2	2747.024	Margen izquierda
453	795785.31	9203025.9	2747.037	Puente
454	795778.72	9203022.6	2747.135	Puente
455	795792.32	9203019.6	2746.946	Puente
456	795788.08	9203023.4	2744.109	Quebrada
457	795784.12	9203015.3	2747.138	Puente
458	795777.21	9203012.7	2746.946	Puente
459	795790.38	9203009.7	2746.776	Puente
460	795787.8	9203011.2	2743.944	Puente
461	795800.07	9202975	2745.122	Puente
462	795792.64	9202975.8	2745.102	Puente
463	795806.44	9202976.4	2745.072	Puente
464	795802.39	9202976	2742.566	Puente
465	795814.65	9202967.8	2745.016	Puente
466	795827.57	9202967.9	2745.039	Puente
467	795818.7	9202966.5	2745.018	Puente
468	795823.45	9202967.2	2742.177	Quebrada

469	795832.08	9202964.4	2744.258	Margen derecha
470	795835.74	9202960.2	2744.078	Margen derecha
471	795837.39	9202956.7	2743.865	Margen derecha
472	795840.83	9202952.7	2743.831	Margen derecha
473	795847.49	9202948.2	2743.698	Margen derecha
474	795844.02	9202950.6	2743.775	Margen derecha
475	795842.47	9202942.6	2743.636	Margen izquierda
476	795839.93	9202945.3	2743.766	Margen izquierda
477	795861.04	9202922.5	2742.08	Margen derecha
478	795845.65	9202921.8	2742.048	Margen derecha
479	795856.31	9202918.8	2742.011	Margen izquierda
480	795855.49	9202920.9	2742.092	Margen izquierda
481	795861.7	9202920.3	2742.049	Margen derecha
482	795859.16	9202927.7	2739.786	Quebrada
483	795856.37	9202931.5	2739.936	Quebrada
484	795859.93	9202932.9	2740.239	Quebrada
485	795857.36	9202938	2740.463	Quebrada
486	795852.93	9202934.4	2740.147	Profundidad
487	795852.06	9202934	2739.763	Profundidad
488	795849.2	9202939.6	2739.796	Profundidad
489	795852.67	9202942.8	2740.668	Quebrada
490	795850.67	9202947	2740.146	Quebrada
491	795849.17	9202947.3	2740.524	Quebrada
492	795845.73	9202943.4	2740.137	Profundidad
493	795844.47	9202943	2739.744	Profundidad
494	795841.68	9202945.4	2740.052	Profundidad
495	795841.69	9202948.2	2740.402	Quebrada
496	795839.36	9202950.9	2740.332	Quebrada
497	795837.61	9202951.3	2740.046	Profundidad
498	795837.01	9202951	2739.976	Quebrada
499	795839.36	9202947.9	2739.901	Quebrada
500	795841.57	9202944.8	2739.835	Quebrada
501	795848.44	9202938.5	2739.708	Quebrada
502	795858.74	9202929.7	2739.896	Quebrada
503	795858.02	9202925.6	2739.392	Profundidad
504	795856.76	9202924.2	2739.376	Quebrada
505	795858.24	9202924.4	2739.381	Profundidad
506	795857.11	9202922.3	2739.492	Quebrada
507	795858.67	9202918	2739.571	Quebrada
508	795860.34	9202919.6	2739.237	Quebrada
509	795860.5	9202914.4	2739.409	Quebrada
510	795858.95	9202912.9	2740.078	Margen izquierda
511	795859.17	9202913.1	2739.526	Margen izquierda

512	795858.32	9202912.5	2740.343	Margen izquierda
513	795861.17	9202908.9	2738.974	Quebrada
514	795858.85	9202907.2	2740.372	Margen izquierda
515	795860.2	9202903.4	2740.051	Margen izquierda
516	795863.6	9202909.9	2739.295	Quebrada
517	795862.69	9202909	2738.774	Profundidad
518	795864.11	9202904.2	2739.074	Quebrada
519	795862.56	9202904.4	2738.303	Profundidad
520	795865.06	9202899.1	2739.077	Quebrada
521	795862.68	9202898.7	2738.156	Profundidad
522	795861.79	9202898.6	2738.654	Quebrada
523	795860.73	9202898.1	2739.764	Margen izquierda
524	795862.48	9202894.2	2738.637	Quebrada
525	795863.27	9202894.3	2738.238	Profundidad
526	795864.61	9202893.3	2738.981	Quebrada
527	795862.89	9202893.1	2738.522	Quebrada
528	795860.98	9202892.4	2739.727	Margen izquierda
529	795863.25	9202888.6	2738.606	Quebrada
530	795861.74	9202888.1	2739.331	Margen izquierda
531	795864.9	9202886.1	2738.178	Quebrada
532	795863.77	9202885.9	2738.578	Quebrada
533	795862.28	9202885.4	2739.113	Margen izquierda
534	795861	9202885.1	2739.976	Margen izquierda
535	795865.79	9202885.5	2738.518	Margen derecha
536	795867.39	9202878.7	2738.61	Margen derecha
537	795864.73	9202877.7	2737.948	Quebrada
538	795867.73	9202872.6	2738.058	Quebrada
539	795866.04	9202871.6	2737.881	Profundidad
540	795864.93	9202871.5	2738.086	Quebrada
541	795863.77	9202870.5	2739.074	Margen izquierda
542	795864.22	9202875.3	2738.568	Quebrada
543	795862.92	9202875.4	2739.198	Margen izquierda
544	795866.44	9202867.3	2738.195	Quebrada
545	795864.44	9202867	2739.212	Margen izquierda
546	795867.86	9202863.4	2737.858	Quebrada
547	795866.19	9202858.7	2737.825	Quebrada
548	795864.1	9202854.4	2737.694	Quebrada
549	795864.85	9202850.1	2737.56	Quebrada
550	795865.29	9202848.3	2737.253	Quebrada
551	795862.2	9202855.7	2739.24	Margen izquierda
552	795861.07	9202858.3	2740.211	Margen izquierda
553	795863.78	9202861.1	2739.668	Margen izquierda
554	795864.09	9202856.4	2737.854	Margen izquierda

555	795864.49	9202858.5	2738.109	Margen izquierda
556	795869.51	9202870.5	2738.176	Margen derecha
557	795867.94	9202880.7	2739.034	Margen derecha
558	795869.47	9202883.6	2739.494	Margen derecha
559	795867.53	9202886.6	2739.84	Margen derecha
560	795869.18	9202891.9	2740.451	Margen derecha
561	795866.91	9202895.1	2740.722	Margen derecha
562	795868.2	9202897.5	2740.77	Margen derecha
563	795865.42	9202903.1	2741.02	Margen derecha
564	795867.82	9202907.1	2741.007	Margen derecha
565	795866.41	9202912.1	2741.469	Margen derecha
566	795866.66	9202915.8	2741.61	Margen derecha
567	795863.05	9202918.7	2741.729	Margen derecha
568	795861.71	9202923.5	2741.783	Margen derecha
569	795865.86	9202926.2	2742.979	Margen derecha
570	795860.63	9202934.7	2742.213	Margen derecha
571	795862.13	9202941.3	2743.04	Margen derecha
572	795857.77	9202942.2	2743.065	Margen derecha
573	795855.88	9202945.8	2743.695	Margen derecha
574	795849.22	9202949	2743.527	Margen derecha
575	795841.83	9202958.2	2743.842	Margen derecha
576	795772.14	9203112.2	2754.684	Margen derecha
577	795767.01	9203118.8	2751.51	Margen derecha
578	795697.84	9203190.6	2756.969	Margen derecha
579	795693.23	9203182.8	2752.585	Margen derecha
580	795692.61	9203186.3	2752.516	Margen derecha
581	795696.56	9203184.2	2752.46	Margen derecha
582	795696.18	9203187.9	2754.083	Margen derecha
583	795692.74	9203189.4	2755.217	Margen derecha
584	795684.03	9203187.9	2755.359	Margen derecha
585	795679.86	9203183.5	2753.337	Margen derecha
586	795681.11	9203179.5	2751.809	Margen derecha
587	795676.92	9203178.8	2751.907	Margen derecha
588	795675.33	9203180	2752.333	Margen derecha
589	795675.23	9203183.8	2753.361	Margen derecha
590	795667.86	9203181.4	2752.365	Margen derecha
591	795668.77	9203183.5	2752.637	Margen derecha
592	795670.5	9203187.6	2753.953	Margen derecha
593	795672.7	9203193.7	2755.532	Margen derecha
594	795674.33	9203197.5	2756.029	Margen derecha
595	795674.85	9203200	2756.227	Margen derecha
596	795669.93	9203201.4	2755.65	Margen derecha
597	795668.42	9203203.7	2756.34	Margen derecha

598	795670.94	9203206.8	2756.678	Margen derecha
599	795669.39	9203211.2	2756.981	Margen derecha
600	795669.33	9203218.4	2757.581	Margen derecha
601	795666.55	9203225.6	2758.273	Margen derecha
602	795665.16	9203227.9	2758.122	Margen derecha
603	795663.67	9203229.4	2758.358	Margen derecha
604	795660.92	9203230.9	2758.281	Margen derecha
605	795658.56	9203232.1	2758.072	Margen derecha
606	795655.88	9203234.3	2758.136	Margen derecha
607	795653.34	9203236.2	2757.945	Margen derecha
608	795649.99	9203238.4	2757.969	Margen derecha
609	795646.89	9203236.8	2757.632	Margen derecha
610	795644.74	9203239.9	2757.733	Margen derecha
611	795641.97	9203237.5	2757.601	Margen derecha
612	795638.64	9203238.9	2757.617	Margen derecha
613	795637.48	9203234.8	2757.531	Margen derecha
614	795634.2	9203235.4	2757.555	Margen derecha
615	795632.7	9203233	2757.135	Margen derecha
616	795632.43	9203237.2	2757.558	Margen derecha
617	795629.2	9203238.6	2757.26	Margen derecha
618	795626.48	9203234.7	2756.656	Margen derecha
619	795625.81	9203231.2	2755.578	Margen derecha
620	795627.82	9203228.9	2755.117	Margen derecha
621	795632.77	9203228.3	2755.476	Margen derecha
622	795637.96	9203230.1	2755.048	Margen derecha
623	795644.7	9203226.4	2754.005	Margen derecha
624	795650.37	9203222.7	2753.631	Margen derecha
625	795659.4	9203219.6	2753.305	Margen derecha
626	795660.78	9203210	2752.997	Margen derecha
627	795651.58	9203210.7	2753.317	Margen derecha
628	795642.33	9203215	2753.5	Margen derecha
629	795637.08	9203217.5	2753.638	Margen derecha
630	795627.05	9203224.5	2753.444	Margen derecha
631	795625.47	9203229.5	2755.294	Margen derecha
632	795623.46	9203229.8	2754.481	Margen derecha
633	795625.12	9203232.5	2755.945	Margen derecha
634	795625.23	9203244.4	2757.773	Margen derecha
635	795627.43	9203250.6	2757.714	Margen derecha
636	795631.87	9203256.4	2757.938	Margen derecha
637	795633.5	9203260.5	2758.51	Margen derecha
638	795638.66	9203269.2	2758.844	Margen derecha
639	795633.95	9203278.8	2758.944	Margen derecha
640	795635.32	9203279.4	2759.145	Margen derecha

641	795621.57	9203271.1	2755.124	Margen derecha
642	795627.3	9203269	2754.898	Margen derecha
643	795626.18	9203261.8	2754.894	Margen derecha
644	795620.62	9203265.3	2754.922	Margen derecha
645	795619.74	9203271.5	2755.174	Margen derecha
646	795613.84	9203270.4	2755.032	Margen derecha
647	795623.36	9203280.6	2758.855	Margen derecha
648	795624.16	9203291.8	2759.38	Margen derecha
649	795627.72	9203293.4	2759.54	Margen derecha
650	795628.24	9203297.7	2759.64	Margen derecha
651	795630	9203301.6	2760.314	Margen derecha
652	795629.17	9203306.1	2761.154	Margen derecha
653	795627.9	9203313.7	2760.945	Margen derecha
654	795621.42	9203315.4	2759.52	Margen derecha
655	795617.93	9203312.2	2757.686	Margen derecha
656	795613.66	9203311.8	2756.685	Margen derecha
657	795608.68	9203316.5	2757.752	Margen derecha
658	795613.34	9203322	2759.872	Margen derecha
659	795607.01	9203320.6	2758.091	Margen derecha
660	795598.8	9203320.6	2756.408	Margen derecha
661	795601.87	9203318.8	2756.415	Margen derecha
662	795596.71	9203324.5	2756.766	Margen derecha
663	795596.02	9203327.7	2756.822	Margen derecha
664	795592.33	9203331.3	2756.849	Margen derecha
665	795593.71	9203333.6	2758.707	Margen derecha
666	795588.88	9203333.6	2756.602	Margen derecha
667	795587.61	9203335.2	2756.545	Margen derecha
668	795585.71	9203337.9	2755.907	Margen derecha
669	795585.66	9203335.1	2755.354	Quebrada
670	795591.1	9203340.2	2760.948	Margen derecha
671	795600.97	9203337.3	2761.036	Margen derecha
672	795584.97	9203345.3	2761.392	Margen derecha
673	795583.98	9203348.4	2761.717	Margen derecha
674	795578.46	9203352	2761.522	Margen derecha
675	795582.89	9203339.7	2757.251	Margen derecha
676	795581.93	9203341.6	2757.472	Margen derecha
677	795578.46	9203343.6	2757.384	Margen derecha
678	795572.49	9203342.5	2757.266	Margen derecha
679	795573.53	9203346.3	2757.554	Margen derecha
680	795593.45	9203359.4	2762.024	Margen derecha
681	795584.57	9203360.8	2762.256	Margen derecha
682	795583.68	9203370.1	2763.087	Margen derecha
683	795589.23	9203378.6	2763.334	Margen derecha

684	795585.82	9203387	2763.504	Margen derecha
685	795591.26	9203399.1	2765.728	Margen derecha
686	795583.42	9203411.1	2765.665	Margen derecha
687	795580.8	9203409.9	2764.171	Margen derecha
688	795569.24	9203403.4	2763.848	Margen derecha
689	795568.29	9203393.2	2758.987	Margen derecha
690	795571.65	9203392.7	2758.467	Margen derecha
691	795572.27	9203390.5	2757.611	Quebrada
692	795574.16	9203389.5	2757.9	Margen derecha
693	795573.63	9203388	2757.735	Margen derecha
694	795572.44	9203389.7	2757.396	Quebrada
695	795566.4	9203392.4	2758.464	Margen derecha
696	795564.7	9203392.1	2758.372	Margen derecha
697	795564.71	9203394.7	2759.912	Margen derecha
698	795563.89	9203401.2	2764.237	Margen derecha
699	795563.8	9203407	2764.443	Margen derecha
700	795558.4	9203410.8	2764.642	Margen derecha
701	795560.33	9203418.1	2765.112	Margen derecha
702	795553.61	9203423.1	2764.318	Margen derecha
703	795554.38	9203433.2	2765.338	Margen derecha
704	795554.7	9203439.2	2766.366	Margen derecha
705	795558.83	9203436.7	2766.476	Margen derecha
706	795544.48	9203427.9	2759.108	Margen derecha
707	795541.51	9203435.1	2758.481	Margen derecha
708	795541.43	9203440.1	2759.72	Margen derecha
709	795538.94	9203438.8	2758.832	Quebrada
710	795538.6	9203444.3	2759.698	Margen derecha
711	795536.46	9203443.7	2758.634	Quebrada
712	795536.94	9203448.8	2760.366	Margen derecha
713	795533.56	9203447.9	2759.313	Quebrada
714	795530.7	9203455.7	2760.189	Margen derecha
715	795534.89	9203455.9	2761.868	Margen derecha
716	795531.73	9203464.2	2761.037	Margen derecha
717	795528.56	9203466.3	2760.436	Margen derecha
718	795527.36	9203466.1	2759.842	Quebrada
719	795530.4	9203469.4	2761.387	Margen derecha
720	795527.43	9203470.8	2760.065	Margen derecha
721	795528.64	9203473.2	2760.414	Margen derecha
722	795527.19	9203477.3	2760.393	Margen derecha
723	795529.67	9203480.4	2762.081	Margen derecha
724	795526.97	9203482.5	2761.39	Margen derecha
725	795522.81	9203482	2759.57	Quebrada
726	795519.51	9203485.5	2761.566	Margen derecha

727	795515.43	9203484.7	2761.025	Margen derecha
728	795510.51	9203489.8	2760.287	Quebrada
729	795510	9203489	2760.164	Profundidad
730	795490.12	9203493.8	2761.06	Quebrada
731	795488.84	9203492.4	2760.584	Profundidad
732	795488.82	9203493.2	2760.573	Quebrada
733	795485.13	9203494.2	2760.541	Quebrada
734	795484.7	9203493.6	2760.411	Profundidad
735	795483.52	9203496	2760.596	Quebrada
736	795483	9203495.8	2760.424	Profundidad
737	795482.13	9203499.3	2760.529	Quebrada
738	795481.73	9203499.9	2760.651	Quebrada
739	795482.02	9203499.9	2760.596	Quebrada
740	795482.1	9203499.8	2760.563	Quebrada
741	795481.03	9203500.4	2760.55	Profundidad
742	795481.43	9203500.5	2760.813	Quebrada
743	795480.48	9203500	2760.667	Quebrada
744	795483.6	9203502.9	2761.242	Quebrada
745	795484.56	9203502.5	2760.671	Quebrada
746	795484.13	9203502.7	2760.605	Profundidad
747	795488.03	9203506.7	2761.21	Quebrada
748	795487.6	9203507.1	2760.781	Profundidad
749	795487.29	9203507.5	2761.244	Quebrada
750	795488.75	9203511.7	2760.85	Profundidad
751	795488.37	9203511.6	2761.191	Quebrada
752	795489.11	9203511.9	2761.16	Quebrada
753	795486.85	9203521.1	2761.063	Profundidad
754	795486.15	9203521.1	2761.41	Quebrada
755	795487.6	9203520.8	2760.979	Quebrada
756	795481.9	9203527.1	2762.992	Puente
757	795481.73	9203529.3	2762.994	Puente
758	795485.64	9203529.8	2763.024	Puente
759	795485.96	9203527.8	2763.116	Puente
760	795481.18	9203524	2762.427	Margen derecha
761	795475.86	9203522.8	2762.095	Margen derecha
762	795475.14	9203515.6	2761.616	Margen derecha
763	795474.72	9203515.4	2761.002	Quebrada
764	795474.38	9203515	2760.91	Profundidad
765	795474.09	9203514.5	2761.00	Quebrada
766	795474.3	9203509.1	2761.734	Margen derecha
767	795477.51	9203506	2760.729	Quebrada
768	795477.87	9203506.1	2760.675	Profundidad
769	795478.44	9203506	2760.807	Quebrada

770	795477.82	9203500.5	2761.451	Margen izquierda
771	795473.34	9203497.3	2761.802	Margen izquierda
772	795472.29	9203493.2	2763.183	Margen izquierda
773	795475.33	9203488.6	2764.902	Margen izquierda
774	795458.37	9203482.9	2767.742	Margen izquierda

Anexo 5. Resultados de la fotogrametría

Figura 115. *Unión de las 767 fotos aéreas de la localidad de Namora*



Anexo 6. Resultados del análisis de distribuciones estadísticas

Tabla 43 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Normal.

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0752	0.0794	0.0474
2	25.5	0.0556	0.0774	0.0816	0.0219
3	25.8	0.0833	0.0845	0.0888	0.0011
4	27	0.1111	0.1174	0.1222	0.0063
5	27	0.1389	0.1174	0.1222	0.0215
6	27.3	0.1667	0.1269	0.1318	0.0397
7	28.3	0.1944	0.1624	0.1673	0.032
8	28.6	0.2222	0.1742	0.1791	0.048
9	28.7	0.25	0.1783	0.1832	0.0717
10	29.6	0.2778	0.2174	0.222	0.0604
11	31	0.3056	0.2871	0.2909	0.0185
12	31.6	0.3333	0.3199	0.3232	0.0135
13	31.8	0.3611	0.3311	0.3343	0.03
14	31.9	0.3889	0.3368	0.3399	0.0521
15	32.1	0.4167	0.3483	0.3512	0.0683
16	33.3	0.4444	0.4199	0.4215	0.0245
17	33.7	0.4722	0.4445	0.4456	0.0277
18	33.8	0.5	0.4507	0.4517	0.0493
19	34.2	0.5278	0.4756	0.4761	0.0522
20	34.5	0.5556	0.4943	0.4944	0.0613
21	35	0.5833	0.5255	0.525	0.0578
22	35.2	0.6111	0.5379	0.5372	0.0732
23	36.6	0.6389	0.6234	0.621	0.0155
24	36.6	0.6667	0.6234	0.621	0.0433
25	37.2	0.6944	0.6584	0.6554	0.036
26	39.1	0.7222	0.7598	0.7553	0.0375
27	40.2	0.75	0.8099	0.8051	0.0599
28	40.8	0.7778	0.8344	0.8295	0.0566
29	40.9	0.8056	0.8382	0.8333	0.0327
30	42.3	0.8333	0.8861	0.8814	0.0528
31	42.7	0.8611	0.8978	0.8931	0.0366
32	42.9	0.8889	0.9032	0.8987	0.0143
33	44.1	0.9167	0.9316	0.9276	0.0149
34	46.5	0.9444	0.9688	0.9661	0.0244
35	49.5	0.9722	0.9902	0.9889	0.018

Tabla 44 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Normal 2 parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0545	0.06	0.0267
2	25.5	0.0556	0.0569	0.0625	0.0013
3	25.8	0.0833	0.0646	0.0705	0.0187
4	27	0.1111	0.1024	0.1093	0.0087
5	27	0.1389	0.1024	0.1093	0.0365
6	27.3	0.1667	0.1136	0.1207	0.0531
7	28.3	0.1944	0.1561	0.1634	0.0383
8	28.6	0.2222	0.1703	0.1776	0.0519
9	28.7	0.25	0.1752	0.1825	0.0748
10	29.6	0.2778	0.2223	0.2291	0.0555
11	31	0.3056	0.3046	0.3099	0.001
12	31.6	0.3333	0.3422	0.3467	0.0089
13	31.8	0.3611	0.355	0.3592	0.0061
14	31.9	0.3889	0.3615	0.3654	0.0274
15	32.1	0.4167	0.3744	0.378	0.0423
16	33.3	0.4444	0.4525	0.4539	0.0081
17	33.7	0.4722	0.4785	0.4792	0.0063
18	33.8	0.5	0.485	0.4854	0.015
19	34.2	0.5278	0.5107	0.5104	0.0171
20	34.5	0.5556	0.5298	0.5289	0.0258
21	35	0.5833	0.561	0.5592	0.0223
22	35.2	0.6111	0.5733	0.5711	0.0378
23	36.6	0.6389	0.6548	0.6505	0.0159
24	36.6	0.6667	0.6548	0.6505	0.0118
25	37.2	0.6944	0.687	0.6819	0.0074
26	39.1	0.7222	0.7765	0.7697	0.0543
27	40.2	0.75	0.8192	0.812	0.0692
28	40.8	0.7778	0.8398	0.8325	0.062
29	40.9	0.8056	0.843	0.8357	0.0375
30	42.3	0.8333	0.8832	0.8761	0.0499
31	42.7	0.8611	0.893	0.8861	0.0319
32	42.9	0.8889	0.8977	0.8908	0.0088
33	44.1	0.9167	0.9221	0.9158	0.0055
34	46.5	0.9444	0.9564	0.9514	0.0119
35	49.5	0.9722	0.9799	0.9768	0.0077

Tabla 45 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Normal 3 parámetros

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	25.4	0.0278	-1.7927	0.0365	0.0087
2	25.5	0.0556	-1.7626	0.039	0.0166
3	25.8	0.0833	-1.6738	0.0471	0.0363
4	27	0.1111	-1.3436	0.0895	0.0216
5	27	0.1389	-1.3436	0.0895	0.0493
6	27.3	0.1667	-1.2665	0.1027	0.064
7	28.3	0.1944	-1.0233	0.1531	0.0414
8	28.6	0.2222	-0.9542	0.17	0.0522
9	28.7	0.25	-0.9315	0.1758	0.0742
10	29.6	0.2778	-0.7347	0.2313	0.0465
11	31	0.3056	-0.4526	0.3254	0.0199
12	31.6	0.3333	-0.3396	0.3671	0.0338
13	31.8	0.3611	-0.3028	0.381	0.0199
14	31.9	0.3889	-0.2846	0.388	0.0009
15	32.1	0.4167	-0.2486	0.4018	0.0148
16	33.3	0.4444	-0.0411	0.4836	0.0392
17	33.7	0.4722	0.0249	0.5099	0.0377
18	33.8	0.5	0.0412	0.5164	0.0164
19	34.2	0.5278	0.1054	0.542	0.0142
20	34.5	0.5556	0.1527	0.5607	0.0051
21	35	0.5833	0.2298	0.5909	0.0075
22	35.2	0.6111	0.2601	0.6026	0.0085
23	36.6	0.6389	0.4637	0.6786	0.0397
24	36.6	0.6667	0.4637	0.6786	0.0119
25	37.2	0.6944	0.5469	0.7078	0.0133
26	39.1	0.7222	0.7956	0.7869	0.0646
27	40.2	0.75	0.9305	0.8239	0.0739
28	40.8	0.7778	1.0015	0.8417	0.0639
29	40.9	0.8056	1.0132	0.8445	0.039
30	42.3	0.8333	1.1719	0.8794	0.0461
31	42.7	0.8611	1.2157	0.888	0.0268
32	42.9	0.8889	1.2374	0.892	0.0031
33	44.1	0.9167	1.3642	0.9137	0.0029
34	46.5	0.9444	1.6023	0.9455	0.001
35	49.5	0.9722	1.8752	0.9696	0.0026

Tabla 46 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gamma de 2 parámetros.

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0598	0.0575	0.032
2	25.5	0.0556	0.0622	0.0602	0.0067
3	25.8	0.0833	0.07	0.0688	0.0133
4	27	0.1111	0.1078	0.1104	0.0033
5	27	0.1389	0.1078	0.1104	0.0311
6	27.3	0.1667	0.1189	0.1226	0.0478
7	28.3	0.1944	0.1606	0.1682	0.0339
8	28.6	0.2222	0.1745	0.1832	0.0478
9	28.7	0.25	0.1792	0.1883	0.0708
10	29.6	0.2778	0.2249	0.2371	0.0528
11	31	0.3056	0.3047	0.3204	0.0009
12	31.6	0.3333	0.3413	0.3578	0.008
13	31.8	0.3611	0.3537	0.3704	0.0074
14	31.9	0.3889	0.3599	0.3767	0.0289
15	32.1	0.4167	0.3725	0.3893	0.0442
16	33.3	0.4444	0.4488	0.4651	0.0043
17	33.7	0.4722	0.4743	0.49	0.002
18	33.8	0.500	0.4806	0.4962	0.0194
19	34.2	0.5278	0.5059	0.5208	0.0219
20	34.5	0.5556	0.5247	0.5389	0.0309
21	35	0.5833	0.5556	0.5685	0.0277
22	35.2	0.6111	0.5678	0.5802	0.0434
23	36.6	0.6389	0.6491	0.6571	0.0102
24	36.6	0.6667	0.6491	0.6571	0.0176
25	37.2	0.6944	0.6815	0.6875	0.013
26	39.1	0.7222	0.7722	0.772	0.05
27	40.2	0.75	0.816	0.8128	0.066
28	40.8	0.7778	0.8371	0.8326	0.0593
29	40.9	0.8056	0.8405	0.8357	0.0349
30	42.3	0.8333	0.882	0.8749	0.0487
31	42.7	0.8611	0.8922	0.8846	0.031
32	42.9	0.8889	0.897	0.8892	0.0081
33	44.1	0.9167	0.9223	0.9137	0.0056
34	46.5	0.9444	0.9576	0.9492	0.0132
35	49.5	0.9722	0.9815	0.975	0.0093

Tabla 47 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gamma de 3 parámetros.

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0598	0.0575	0.032
2	25.5	0.0556	0.0622	0.0602	0.0067
3	25.8	0.0833	0.07	0.0688	0.0133
4	27	0.1111	0.1078	0.1104	0.0033
5	27	0.1389	0.1078	0.1104	0.0311
6	27.3	0.1667	0.1189	0.1226	0.0478
7	28.3	0.1944	0.1606	0.1682	0.0339
8	28.6	0.2222	0.1745	0.1832	0.0478
9	28.7	0.25	0.1792	0.1883	0.0708
10	29.6	0.2778	0.2249	0.2371	0.0528
11	31	0.3056	0.3047	0.3204	0.0009
12	31.6	0.3333	0.3413	0.3578	0.008
13	31.8	0.3611	0.3537	0.3704	0.0074
14	31.9	0.3889	0.3599	0.3767	0.0289
15	32.1	0.4167	0.3725	0.3893	0.0442
16	33.3	0.4444	0.4488	0.4651	0.0043
17	33.7	0.4722	0.4743	0.49	0.002
18	33.8	0.500	0.4806	0.4962	0.0194
19	34.2	0.5278	0.5059	0.5208	0.0219
20	34.5	0.5556	0.5247	0.5389	0.0309
21	35	0.5833	0.5556	0.5685	0.0277
22	35.2	0.6111	0.5678	0.5802	0.0434
23	36.6	0.6389	0.6491	0.6571	0.0102
24	36.6	0.6667	0.6491	0.6571	0.0176
25	37.2	0.6944	0.6815	0.6875	0.013
26	39.1	0.7222	0.7722	0.772	0.05
27	40.2	0.75	0.816	0.8128	0.066
28	40.8	0.7778	0.8371	0.8326	0.0593
29	40.9	0.8056	0.8405	0.8357	0.0349
30	42.3	0.8333	0.882	0.8749	0.0487
31	42.7	0.8611	0.8922	0.8846	0.031
32	42.9	0.8889	0.897	0.8892	0.0081
33	44.1	0.9167	0.9223	0.9137	0.0056
34	46.5	0.9444	0.9576	0.9492	0.0132
35	49.5	0.9722	0.9815	0.975	0.0093

Tabla 48 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0287	0.0419	0.0009
2	25.5	0.0556	0.0308	0.0445	0.0248
3	25.8	0.0833	0.0377	0.0528	0.0456
4	27	0.1111	0.0761	0.0957	0.0351
5	27	0.1389	0.0761	0.0957	0.0628
6	27.3	0.1667	0.0884	0.1089	0.0783
7	28.3	0.1944	0.1374	0.1593	0.057
8	28.6	0.2222	0.1543	0.1762	0.0679
9	28.7	0.25	0.1602	0.1821	0.0898
10	29.6	0.2778	0.2168	0.2374	0.061
11	31	0.3056	0.3153	0.3314	0.0097
12	31.6	0.3333	0.3594	0.3729	0.026
13	31.8	0.3611	0.3741	0.3868	0.013
14	31.9	0.3889	0.3815	0.3937	0.0074
15	32.1	0.4167	0.3963	0.4075	0.0204
16	33.3	0.4444	0.4831	0.4887	0.0386
17	33.7	0.4722	0.511	0.5147	0.0387
18	33.8	0.5	0.5178	0.5211	0.0178
19	34.2	0.5278	0.5448	0.5464	0.017
20	34.5	0.5556	0.5645	0.5648	0.0089
21	35	0.5833	0.5962	0.5946	0.0128
22	35.2	0.6111	0.6084	0.6061	0.0027
23	36.6	0.6389	0.6872	0.6807	0.0483
24	36.6	0.6667	0.6872	0.6807	0.0205
25	37.2	0.6944	0.717	0.7093	0.0226
26	39.1	0.7222	0.7968	0.7865	0.0746
27	40.2	0.75	0.8335	0.8227	0.0835
28	40.8	0.7778	0.8509	0.84	0.0731
29	40.9	0.8056	0.8536	0.8428	0.048
30	42.3	0.8333	0.8873	0.8769	0.054
31	42.7	0.8611	0.8956	0.8853	0.0345
32	42.9	0.8889	0.8995	0.8893	0.0106
33	44.1	0.9167	0.9201	0.9106	0.0034
34	46.5	0.9444	0.9499	0.9422	0.0054
35	49.5	0.9722	0.9722	0.9667	0

Tabla 49 Ajuste de las precipitaciones máximas a la distribución de probabilidad Log Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	25.4	0.0278	0.0124	0.0225	0.0153
2	25.5	0.0556	0.014	0.0248	0.0415
3	25.8	0.0833	0.0196	0.0325	0.0637
4	27	0.1111	0.0575	0.0784	0.0536
5	27	0.1389	0.0575	0.0784	0.0814
6	27.3	0.1667	0.0712	0.0936	0.0955
7	28.3	0.1944	0.1285	0.1537	0.066
8	28.6	0.2222	0.1487	0.1741	0.0735
9	28.7	0.25	0.1558	0.1811	0.0942
10	29.6	0.2778	0.2238	0.2474	0.0539
11	31	0.3056	0.339	0.356	0.0334
12	31.6	0.3333	0.3885	0.402	0.0552
13	31.8	0.3611	0.4048	0.4171	0.0436
14	31.9	0.3889	0.4128	0.4245	0.0239
15	32.1	0.4167	0.4288	0.4393	0.0122
16	33.3	0.4444	0.5198	0.5235	0.0754
17	33.7	0.4722	0.5479	0.5495	0.0757
18	33.8	0.5	0.5548	0.5559	0.0548
19	34.2	0.5278	0.5813	0.5805	0.0535
20	34.5	0.5556	0.6004	0.5983	0.0448
21	35	0.5833	0.6306	0.6265	0.0472
22	35.2	0.6111	0.6421	0.6373	0.031
23	36.6	0.6389	0.714	0.7053	0.0751
24	36.6	0.6667	0.714	0.7053	0.0474
25	37.2	0.6944	0.7405	0.7305	0.046
26	39.1	0.7222	0.8092	0.7971	0.087
27	40.2	0.75	0.8401	0.8276	0.0901
28	40.8	0.7778	0.8547	0.8422	0.0769
29	40.9	0.8056	0.857	0.8445	0.0514
30	42.3	0.8333	0.8853	0.8731	0.052
31	42.7	0.8611	0.8922	0.8802	0.0311
32	42.9	0.8889	0.8955	0.8836	0.0066
33	44.1	0.9167	0.9131	0.9018	0.0036
34	46.5	0.9444	0.9393	0.9295	0.0052
35	49.5	0.9722	0.9604	0.9525	0.0118

Anexo 7. Resultados para la elaboración de las curvas IDF

Tabla 50 *Intensidades para cada periodo de retorno*

Duracion D	T = 2	T = 5	T = 10	T = 25	T = 50	T = 70	T = 100	T = 200
10	85.00	102.74	118.57	143.31	165.40	177.31	190.89	220.31
20	50.54	61.09	70.50	85.21	98.34	105.43	113.50	131.00
30	37.29	45.07	52.02	62.87	72.56	77.79	83.74	96.65
40	30.05	36.32	41.92	50.67	58.48	62.69	67.49	77.89
50	25.42	30.73	35.46	42.86	49.46	53.03	57.09	65.89
60	22.17	26.80	30.93	37.38	43.14	46.25	49.79	57.47
70	19.75	23.87	27.55	33.30	38.43	41.20	44.36	51.19
80	17.87	21.60	24.93	30.13	34.77	37.28	40.13	46.31
90	16.36	19.77	22.82	27.58	31.83	34.12	36.74	42.40
100	15.12	18.27	21.09	25.48	29.41	31.53	33.95	39.18
110	14.07	17.01	19.63	23.73	27.38	29.36	31.60	36.47
120	13.18	15.93	18.39	22.23	25.65	27.50	29.61	34.17
130	12.42	15.01	17.32	20.93	24.16	25.90	27.88	32.18
140	11.74	14.19	16.38	19.80	22.85	24.50	26.37	30.44
150	11.15	13.48	15.56	18.80	21.70	23.26	25.04	28.90
160	10.63	12.84	14.82	17.91	20.67	22.16	23.86	27.54
170	10.15	12.27	14.16	17.12	19.76	21.18	22.80	26.31
180	9.73	11.76	13.57	16.40	18.93	20.29	21.84	25.21
190	9.34	11.29	13.03	15.75	18.17	19.48	20.98	24.21
200	8.99	10.86	12.54	15.15	17.49	18.75	20.18	23.29
210	8.66	10.47	12.09	14.61	16.86	18.07	19.46	22.46
220	8.37	10.11	11.67	14.11	16.28	17.46	18.79	21.69
230	8.09	9.78	11.29	13.65	15.75	16.88	18.18	20.98
240	7.84	9.47	10.93	13.22	15.25	16.35	17.60	20.32

Anexo 8. Elaboración de los hietogramas de diseño

Tabla 51 Transformación de las intensidades a profundidad

Duracion		Intensidades				Profundidad			
Horas	Min	T = 50	T = 70	T = 100	T = 200	T = 50	T = 70	T = 100	T = 200
1.0	60	43.14	46.25	49.79	57.47	43.14	46.25	49.79	57.47
2.0	120	25.65	27.50	29.61	34.17	51.31	55.00	59.21	68.34
3.0	180	18.93	20.29	21.84	25.21	56.78	60.87	65.53	75.63
4.0	240	15.25	16.35	17.60	20.32	61.01	65.41	70.42	81.27
5.0	300	12.90	13.83	14.89	17.19	64.51	69.16	74.46	85.93
6.0	360	11.25	12.06	12.99	14.99	67.52	72.39	77.93	89.94
7.0	420	10.03	10.75	11.57	13.35	70.18	75.23	80.99	93.47
8.0	480	9.07	9.72	10.47	12.08	72.56	77.79	83.74	96.65
9.0	540	8.30	8.90	9.58	11.06	74.73	80.11	86.24	99.54
10.0	600	7.67	8.22	8.85	10.22	76.72	82.25	88.54	102.19
11.0	660	7.14	7.66	8.24	9.51	78.57	84.23	90.68	104.66
12.0	720	6.69	7.17	7.72	8.91	80.30	86.08	92.67	106.96
13.0	780	6.30	6.76	7.27	8.39	81.92	87.82	94.55	109.12
14.0	840	5.96	6.39	6.88	7.94	83.45	89.47	96.32	111.16
15.0	900	5.66	6.07	6.53	7.54	84.90	91.02	97.99	113.09
16.0	960	5.39	5.78	6.22	7.18	86.29	92.50	99.58	114.93
17.0	1020	5.15	5.52	5.95	6.86	87.60	93.92	101.11	116.69
18.0	1080	4.94	5.29	5.70	6.58	88.86	95.27	102.56	118.37
19.0	1140	4.74	5.08	5.47	6.31	90.07	96.56	103.96	119.98
20.0	1200	4.56	4.89	5.26	6.08	91.24	97.81	105.30	121.53
21.0	1260	4.40	4.71	5.08	5.86	92.36	99.01	106.59	123.02
22.0	1320	4.25	4.55	4.90	5.66	93.44	100.17	107.84	124.46
23.0	1380	4.11	4.40	4.74	5.47	94.48	101.29	109.04	125.85
24.0	1440	3.98	4.27	4.59	5.30	95.49	102.37	110.21	127.19

Tabla 52 *Valores de la precipitación según método del bloque alterno*

Profundidad incremental				Intervalo	Precipitación			
T = 50	T = 70	T = 100	T = 200		T = 50	T = 70	T = 100	T = 200
43.14	46.25	49.79	57.47	0 - 1	1.01	1.08	1.17	1.35
8.16	8.75	9.42	10.87	1 - 2	1.08	1.16	1.25	1.44
5.47	5.87	6.32	7.29	2 - 3	1.16	1.25	1.34	1.55
4.23	4.54	4.89	5.64	3 - 4	1.26	1.35	1.46	1.68
3.50	3.75	4.04	4.66	4 - 5	1.38	1.48	1.59	1.84
3.01	3.23	3.47	4.01	5 - 6	1.53	1.64	1.77	2.04
2.65	2.84	3.06	3.53	6 - 7	1.73	1.85	1.99	2.30
2.38	2.55	2.75	3.17	7 - 8	1.99	2.14	2.30	2.66
2.17	2.32	2.50	2.89	8 - 9	2.38	2.55	2.75	3.17
1.99	2.14	2.30	2.66	9 - 10	3.01	3.23	3.47	4.01
1.85	1.98	2.14	2.46	10 - 11	4.23	4.54	4.89	5.64
1.73	1.85	1.99	2.30	11 - 12	8.16	8.75	9.42	10.87
1.62	1.74	1.87	2.16	12 - 13	43.14	46.25	49.79	57.47
1.53	1.64	1.77	2.04	13 - 14	5.47	5.87	6.32	7.29
1.45	1.56	1.68	1.93	14 - 15	3.50	3.75	4.04	4.66
1.38	1.48	1.59	1.84	15 - 16	2.65	2.84	3.06	3.53
1.32	1.41	1.52	1.76	16 - 17	2.17	2.32	2.50	2.89
1.26	1.35	1.46	1.68	17 - 18	1.85	1.98	2.14	2.46
1.21	1.30	1.40	1.61	18 - 19	1.62	1.74	1.87	2.16
1.16	1.25	1.34	1.55	19 - 20	1.45	1.56	1.68	1.93
1.12	1.20	1.29	1.49	20 - 21	1.32	1.41	1.52	1.76
1.08	1.16	1.25	1.44	21 - 22	1.21	1.30	1.40	1.61
1.04	1.12	1.21	1.39	22 - 23	1.12	1.20	1.29	1.49
1.01	1.08	1.17	1.35	23 - 24	1.04	1.12	1.21	1.39

Anexo 9. Resultados de los Hidrogramas SCS

Tabla 53 *Valores de los hidrogramas SCS para los cuatro periodos de retorno*

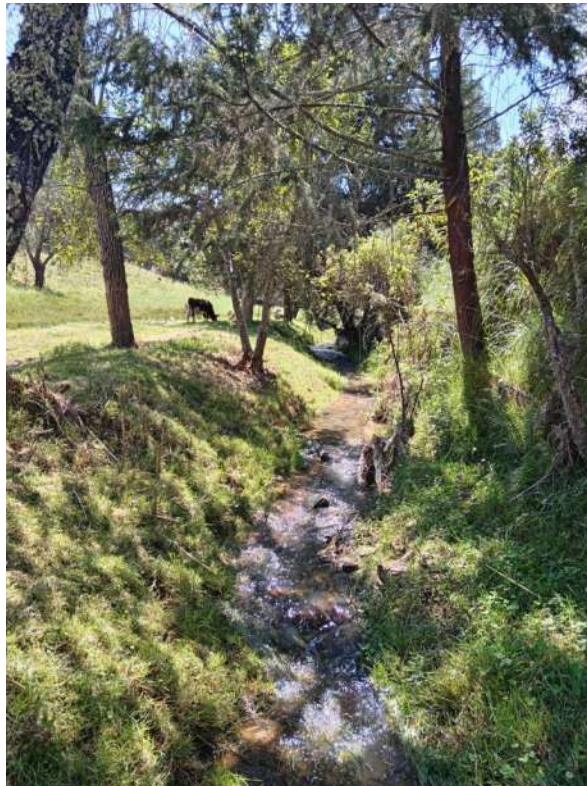
T/tp	Q/qp	T(hr)	T = 50 años	T = 70 años	T = 100 años	T = 200 años
0	0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	0.1	0.33	2.8	3.2	3.7	4.9
0.4	0.31	0.66	8.6	10.0	11.6	15.2
0.6	0.66	0.99	18.2	21.2	24.6	32.4
0.8	0.93	1.32	25.7	29.9	34.7	45.7
1	1	1.65	27.6	32.1	37.3	49.1
1.2	0.93	1.98	25.7	29.9	34.7	45.7
1.4	0.78	2.31	21.5	25.0	29.1	38.3
1.6	0.56	2.64	15.5	18.0	20.9	27.5
1.8	0.39	2.97	10.8	12.5	14.5	19.1
2	0.28	3.30	7.7	9.0	10.4	13.7
2.2	0.207	3.63	5.7	6.6	7.7	10.2
2.4	0.147	3.96	4.1	4.7	5.5	7.2
2.6	0.107	4.29	3.0	3.4	4.0	5.3
2.8	0.077	4.61	2.1	2.5	2.9	3.8
3	0.055	4.94	1.5	1.8	2.1	2.7
3.2	0.04	5.27	1.1	1.3	1.5	2.0
3.4	0.029	5.60	0.8	0.9	1.1	1.4
3.6	0.021	5.93	0.6	0.7	0.8	1.0
3.8	0.015	6.26	0.4	0.5	0.6	0.7
4	0.011	6.59	0.3	0.4	0.4	0.5
4.2	0.01	6.92	0.3	0.3	0.4	0.5
4.4	0.007	7.25	0.2	0.2	0.3	0.3
4.6	0.003	7.58	0.1	0.1	0.1	0.1
4.8	0.0015	7.91	0.0	0.0	0.1	0.1
5	0	8.24	0.0	0.0	0.0	0.0

Anexo 10. Fotografías de la zona de estudio

Fotografía 3 *Cauce de la quebrada Sarin Mayo propensa a desbordarse*



Fotografía 4 *Cauce de la quebrada Sarin Mayo que presenta desnivel*



Anexo 11. Fotografías en campo registrando los niveles de la inundación del 2013

Fotografía 5 Registro de nivel de inundación con pobladora del lugar (VRC) en punto de control de coordenadas E:795526.33 N:9203427.95



Fotografía 6 Registro de nivel de inundación con pobladora del lugar (JHP) en punto de control de coordenadas E:795533.42 N:9203354.85



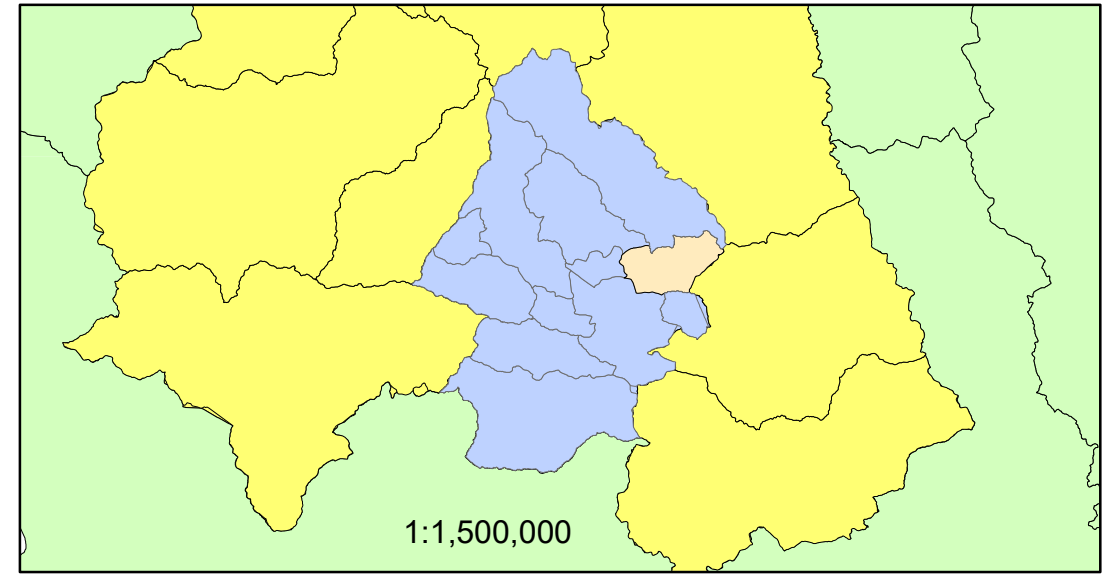
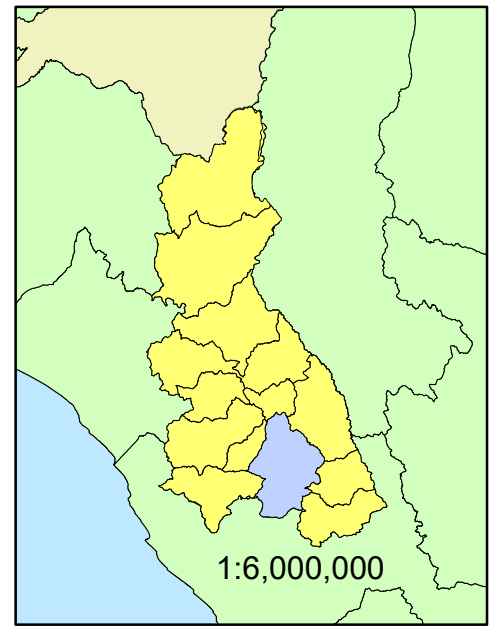
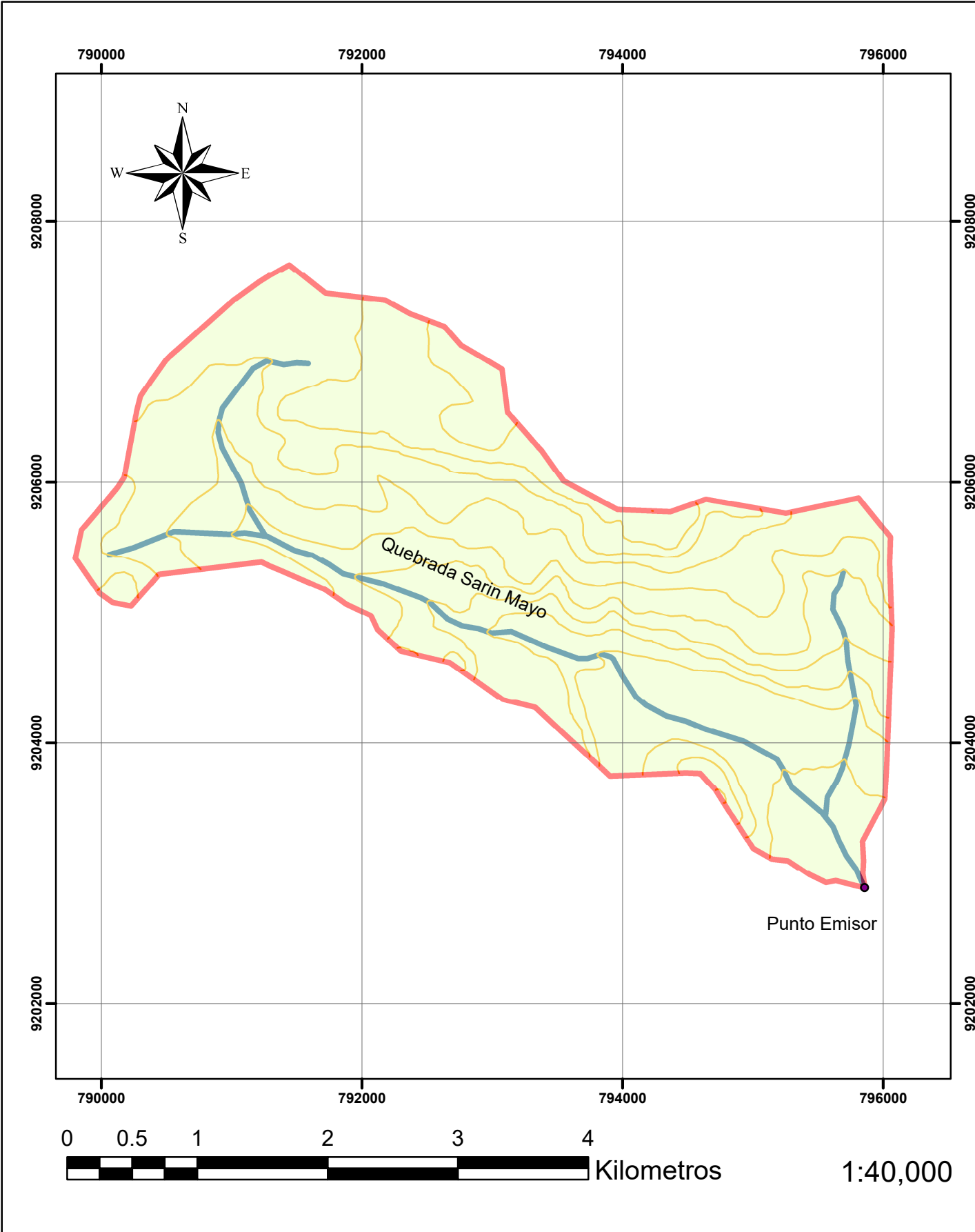
Fotografía 7 Registro de nivel de inundación con pobladora del lugar (CCM) en punto de control de coordenadas E:795593.48 N:9203254.96



Fotografía 8 Registro de nivel de inundación con poblador del lugar (AFD) en punto de control de coordenadas E:795638.34 N:9203189.85



Anexo 12.
Mapas a escala real

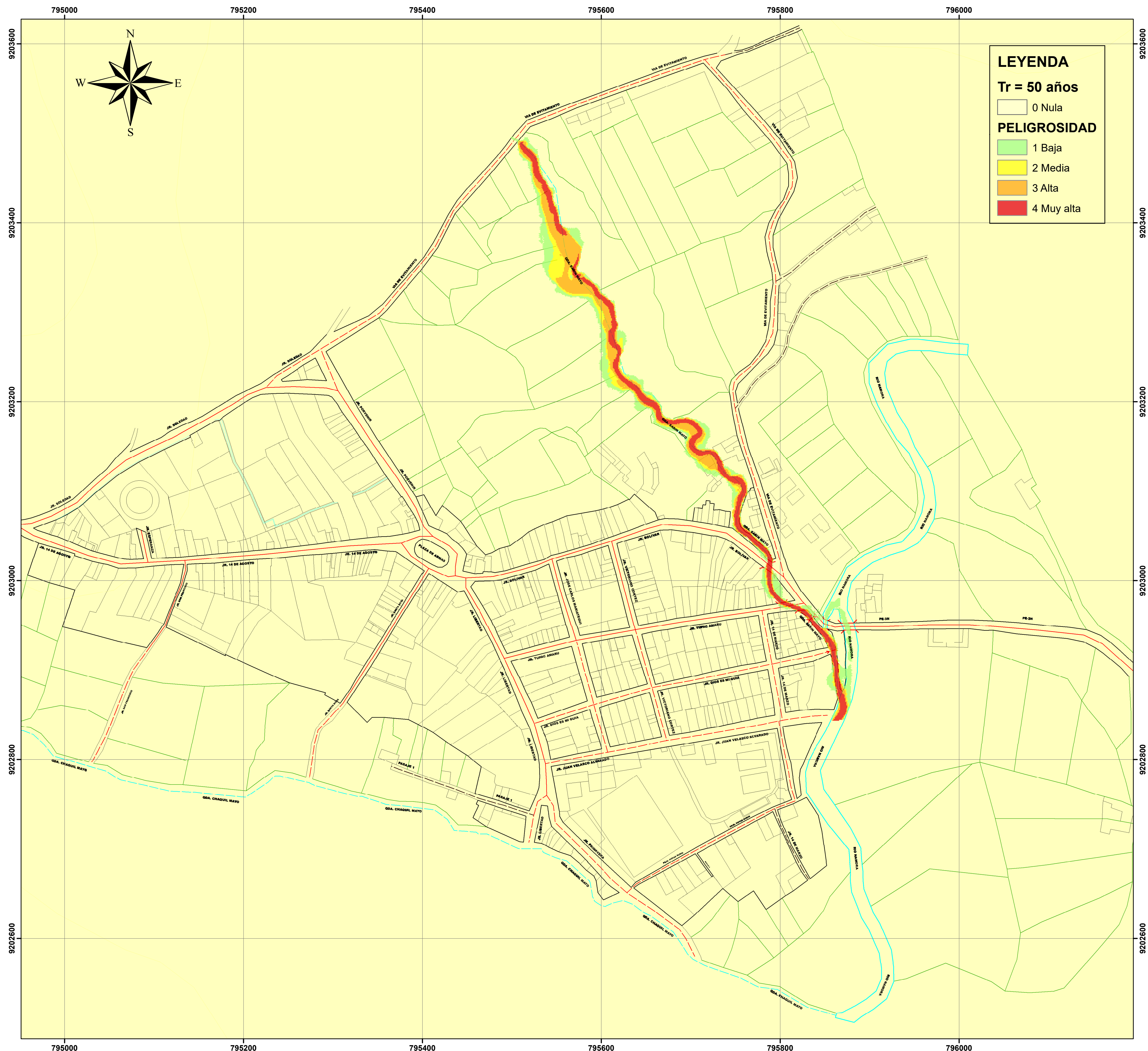


Leyenda

- Punto Emisor
- ▭ Delimitacion
- ~ Curvas de nivel
- ~ Cursos de agua

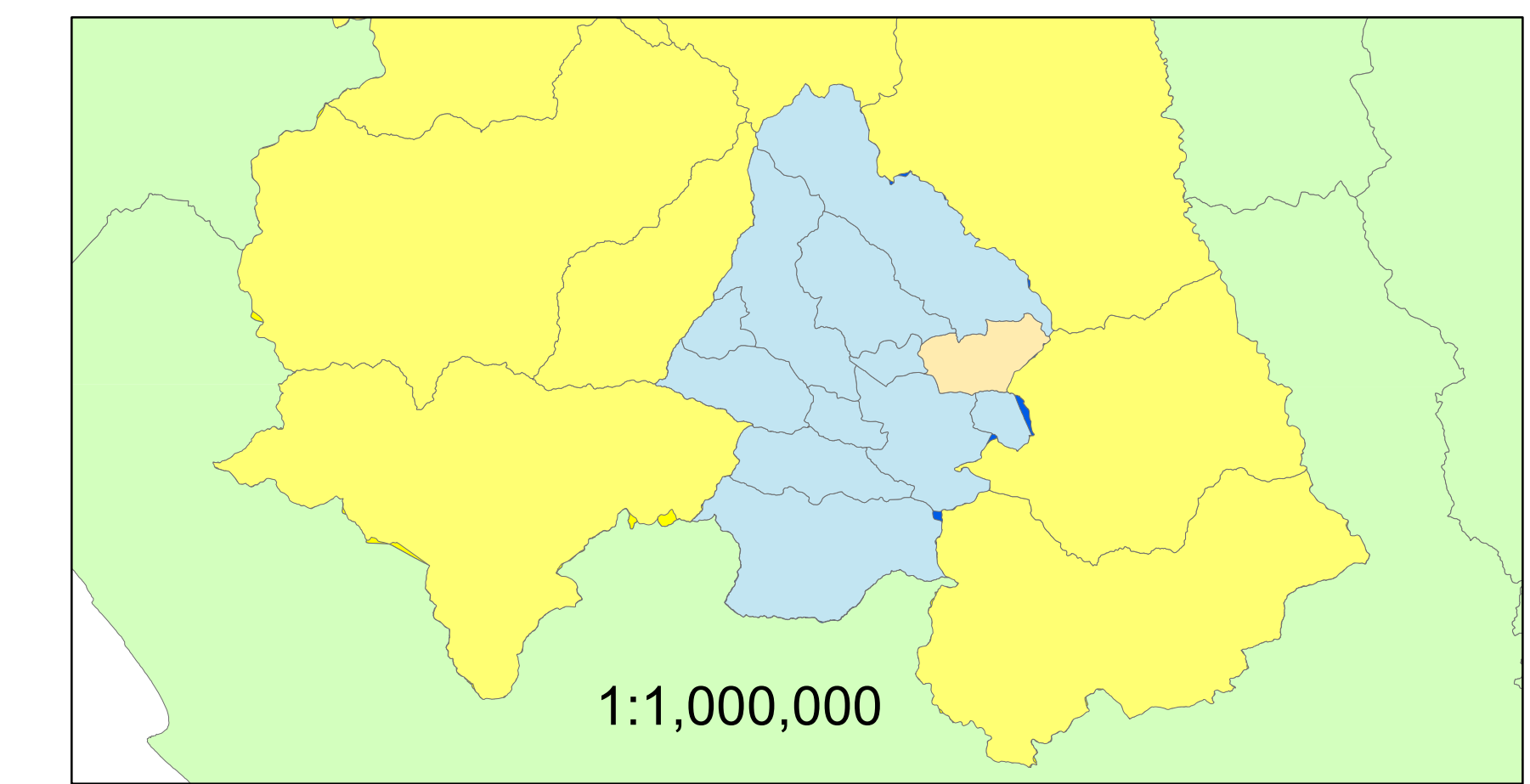
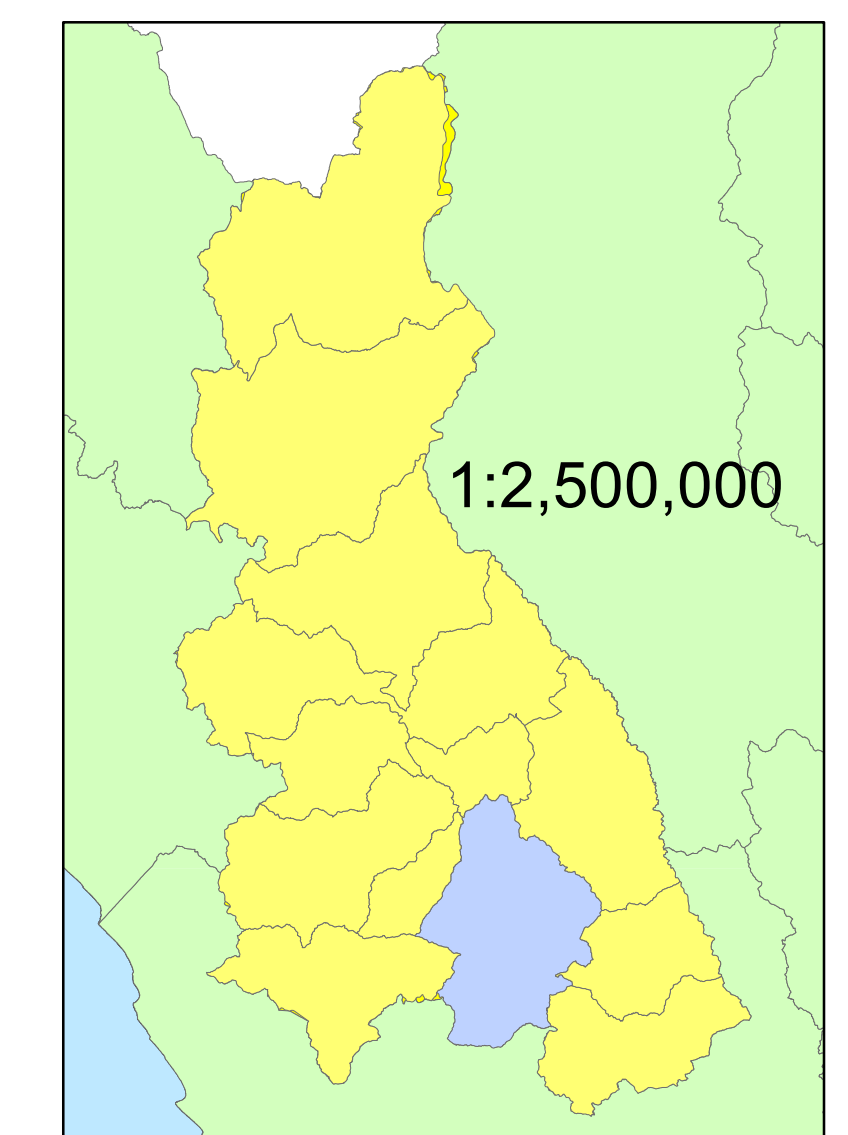
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA –CAJAMARCA		
MAPA:	DELIMITACION DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA SARIN MAYO	
TESISTA:	SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO	
ESCALA:	1:40 000	FECHA: 2023
		Nº Mapa: 1

MAPA DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE NAMORA POR MAXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO: TR=50 AÑOS



USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	57.65	18.39	30.96	2.64	109.65
Arboles	883.21	439.72	1062.56	727.28	3112.77
Arbustos	411.51	157.59	320.49	360.22	1249.80
Casa aislada	53.53	43.40	191.72	43.80	332.45
Concreto	247.62	19.42	30.55	43.13	340.72
Cultivo	32.00	0.00	0.00	0.00	32.00
Curso de agua	793.85	84.94	309.55	2412.51	3600.84
Pasto	994.15	755.01	1298.07	456.46	3503.68
Suelo desnudo	1120.28	444.80	1023.84	315.61	2904.53
Zona urbana continua	251.53	19.06	46.50	39.78	356.87
Zona urbana discontinua	47.66	13.68	17.77	7.57	86.69
TOTAL (m²)	4893.00	1996.00	4332.00	4409.00	15630.00

SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS	
	Manzana
	Viviendas
	Lotes
	Rio
	Quebrada
	Canal
	Carretera pavimentada
	Carretera afirmada
	Camino
	Puente vial
	Puente peatonal



Datum WGS84 Zona 17 S - Carta Nacional 15g de la Zona 17M - Límites Distritales del IGN

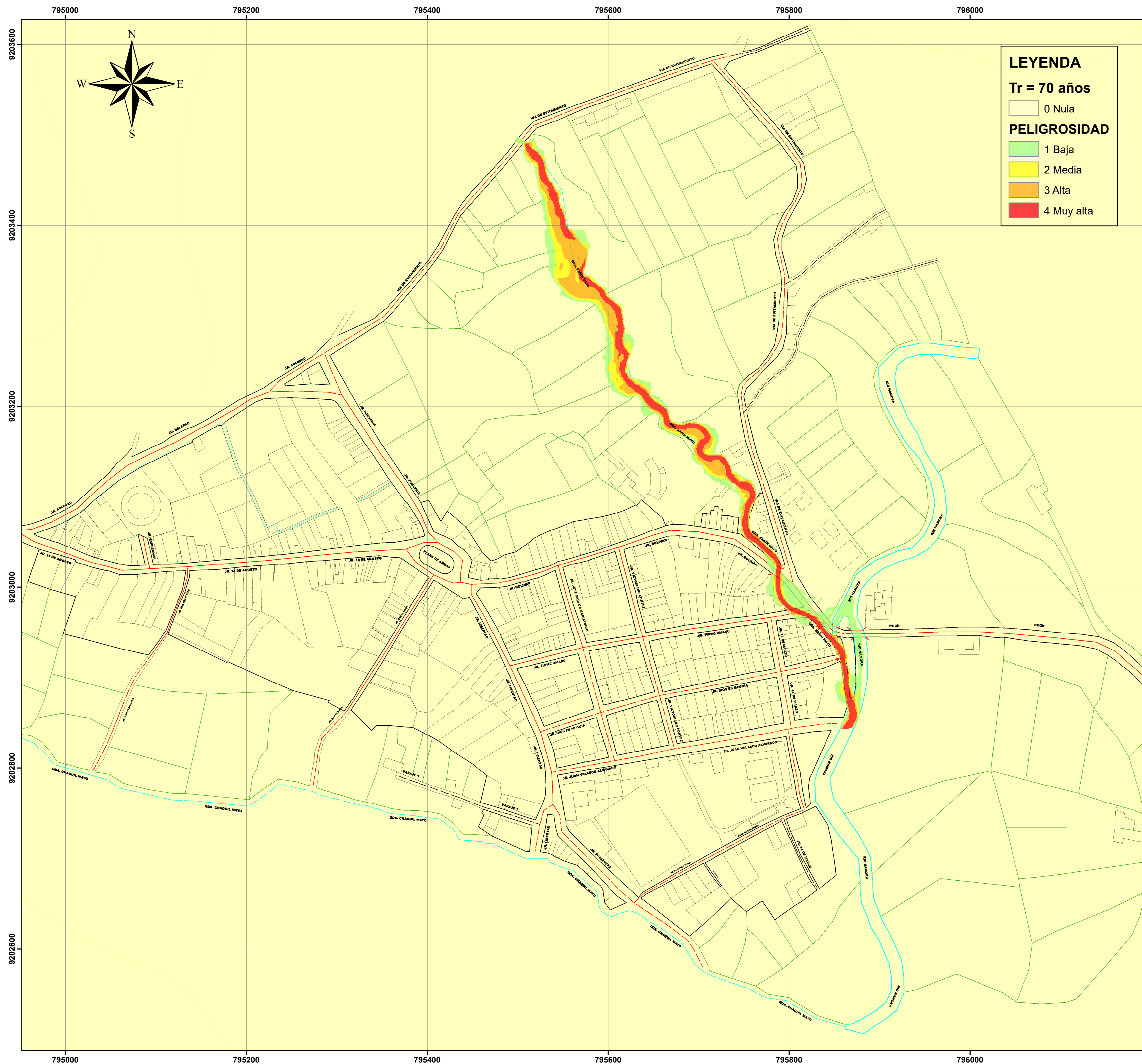


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA

MAPA:	NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES PARA TR=50 AÑOS	
TESISTA:	SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO	
ESCALA:	FECHA:	Nº Mapa:
1:2 500	2023	2

MAPA DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE NAMORA POR MAXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO: TR=70 AÑOS



LEYENDA
Tr = 70 años

0 Nula

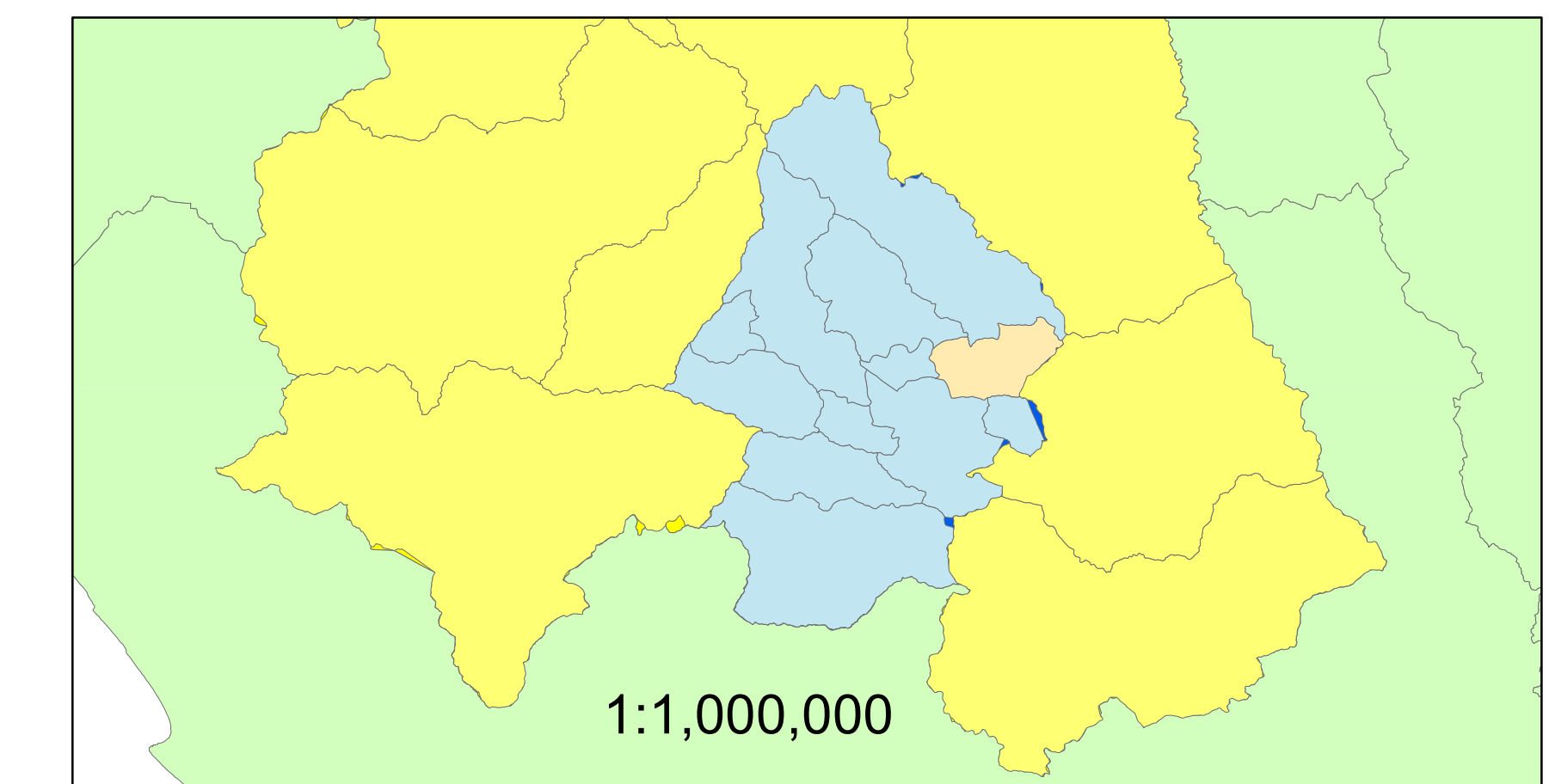
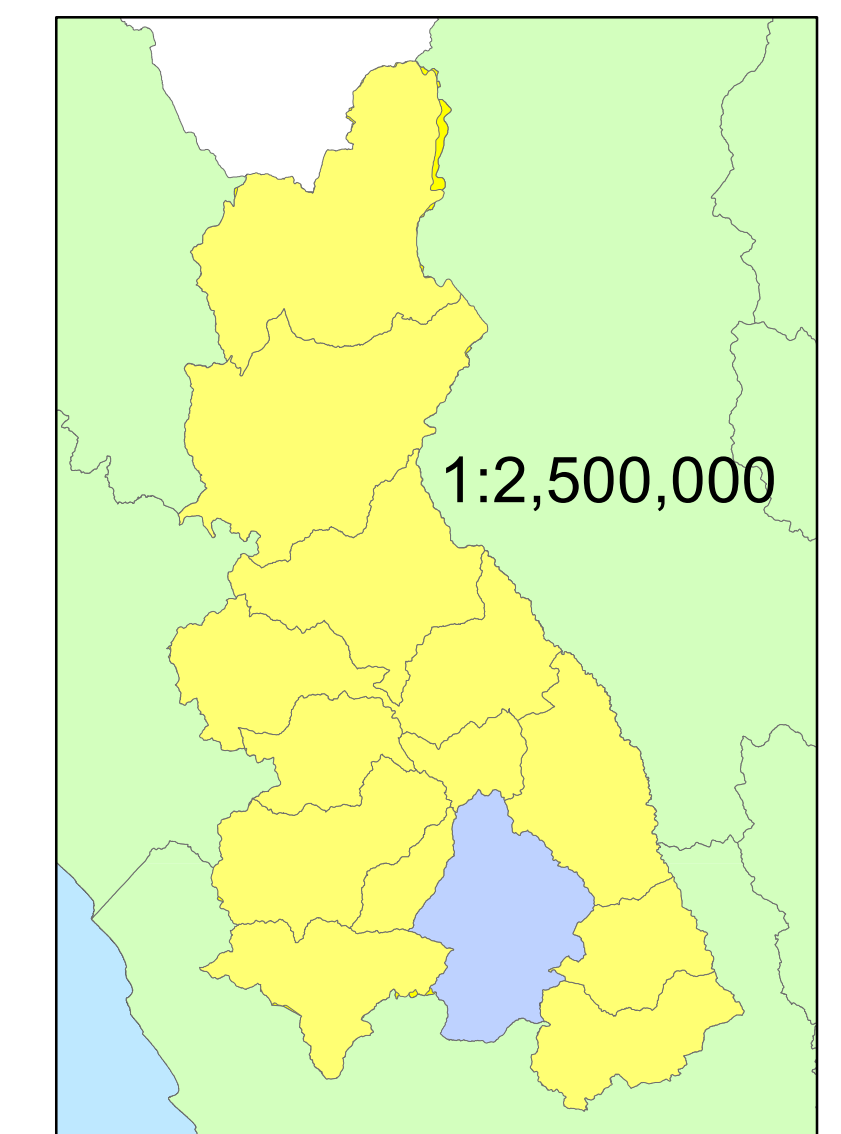
PELIGROSIDAD

- 1 Baja
- 2 Media
- 3 Alta
- 4 Muy alta

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	94.93	32.52	36.29	3.95	167.69
Arboles	788.18	593.37	1074.30	868.70	3324.56
Arbustos	400.15	202.01	338.19	416.86	1357.20
Casa aislada	37.84	51.32	210.92	48.86	348.95
Concreto	783.71	52.60	47.36	49.19	932.86
Cultivo	50.54	0.00	0.00	0.00	50.54
Curso de agua	1148.54	132.33	254.20	2496.45	4031.52
Pasto	869.02	918.29	1524.52	577.39	3889.22
Suelo desnudo	1142.57	598.08	1183.90	379.85	3304.40
Vegetación dispersa	5.69	0.00	0.00	0.00	5.69
Zona urbana continua	546.83	68.48	53.33	37.73	706.37
Zona urbana discontinua	113.70	19.84	18.84	8.42	160.79
TOTAL (m²)	5868.00	2649.00	4723.00	4879.00	18119.00

SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS

- Manzana
- Viviendas
- Lotes
- Río
- Quebrada
- Canal
- Carretera pavimentada
- Carretera afirmada
- Camino
- Puente vial
- Puente peatonal



Datum WGS84 Zona 17 S - Carta Nacional 15g de la Zona 17M - Límites Distritales del IGN





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

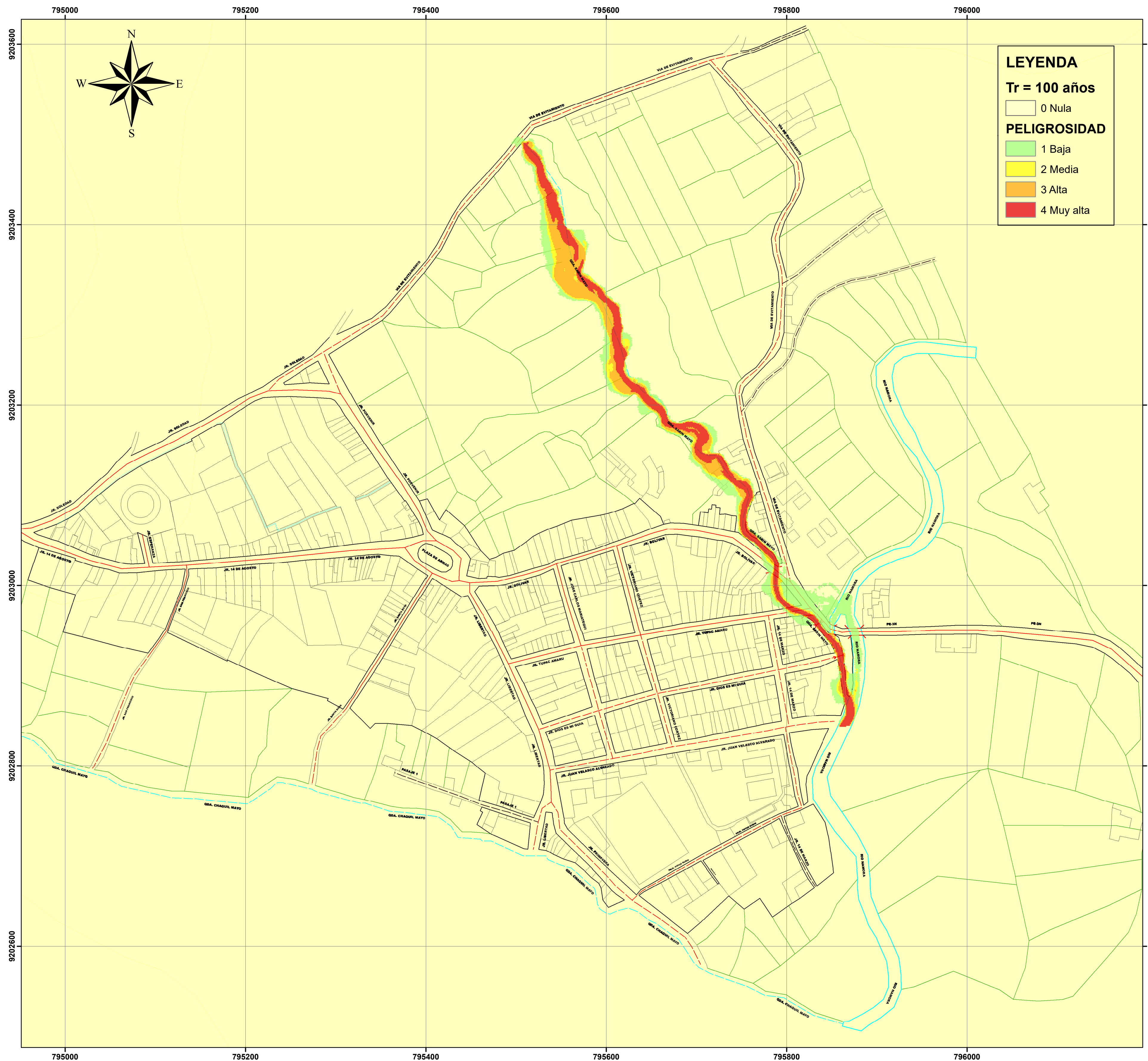
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA

MAPA:	NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES PARA TR=70 AÑOS
TESISTA:	SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO
ESCALA:	1:2 500
FECHA:	2023
Nº Mapa:	3

MAPA DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE NAMORA POR MAXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO: TR=100 AÑOS



LEYENDA

Tr = 100 años

0 Nula

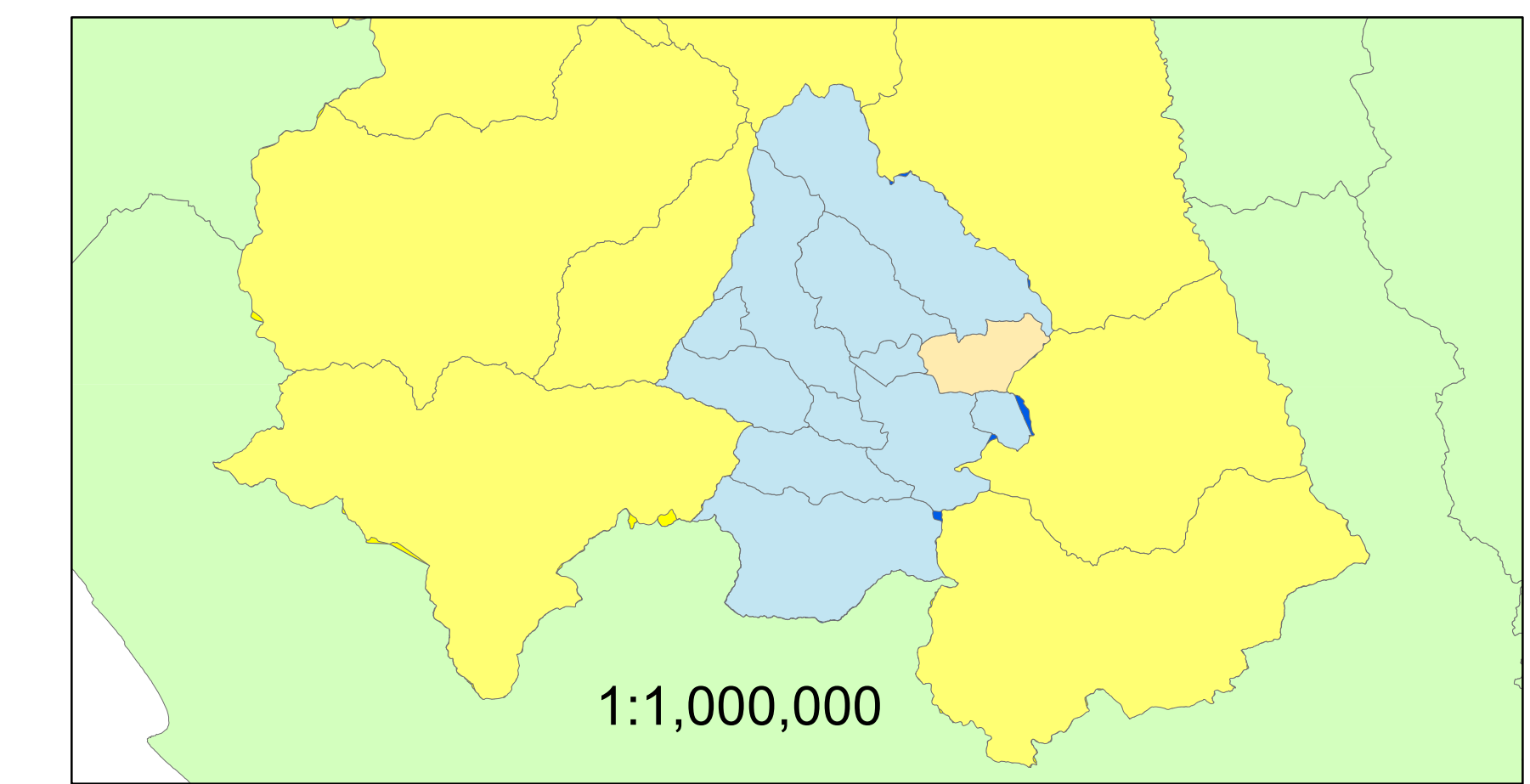
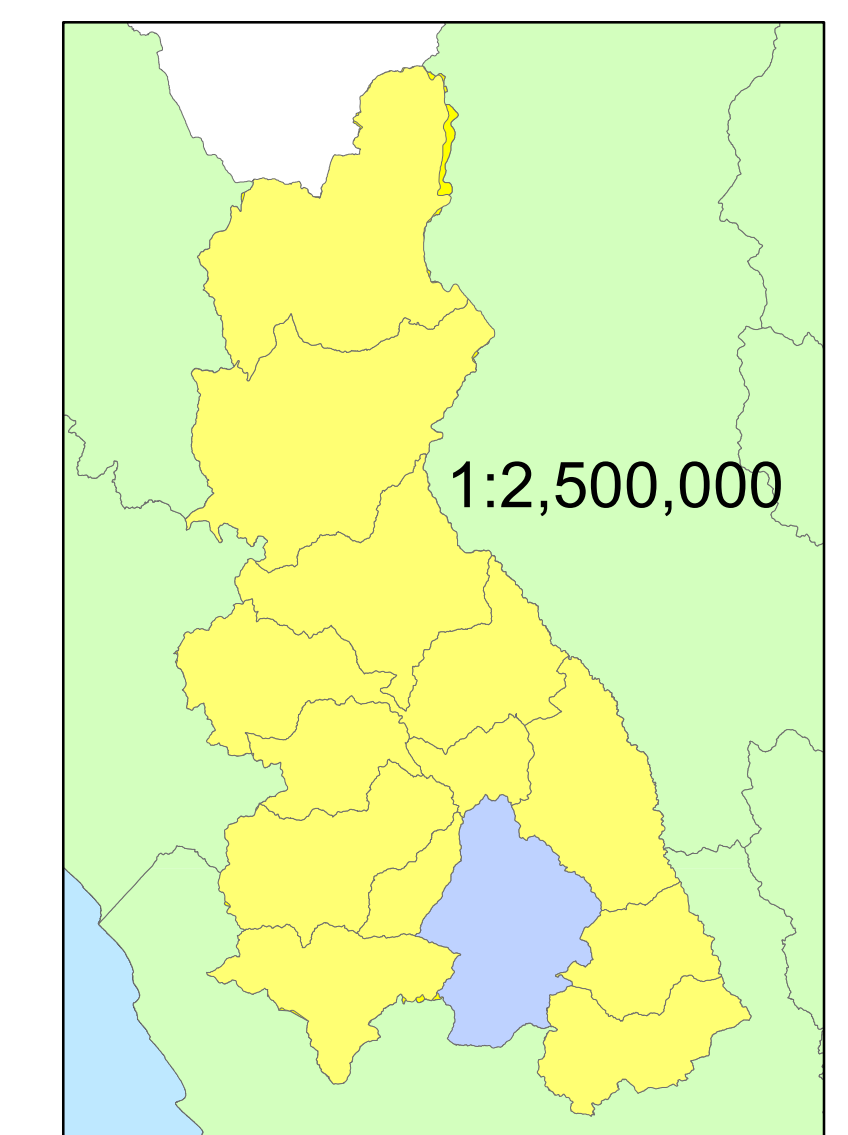
PELIGROSIDAD

- 1 Baja
- 2 Media
- 3 Alta
- 4 Muy alta

USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	170.16	17.36	55.55	9.25	252.33
Arboles	1006.95	330.58	1055.73	1239.13	3632.39
Arbustos	578.80	175.14	342.09	509.95	1605.97
Casa aislada	29.14	31.12	215.58	76.93	352.76
Concreto	973.39	99.89	63.82	65.48	1202.59
Cultivo	65.13	1.01	0.00	0.00	66.14
Curso de agua	1158.56	158.12	246.97	2555.21	4118.86
Pasto	1062.58	442.43	1857.14	878.26	4240.41
Suelo desnudo	1432.55	427.57	1179.58	744.40	3784.11
Vegetación dispersa	16.89	0.00	0.00	0.00	16.89
Zona urbana continua	656.84	81.78	75.54	56.40	870.56
Zona urbana discontinua	199.61	34.21	24.21	10.62	268.64
TOTAL (m²)	7151.00	1765.00	5092.00	6135.00	20143.00

SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS

- Manzana
- Viviendas
- Lotes
- Río
- Quebrada
- Canal
- Carretera pavimentada
- Carretera afirmada
- Camino
- Puente vial
- Puente peatonal



Datum WGS84 Zona 17 S - Carta Nacional 15g de la Zona 17M - Límites Distritales del IGN





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



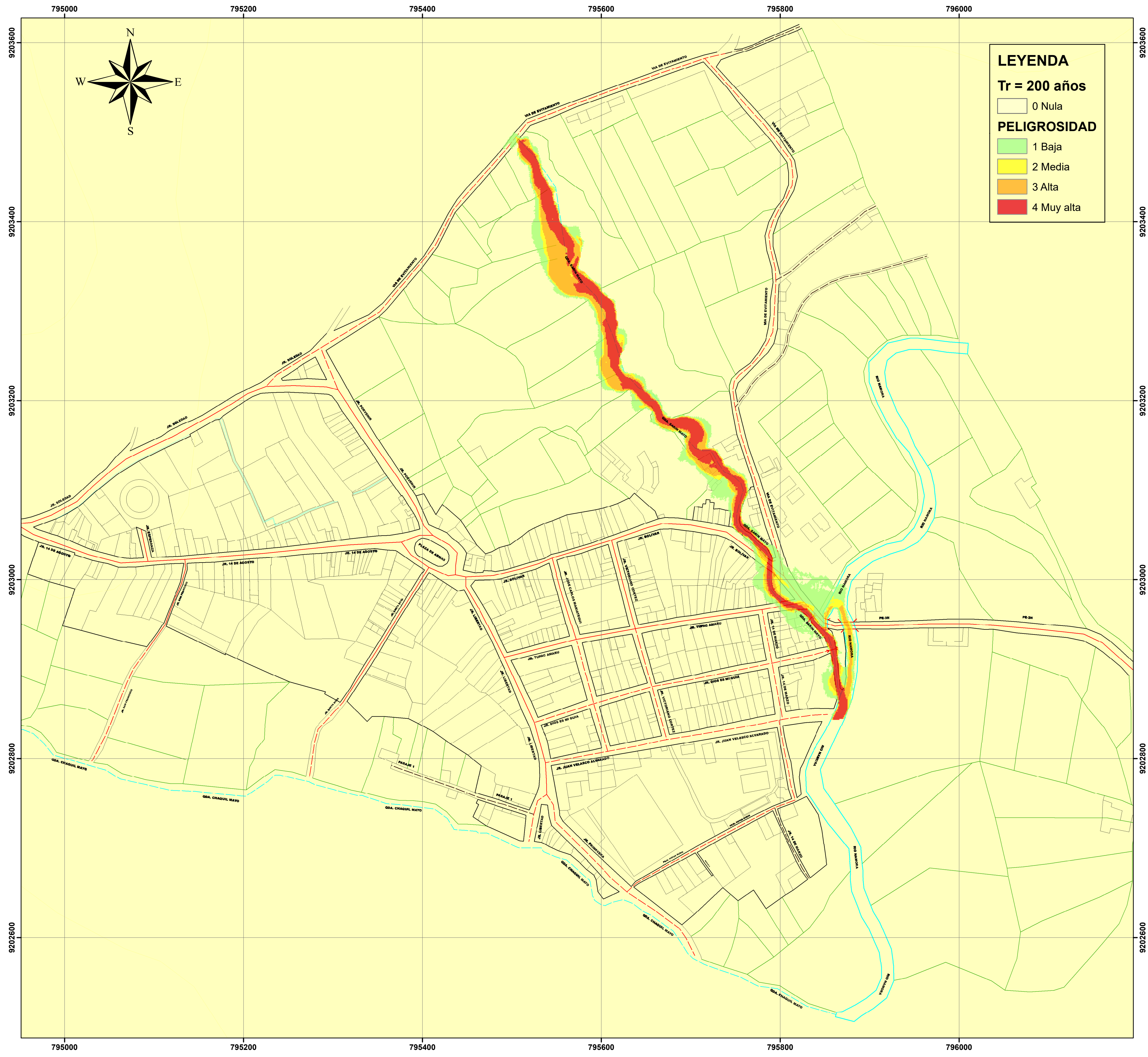
TESIS: ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA

MAPA:	NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES PARA TR=100 AÑOS
TESISTA:	SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO
ESCALA:	FECHA:
1:2 500	2023

Nº Mapa:

4

MAPA DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE NAMORA POR MAXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO: TR=200 AÑOS



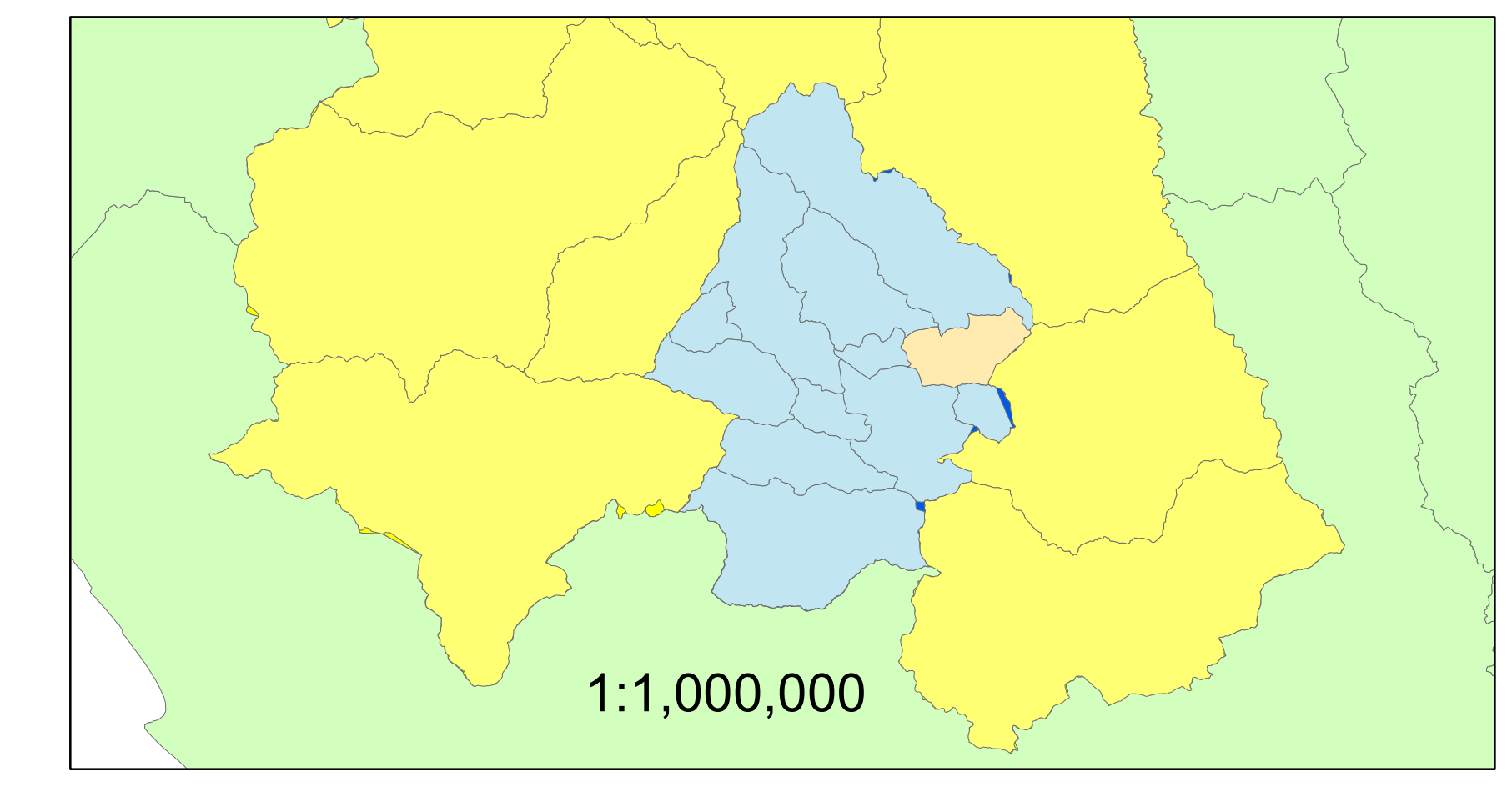
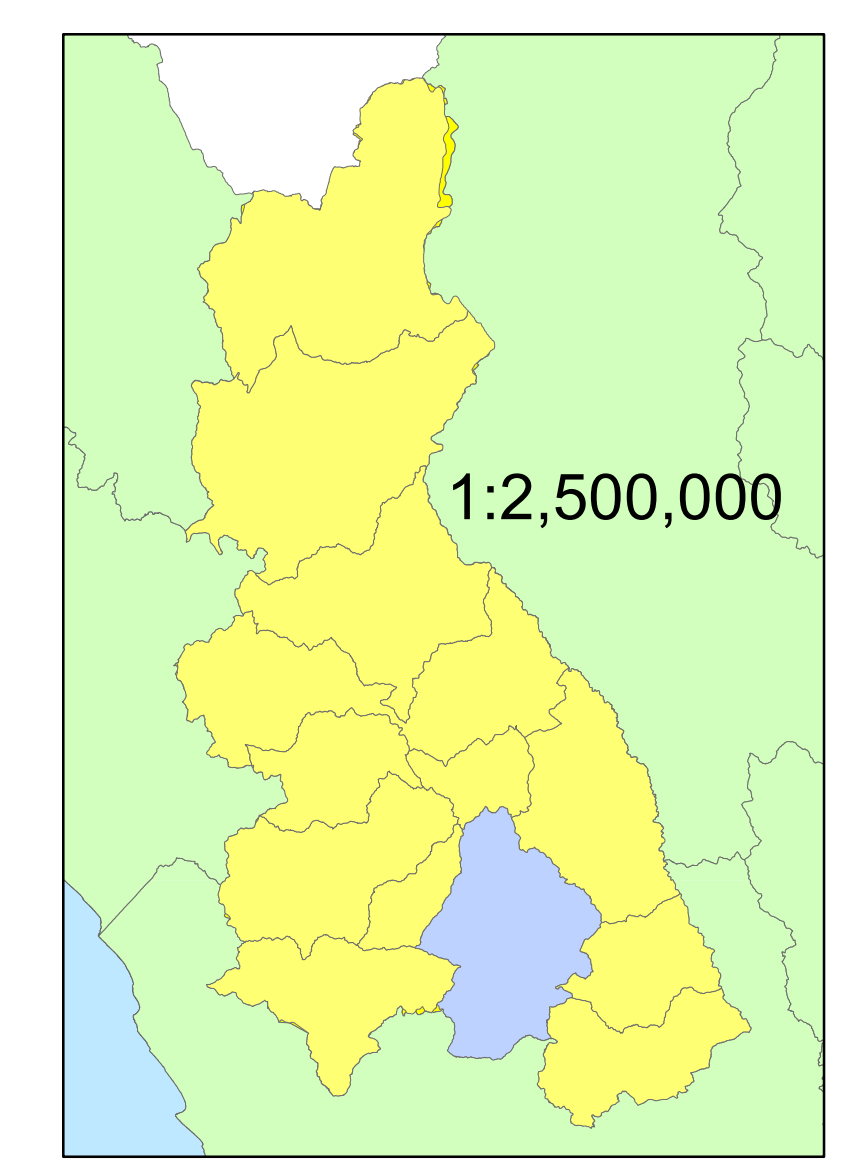
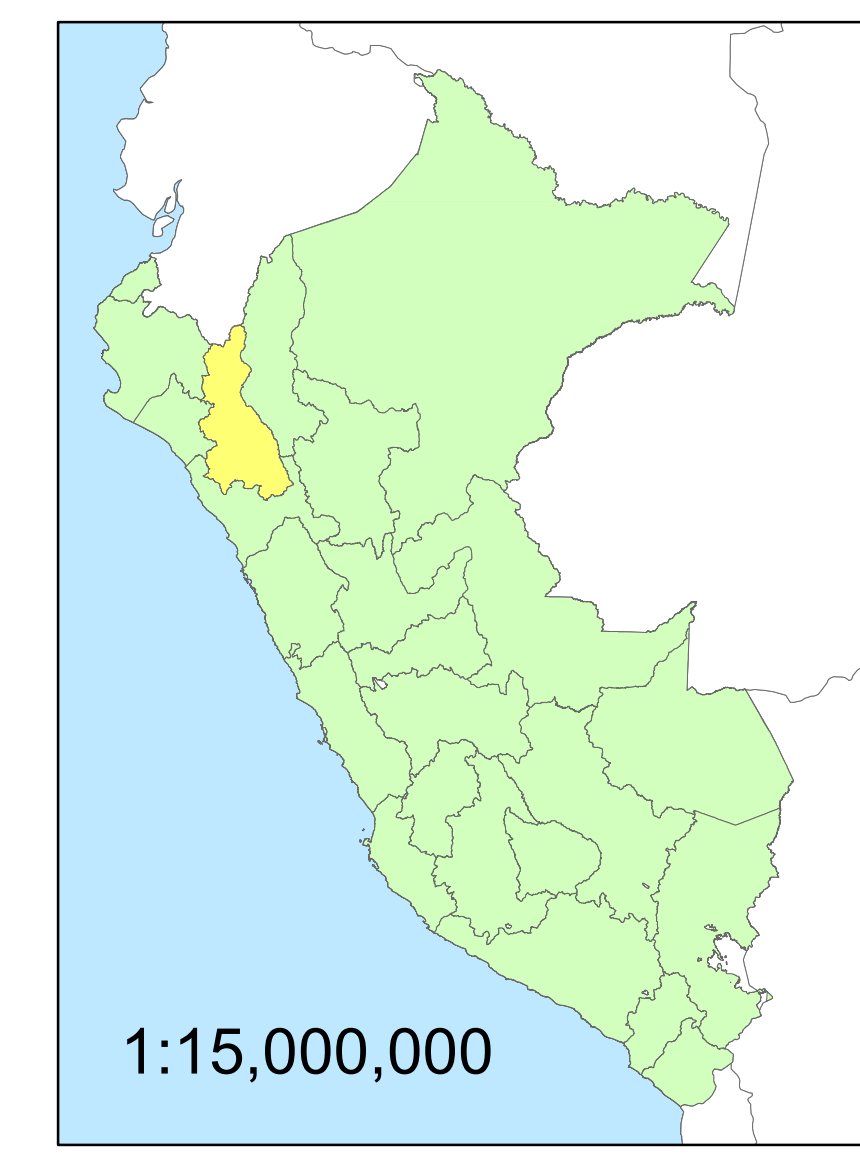
LEYENDA
Tr = 200 años

0 Nula
1 Baja
2 Media
3 Alta
4 Muy alta

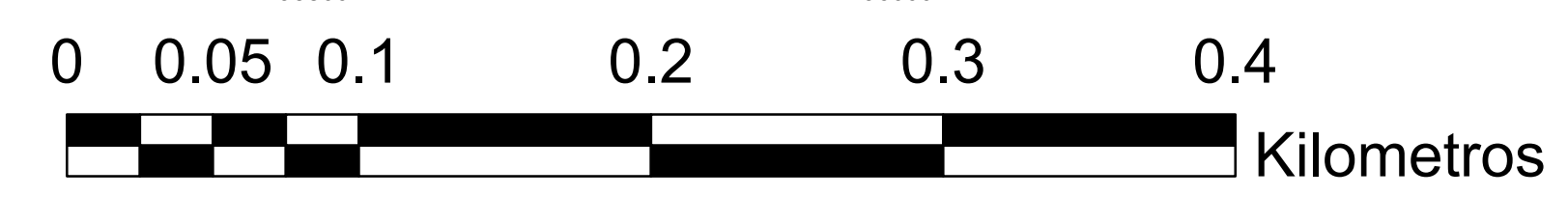
USO DEL SUELO	Nivel de peligrosidad ante inundación				TOTAL (m ²)
	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Afirmado	387.72	28.65	56.25	28.74	501.36
Arboles	1350.21	316.86	955.56	1574.43	4197.06
Arbustos	593.63	208.90	307.00	643.82	1753.35
Casa aislada	10.33	20.06	123.63	200.64	354.66
Concreto	882.40	235.20	181.75	92.25	1391.59
Cultivo	71.19	10.46	1.83	0.00	83.47
Curso de agua	557.77	445.38	693.56	2605.13	4301.84
Pasto	1189.77	352.80	1775.11	1379.01	4696.69
Suelo desnudo	1835.89	504.79	1219.66	1086.13	4646.47
Vegetación dispersa	65.00	2.94	0.36	0.00	68.30
Zona urbana continua	1107.11	170.97	126.28	89.86	1494.21
Zona urbana discontinua	294.80	58.91	54.14	20.66	428.51
TOTAL (m²)	8051.00	2297.00	5441.00	7700.00	23489.00

SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS

- Manzana
- Viviendas
- Lotes
- Río
- Quebrada
- Canal
- Carretera pavimentada
- Carretera afirmada
- Camino
- Puente vial
- Puente peatonal



Datum WGS84 Zona 17 S - Carta Nacional 15g de la Zona 17M - Límites Distritales del IGN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA SARIN MAYO EN LA LOCALIDAD DE NAMORA – CAJAMARCA

MAPA:	NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES PARA TR=200 AÑOS	FECHA:	2023
TESISTA:	SALDAÑA CASTREJON CRISTIAN RONALDO		
ESCALA:	1:2 500	Nº Mapa:	5