

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



---

**“RIESGO DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINCHIPE EN EL CENTRO POBLADO  
PUERTO CIRUELO, SAN IGNACIO 2022”**

---

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

**PRESENTADO POR:**

Bach. Jorge Armando Cueva Elera

**ASESOR:**

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: **JORGE ARMANDO CUEVA ELERA**  
DNI: 70042038  
Escuela Profesional: **INGENIERÍA CIVIL**
2. Asesor: **Dr. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**  
Facultad: **INGENIERÍA**
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
**"RIESGO DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINCHIPE EN EL CENTRO POBLADO PUERTO CIRUELO, SAN IGNACIO 2022"**
6. Fecha de evaluación: **19 de junio del 2024**
7. Software antiplagio:     **TURNITIN**     **URKUND (OURIGINAL) (\*)**
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **22% (veintidós por ciento)**
9. Código Documento: **oid:3117:362093481**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 **APROBADO**     **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 20 de junio 2024

	
<p>Dr. Ing° <b>GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ</b> DNI: 26631950 ASESOR</p>	<p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 20/06/2024 16:37:07-0500</p> <p>UNIDAD DE INVESTIGACION FI</p>

## DEDICATORIA

A mis Padres, Jesús Cueva Lozada y Ana Bell Elera Goicochea, y a mis Hermanos, Natalia, Mathías y Jade, que son mi mayor inspiración.

A mi hijo Lucca y a su madre, que día a día en la presente elaboración de esta investigación me incentivaban alcanzar mi sueño y a no rendirme.

A mi mamita Mery Lozada con el amor infinito y la gran tristeza que ya no se encuentre con nosotros, sé que también estaría muy orgullosa de verme todo un profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios, por darme salud, vida, fortaleza y por ser el artífice de permitirme culminar una de mis metas trazadas.

De manera especial a mi asesor el Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz, por su tiempo, su colaboración desinteresada y experiencia, permitieron que esta investigación sea posible.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Formulación del Problema .....	2
1.2. Justificación de la Investigación .....	3
1.3. Alcances de la Investigación .....	3
1.4. Delimitación de la Investigación .....	3
1.5. Objetivos .....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes Teóricos.....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.3 Antecedentes Locales .....	8
2.2. Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Hidrográfica .....	9
2.2.2. Modelos de Variable o Valor Extremo .....	15
2.2.3. Hidráulica .....	18
2.2.4. Tránsito de Avenidas.....	23
2.2.5. Hidrología Fluvial.....	25
2.2.6. Estimación del Riesgo por Inundaciones Fluviales .....	28
2.2.7. Criterios para la determinación del Nivel o Grado de Peligrosidad, Intensidad, para la Evaluación del Período de Retorno y Análisis de la Vulnerabilidad ante Peligros por Inundaciones Fluviales .....	30

2.2.8.	Caudales Máximos.....	40
2.2.9.	Modelamiento Hidráulico de un Río .....	41
2.3.	Términos Básicos.....	42
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>43</b>
3.1.	Zona de estudio.....	43
3.1.1.	Ubicación Geográfica del área en estudio.....	43
3.1.2.	Ubicación de la Estación Meteorológica Chirinos .....	44
3.2.	Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.....	46
3.3.	Materiales y Equipos .....	46
3.4.	Procedimiento .....	47
3.4.1.	Caracterización del Río Chinchipe .....	47
3.4.2.	Modelamiento Hidrológico.....	48
3.4.3.	Modelamiento Hidráulico.....	82
3.4.4.	Determinación del nivel o grado de Peligrosidad .....	100
3.4.5.	Estimación del nivel de Vulnerabilidad ante una Inundación Pluvial .....	101
<b>CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>106</b>
4.1	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	106
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>108</b>
5.1.	Conclusiones.....	108
5.2.	Recomendaciones.....	110
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>111</b>
BIBLIOGRAFÍA.....		111
<b>ANEXOS .....</b>		<b>113</b>
ANEXO 01: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO REALIZADO EN CAMPO.....		113
ANEXO 02: PROCESAMIENTO DE DATOS HIDROLÓGICOS.....		118
ANEXO 03: ENCUESTA A LOS POBLADORES DEL C.P PUERTO CIRUELO....		126
ANEXO 04: CARACTERÍSTICAS GENERALES, GEOLOGICAS Y TIPO DE SUELO. .....		131
ANEXO 05: FICHA DE INTERVENCIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA EL C.P PUERTO CIRUELO, AVALADO POR EL CENEPRED EN EL AÑO 2016. ....		132
ANEXO 06: PLANO DE TIRANTES PARA UN TR = 200 AÑOS .....		136

ANEXO 07: PLANO DE VELOCIDADES PARA UN TR = 200 AÑOS .....	137
ANEXO 08: PLANO DE INUNDACIÓN .....	138
ANEXO 09: PLANO TOPOGRÁFICO .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Clases de valores de masividad.....</i>	9
<b>Tabla 2.</b> <i>Clases de pendiente, Van Zuidam .....</i>	11
<b>Tabla 3.</b> <i>Formas de cuenca en base a coeficiente de Gravelius.....</i>	13
<b>Tabla 4.</b> <i>Valores interpretativos del factor de forma.....</i>	14
<b>Tabla 5.</b> <i>Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante Cowan.....</i>	21
<b>Tabla 6.</b> <i>Valores de coeficientes de rugosidad “n” de Manning.....</i>	22
<b>Tabla 7.</b> <i>Matriz de riesgo.....</i>	29
<b>Tabla 8.</b> <i>Matriz de Peligro .....</i>	30
<b>Tabla 9.</b> <i>Rangos del nivel de Peligrosidad .....</i>	31
<b>Tabla 10.</b> <i>Niveles de Intensidad para Inundaciones pluviales.....</i>	31
<b>Tabla 11.</b> <i>Rangos de Intensidad para inundaciones pluviales .....</i>	31
<b>Tabla 12.</b> <i>Período de retorno según categoría.....</i>	32
<b>Tabla 13.</b> <i>Vulnerabilidad física .....</i>	33
<b>Tabla 14.</b> <i>Vulnerabilidad económica .....</i>	34
<b>Tabla 15.</b> <i>Vulnerabilidad social .....</i>	35
<b>Tabla 16.</b> <i>Vulnerabilidad educativa .....</i>	36
<b>Tabla 17.</b> <i>Vulnerabilidad cultural e ideológica.....</i>	37
<b>Tabla 18.</b> <i>Vulnerabilidad política e institucional.....</i>	38
<b>Tabla 19.</b> <i>Vulnerabilidad científica y tecnológica.....</i>	39
<b>Tabla 20.</b> <i>Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad.....</i>	40
<b>Tabla 21.</b> <i>Perfil Longitudinal del cauce principal .....</i>	50
<b>Tabla 22.</b> <i>Rectángulo Equivalente. ....</i>	52
<b>Tabla 23.</b> <i>Sub-áreas del rectángulo equivalente.....</i>	52
<b>Tabla 24.</b> <i>Longitud de la cuenca del Chinchipe.....</i>	53
<b>Tabla 25.</b> <i>Índice de Compacidad.....</i>	53
<b>Tabla 26.</b> <i>Factor de Forma.....</i>	53
<b>Tabla 27.</b> <i>Datos de la estación Meteorológica Chirinos completados con las precipitaciones promedio.....</i>	55
<b>Tabla 28.</b> <i>Análisis de datos dudosos.....</i>	57
<b>Tabla 29.</b> <i>Análisis de los Parámetros Estadísticos.....</i>	58
<b>Tabla 30.</b> <i>Valores de la estación con los Umbrales calculados.....</i>	60
<b>Tabla 31.</b> <i>Datos de las precipitaciones máximas de 24 horas ordenados de .....</i>	61

<b>Tabla 32.</b> <i>Cálculo de números de clases y amplitud.</i> .....	62
<b>Tabla 33.</b> <i>Tabla de Frecuencias.</i> .....	63
<b>Tabla 34.</b> <i>Primera parte de parámetros Estadísticos</i> .....	63
<b>Tabla 35.</b> <i>Segunda parte de parámetros Estadísticos</i> .....	64
<b>Tabla 36.</b> <i>Parámetros estadísticos, precipitaciones de 24 horas</i> .....	64
<b>Tabla 37.</b> <i>Datos para la prueba.</i> .....	64
<b>Tabla 38.</b> <i>Datos calculados para la prueba.</i> .....	65
<b>Tabla 39.</b> <i>Tabla de Distribución Chi – Cuadrado Tabular.</i> .....	66
<b>Tabla 40.</b> <i>Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov - Smirnov.</i> .....	69
<b>Tabla 41.</b> <i>Resumen de los test de Kolmogorov – Smirnov</i> .....	70
<b>Tabla 42.</b> <i>Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.</i> .....	71
<b>Tabla 43.</b> <i>Precipitaciones diarias máximas probables para 50, 100, 200 y 500 años.</i> .....	73
<b>Tabla 44.</b> <i>Precipitaciones Efectivas para 50, 100, 200 y 500 años</i> .....	75
<b>Tabla 45.</b> <i>Caudal Unitario</i> .....	78
<b>Tabla 46.</b> <i>Caudal de diseño para diferentes períodos de retorno.</i> .....	78
<b>Tabla 47.</b> <i>Caudal de diseño para diferentes períodos de retorno en tiempo pico.</i> ...	79
<b>Tabla 48.</b> <i>Coeficientes para hidrograma unitarios adimensionales (sintéticos SCS).</i> .....	80
<b>Tabla 49.</b> <i>Avenidas de Diseño para un periodo de retorno en función del tiempo.</i> ...	81
<b>Tabla 50.</b> <i>Cálculo del tiempo de concentración.</i> .....	82
<b>Tabla 51.</b> <i>Tabla del caudal unitario.</i> .....	83
<b>Tabla 52.</b> <i>Caudales de diseño para diferentes períodos de retorno en tiempo pico.</i> 83	
<b>Tabla 53.</b> <i>Resumen de Tirantes y Velocidades.</i> .....	99
<b>Tabla 54.</b> <i>Determinación del nivel de intensidad.</i> .....	100
<b>Tabla 55.</b> <i>Determinación de la frecuencia de ocurrencia</i> .....	100
<b>Tabla 56.</b> <i>Determinación del peligro de inundación</i> .....	101
<b>Tabla 57.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Física.</i> .....	101
<b>Tabla 58.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Económica.</i> .....	102
<b>Tabla 59.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Social.</i> .....	102
<b>Tabla 60.</b> <i>Nivel de vulnerabilidad Educativa</i> .....	103
<b>Tabla 61.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Cultural e ideológica.</i> .....	103
<b>Tabla 62.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Política Institucional.</i> .....	104
<b>Tabla 63.</b> <i>Nivel de Vulnerabilidad Científica y Tecnológica.</i> .....	104

<b>Tabla 64.</b> <i>Nivel de vulnerabilidad total.</i> .....	105
<b>Tabla 65.</b> <i>Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Chinchipe.</i> .....	108
<b>Tabla 66.</b> <i>Resumen de Tirantes y Velocidades (TR 200 años)</i> .....	108
<b>Tabla 67.</b> <i>Nivel de inundación de C.P Puerto Ciruelo</i> .....	109
<b>Tabla 68.</b> <i>Grado de vulnerabilidad total.</i> .....	109
<b>Tabla 69.</b> <i>Parámetros Muestrales, precipitaciones de 24 hrs.</i> .....	118
<b>Tabla 70.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Normal.</i> .....	118
<b>Tabla 71.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad</i> .....	119
<b>Tabla 72.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Log Normal 3</i> <i>Parámetros.</i> .....	120
<b>Tabla 73.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad</i> .....	121
<b>Tabla 74.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Log-Pearson tipo</i> <i>III.</i> .....	122
<b>Tabla 75.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Gumbel.</i> .....	123
<b>Tabla 76.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad</i> .....	124
<b>Tabla 77.</b> <i>Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Gamma 3</i> <i>parámetros.</i> .....	125
<b>Tabla 78.</b> <i>Datos Generales del centro Poblado.</i> .....	131
<b>Tabla 79.</b> <i>Ficha técnica de las características geológicas y del tipo de suelo del centro</i> <i>poblado Puerto Ciruelo.</i> .....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Vista aérea del CC. PP Puerto Ciruelo y el Río Chinchipe.</i> .....	2
<b>Figura 2.</b> <i>Curvas hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca.</i> 12	
<b>Figura 3.</b> <i>Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de un canal.</i> .....	24
<b>Figura 4.</b> <i>Tramo de un cauce para la deducción de ecuaciones de Saint-Venant..</i> 25	
<b>Figura 5.</b> <i>Centro poblado Puerto Ciruelo y río Chinchipe.</i> .....	43
<b>Figura 6.</b> <i>Se observa que el CC.PP Puerto Ciruelo se encuentra en la Zona 17S.</i> 44	
<b>Figura 7.</b> <i>Estación meteorológica Chirinos.</i> .....	44
<b>Figura 8.</b> <i>Ubicación Geográfica del área en estudio.</i> .....	45
<b>Figura 9.</b> <i>Perfil de elevación del tramo en estudio.</i> .....	47
<b>Figura 10.</b> <i>Plano topográfico de la zona de estudio.</i> .....	48
<b>Figura 11.</b> <i>Delimitación de la Cuenca del Río Chinchipe.</i> .....	49
<b>Figura 12.</b> <i>Área de la Cuenca del Río Chinchipe.</i> .....	49
<b>Figura 13.</b> <i>Orden de drenaje de la cuenca del río Chinchipe.</i> .....	50
<b>Figura 14.</b> <i>Gráfica del perfil Longitudinal de la Cuenca del Chinchipe.</i> .....	51
<b>Figura 15.</b> <i>Gráfica del comportamiento de las precipitaciones máximas de 24 horas.</i> .....	58
<b>Figura 16.</b> <i>Gráfica de Prueba de Datos Dudosos – Estación Meteorológica Chirinos.</i> .....	61
<b>Figura 17.</b> <i>Gráfica de Frecuencias Relativas de datos Esperados y Observados.</i> .	67
<b>Figura 18.</b> <i>Gráfica de Precipitaciones máximas de 24 horas, corregido.</i> .....	74
<b>Figura 19.</b> <i>Gráfica del Hidrograma Unitario Triangular.</i> .....	78
<b>Figura 20.</b> <i>Gráfica de las avenidas para diferentes Períodos de Retorno por el Hidrograma Triangular.</i> .....	79
<b>Figura 21.</b> <i>Gráfica de las avenidas para diferentes Períodos de Retorno por el Hidrograma Unitario Adimensional.</i> .....	82
<b>Figura 22.</b> <i>Hidrograma triangular.</i> .....	83
<b>Figura 23.</b> <i>Hidrograma de entrada para Hec-Ras.</i> .....	84
<b>Figura 24.</b> <i>Datos a utilizar en el modelamiento hidráulico.</i> .....	85
<b>Figura 25.</b> <i>Creamos nuestro proyecto.</i> .....	85
<b>Figura 26.</b> <i>Definimos nuestro sistema de coordenadas.</i> .....	86
<b>Figura 27.</b> <i>Creamos nuestro Terrain.</i> .....	87
<b>Figura 28.</b> <i>Ingresamos nuestro modelo digital de elevación en formato tif.</i> .....	87

<b>Figura 29.</b> <i>Modelo Digital de Elevación.</i> .....	88
<b>Figura 30.</b> <i>Añadimos una imagen satelital de Google Satélite.</i> .....	89
<b>Figura 31.</b> <i>Imagen satelital del CC. PP Puerto Ciruelo.</i> .....	89
<b>Figura 32.</b> <i>Creamos la Geometría.</i> .....	90
<b>Figura 33.</b> <i>Creamos el Land Cover Layer.</i> .....	91
<b>Figura 34.</b> <i>Ingresamos nuestro Coeficientes de Rugosidades de Manning.</i> .....	91
<b>Figura 35.</b> <i>Coeficientes de Rugosidades de Manning.</i> .....	92
<b>Figura 36.</b> <i>Mallado en 2D, condiciones de aguas arriba y aguas abajo.</i> .....	92
<b>Figura 37.</b> <i>Abrimos nuestra Geometría.</i> .....	93
<b>Figura 38.</b> <i>Verificamos errores.</i> .....	94
<b>Figura 39.</b> <i>Verificamos los Coeficientes de Rugosidades Manning.</i> .....	94
<b>Figura 40.</b> <i>Avenidas diseñadas para <math>Tr = 200</math> años en un intervalo de 10 minutos.</i> 95	
<b>Figura 41.</b> <i>Histograma del <math>Tr = 200</math> años.</i> .....	96
<b>Figura 42.</b> <i>Condiciones de Aguas arriba y Aguas Abajo.</i> .....	96
<b>Figura 43.</b> <i>Se crea el Plan.</i> .....	97
<b>Figura 44.</b> <i>Ventana de Identificación.</i> .....	98
<b>Figura 45.</b> <i>Programación de velocidades y tiempos de simulación.</i> .....	98
<b>Figura 46.</b> <i>Procesando los datos para visualizar el resultado.</i> .....	99
<b>Figura 47.</b> <i>Levantamiento topográfico en la ribera del río.</i> .....	113
<b>Figura 48.</b> <i>Tipo de material de las viviendas cerca de la ribera del río Chinchipe.</i> 113	
<b>Figura 49.</b> <i>Viviendas ubicadas a la margen izquierda del río Chinchipe y</i> .....	114
<b>Figura 50.</b> <i>Elementos estructurales cerca al margen del río Chinchipe.</i> .....	114
<b>Figura 51.</b> <i>Encuesta al señor Zenobio, parte urbana del CC. PP Puerto Ciruelo.</i> 115	
<b>Figura 52.</b> <i>Conversación con el habitante César Núñez Limo, que nos manifestó de una inundación del año 2000.</i> .....	115
<b>Figura 53.</b> <i>Fotografía del centro poblado Puerto Ciruelo al margen izquierdo del río Chinchipe en dirección aguas abajo - foto tomada con un drone.</i> .....	116
<b>Figura 54.</b> <i>Fotografía del margen del río en zona de inundación del año 2000.</i> ... 116	
<b>Figura 55.</b> <i>Planicies de inundación margen derecha, tomadas en cuenta para la determinación del coeficiente de Manning.</i> .....	117
<b>Figura 56.</b> <i>Zonas erosionadas por la fuerza hidrodinámica del agua.</i> .....	117

## RESUMEN

La presente tesis de investigación, tiene como objetivo principal estimar el nivel de riesgo por inundación del río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo. La recolección de datos se realizó entre los meses de enero del 2023 a marzo del 2023 de forma presencial mediante fichas técnicas. Con dicha información recolectada se realizó un análisis e interpretación; entre ellas el identificar los indicadores o parámetros para el análisis del peligro y la vulnerabilidad de la zona en estudio, de tal manera que se pueda determinar el nivel de riesgo en que se encuentra. Para obtener la información topográfica se usó el satélite Alos Palsar, como también los softwares ArGis y AutoCAD civil 3D. Para el modelamiento hidrológico se hallaron diferentes parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chinchipe, así como los caudales máximos para tiempos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años considerando como periodo de evaluación el de 200 años, también se usó información proporcionada por el SENAMHI que nos muestra las precipitaciones máximas recolectadas de la Estación Meteorológica Chirinos, logrando obtener de esa manera el hidrograma unitario para el tiempo de retorno de 200 años. Posteriormente en un tramo de 2112.38 metros del río Chinchipe se aplicó el software HEC-RAS 6.3.1 para el modelamiento hidráulico bidimensional de flujo no permanente, obteniendo como resultado un tirante de 12.36 m, un caudal de 4,902.89 m<sup>3</sup>/s y una velocidad máxima de 17.71 m/s. Los resultados obtenidos nos indican que el nivel de intensidad es **muy alto**, el nivel de peligro de inundación **es medio** y el grado de vulnerabilidad de inundación es **muy alta**.

**Palabras clave:** modelamiento hidrológico e hidráulico, riesgo, inundación, río, peligro, vulnerabilidad, Hec-Ras 6.3.1

## ABSTRACT

The main objective of this research thesis is to estimate the level of risk due to flooding of the Chinchipe River in the Puerto Ciruelo town center. Data collection was carried out between the months of January 2023 and March 2023 in person using technical sheets. With this information collected, an analysis and interpretation was carried out; among them is identifying the indicators or parameters for the analysis of the danger and vulnerability of the area under study, in such a way that the level of risk in which it is located can be determined. To obtain the topographic information, the Alos Palsar satellite was used, as well as the ArGis and AutoCAD civil 3D software. For hydrological modeling, different geomorphological parameters of the Chinchipe River basin were found, as well as the maximum flows for return times of 50, 100, 200 and 500 years, considering 200 years as the evaluation period. Information provided by the SENAMHI that shows us the maximum rainfall collected from the Chirinos Meteorological Station, thus obtaining the unit hydrograph for the return time of 200 years. Subsequently, in a section of 2112.38 meters of the Chinchipe River, the HEC-RAS 6.3.1 software was applied for two-dimensional hydraulic modeling of non-permanent flow, resulting in a depth of 12.36 m, a flow rate of 4,902.89 m<sup>3</sup>/s and a maximum velocity of 17.71 m/s. The results obtained indicate that the level of intensity is very high, the level of flood danger is medium and the degree of flood vulnerability is very high.

**KEY WORDS:** hydrological and hydraulic modeling, risk, flood, river, danger, vulnerability, Hec-Ras 6.3.1

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las inundaciones a nivel mundial están catalogadas como uno de los riesgos naturales más destructivos que existen en consecuencias económicas, sociales y ambientales a lo largo de la humanidad. Es por ello que, a causa de estas condiciones climáticas extremas, la respuesta insuficiente a los desastres y las pérdidas por inundaciones se han incrementado rápidamente a nivel mundial. (Senamhi, 2022, p. 07)

En el Perú las inundaciones son un problema recurrente cada año, debido a las precipitaciones en la región andina. La región andina presenta una época seca y una época de lluvia; en lo que son épocas de lluvia tenemos la presencia de un fenómeno llamado la corriente de “El Niño” o “La Niña”, lo que provoca que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten cuantiosamente su caudal, desbordándose y ocasionando daños a las localidades costeras. (CENEPRED, 2014, p. 07)

Por otro lado, el Perú, tiene un entorno físico que se encuentra constituido por montañas jóvenes con movimientos tectónicos activos que lo hace propenso a inundaciones repentinas. Además, las condiciones geológicas y especialmente la temporada de fuertes lluvias en verano, desencadenan varios tipos de peligros naturales. Las intensas lluvias y los aguaceros pueden causar inundaciones devastadoras en las zonas montañosas bajas. (CENEPRED, 2014, p. 05)

En nuestro contexto el río Chinchipe es un lecho fluvial ubicado en el margen derecho del centro poblado Puerto Ciruelo que cuenta con una geografía muy accidentada, cuyas zonas adyacentes vienen siendo ocupadas por edificaciones de algunos pobladores que no tienen en cuenta el riesgo que esto conlleva. El C.P. Puerto Ciruelo se encuentra a 462 m.s.n.m del nivel de fondo del Río Chinchipe, lo que lleva que al ocurrir las avenidas propias de las épocas de lluvias que son anualmente o por ocurrencias de eventos extremos, el cauce del Río no tenga capacidad de transportar el aumento del caudal provocando erosión, desborde, inundación de las viviendas y terrenos aledaños. Se conoce que el CENEPRED en el año 2016 realizó un estudio de la zona para la construcción de Gaviones y roca en la Margen Izquierda del Río Chinchipe.

Como constancia dada de un evento anterior en la zona de estudio se tiene como información por el poblador de nombre Lenner Cerquera Agila con DNI 4694218 habitante cerca de la zona que en el año 1991 gobierno de Alberto Fujimori, que hacía una visita a la zona pudo presenciar un caudal extremadamente alto (10 metros aproximadamente) que amenazaba con inundar al centro poblado, pero ya para el año 2000 se presencié una crecida del caudal del río que inundó las casas que están justo en el balneario y la cancha deportiva del mercadillo, no se llevó ninguna casa pero si los dejó algo afectadas, no hubo pérdidas humanas.

Por ello el objetivo importante de este tema de investigación consiste en determinar el nivel de riesgo de inundación generado por el río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo ya que los pobladores están constantemente preocupados de que sus viviendas sean inundadas, o incluso pierdan sus hogares, cuando llegue un aumento del caudal.



**Figura 1.** *Vista aérea del CC. PP Puerto Ciruelo y el Río Chinchipe.*

### **1.1. Formulación del Problema**

¿Cuál es el nivel de riesgo de inundación generado por el río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo, San Ignacio 2022?

## **1.2. Justificación de la Investigación**

Durante los últimos años, teniendo como antecedentes las intensas lluvias que se registra en el centro poblado Puerto Ciruelo los cuales aumentan considerablemente el caudal del río Chinchipe, se tuvo en cuenta de que existan estudios más detallados con herramientas modernas y estadísticas verdaderas que brinden una información más amplia de los posibles riesgos de inundación para prevenir las consecuencias de un posible desastre, y de tal manera sirva para que el gobierno local como el gobierno regional formulen proyectos de prevención como defensas ribereñas y otros, con el objetivo también de evitar pérdidas humanas.

## **1.3. Alcances de la Investigación**

Se busca evaluar el nivel de riesgo de inundación por el río Chinchipe en el centro poblado de Puerto Ciruelo. Para el modelo hidráulico se utilizó el software unidimensional Hec-Ras 6.3.1 para un tiempo de retorno de 200 años. Para evaluar el grado de vulnerabilidad se realizó unas encuestas a 118 viviendas evaluando su vulnerabilidad física, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad social, vulnerabilidad educativa, vulnerabilidad cultural e ideológica, vulnerabilidad política institucional y vulnerabilidad científica y tecnológica. De tal modo, para el cálculo del nivel de riesgo de inundación se utilizó la metodología sugerida en el Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales del Instituto Nacional de Defensa Civil.

## **1.4. Delimitación de la Investigación**

**Área:** La investigación se centró exclusivamente en la parte colindante con el río Chinchipe en el centro poblado de Puerto Ciruelo, ubicado en la provincia de San Ignacio, región de Cajamarca.

**Tiempo:** La investigación se llevó a cabo en un período de cinco meses, que fueron desde noviembre del año 2022 hasta abril del año 2023. Durante este tiempo, se recolectaron datos, se analizaron los resultados y se elaboraron las conclusiones correspondientes. Es importante destacar que estas delimitaciones son flexibles y fueron ajustadas según las necesidades y resultados de la investigación.

## **1.5. Objetivos**

### **Objetivo General**

Estimar el nivel de riesgo de inundación por el río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo, San Ignacio 2022.

### **Objetivos Específicos**

- a) Recopilar y sistematizar la información cartográfica e información hidrológica del río Chinchipe sobre el centro poblado Puerto Ciruelo.
- b) Estimar el caudal y el periodo de retorno de la inundación.
- c) Modelar hidrológica e hidráulicamente el tramo en estudio del río Chinchipe y las áreas inundables mediante el programa Hec-ras para periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para estimar el nivel de inundación y las áreas afectadas por la inundación.
- d) Caracterizar al centro poblado Puerto Ciruelo, desde el punto de vista urbanístico.
- e) Estimar empíricamente los parámetros utilizados en la ecuación del tránsito de avenidas.
- f) Elaborar un mapa del nivel de riesgo de inundación por el río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo, como aporte para las autoridades.

## **1.6. Limitaciones de la Investigación**

Entre las limitaciones que se identificaron durante la ejecución de la investigación, tenemos las siguientes: Dificultad para el acceso a la información meteorológica, las cuales fueron necesarias para el avance de la investigación, por lo que se tuvo que conseguir datos de una tesis ya realizada y que contenía este tipo de información. Para obtener información del Levantamiento Topográfico fue necesario pedir permiso a los propietarios para obtener una adecuada toma de datos.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos**

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

**Sánchez y Barreda, (2020) en su investigación titulada “Análisis de Riesgo de inundaciones en el río Tunjuelito en el Municipio de Bosa, Bogotá D.C.”**

El objetivo principal de este proyecto fue identificar las zonas con mayor riesgo de inundaciones en el tramo del río Tunjuelito que atraviesa la ciudad de Bosa. Para ello se utilizó el software especializado ArcGis 10.5. Esto hizo posible la creación de mapas. Esto es esencial y fundamental para la generación de herramientas de planificación que permitan una toma de decisiones ágil y precisa para crear trabajo para reducir amenazas y riesgos. Este proyecto describe información respaldada por análisis creados a partir de información geográfica y cómo las herramientas desarrolladas con el software ArcGis 10.5 se pueden utilizar para identificar amenazas, riesgos, y vulnerabilidades de inundaciones en la ciudad de Bosa. Utilizamos herramientas para identificar y mitigar riesgos y amenazas en la localidad.

**Olín, (2017) en su investigación para obtener el grado de maestro, Vulnerabilidad por inundaciones, de la Universidad Autónoma del Estado de México.**

El investigador menciona que las inundaciones son un problema que usualmente se ven agravados a medida que aumentan los niveles de la vulnerabilidad social, pues ello repercute en crear un ambiente de riesgo al afectar la vida de los humanos, con los daños o perjuicios que se ocasiona en el entorno que ellos han construido y al mismo tiempo también del entorno natural al que tiene acceso el hombre mediante su explotación para obtener algunos beneficios, entonces para ellos en la investigación el autor se planteó como objetivo principal determinar el nivel de la vulnerabilidad social por el efecto de inundaciones en la localidad estipulada en la investigación, para ello se utilizó una metodología que integra todas las características y también integra las condiciones de vida de todas las personas de esta localidad, para ello el autor utilizó información del índice de marginación por sección electoral y también la cercanía que tienen estos con el desarrollo de las inundaciones que se han registrado por parte de la comisión del agua del Estado de México desde el año 2000 hasta el año 2010, luego de recoger la información y realizar el procesamiento de datos con herramientas estadísticas y también utilizando sistemas de información de manera geográfica se pudieron llegar a las conclusiones de que, el 43% de las secciones llamadas electorales son afectadas por las inundaciones, 47% de la población que habita en estas secciones electorales también son afectadas por este fenómeno, todo ello los ocupantes representan el

50% del municipio en el que están asentados estas secciones.

**Cardozo, (2021) en su investigación para obtener el grado de doctora en agua y desarrollo sostenible, Inundaciones urbanas: propuesta para una gestión de riesgos con enfoque en la prevención de daños, de la Universidad de Alicante.**

Le investigadora mencionó que existe una tradición de ocupar el espacio que se caracteriza por la explotación de manera intensiva de los recursos que proveen la naturaleza, que normalmente está basado en que estos recursos son abundantes y el hombre tiene una suposición de que son infinitos y jamás se van a agotar, por ejemplo Brasil generó un impacto negativo en el territorio y al mismo tiempo también en las especies en todos estos 500 años que han transcurrido desde el descubrimiento de este país, la preocupación que tuvo por estos recursos naturales fue nula, principalmente transgrediendo el medio ambiente y todos los recursos naturales que los contiene, luego de ello en el año de 1970 se empezó a hablar de la sostenibilidad en el desarrollo de los pueblos o las naciones, es donde se empieza a tomar en cuenta el impacto que el ser humano está causando a la naturaleza, en ese mismo contexto en el que se está hablando la investigadora se propone, investigar las inundaciones en las zonas urbanas como un fenómeno de manera constante, ya que existe una interacción entre las aguas fluviales del entorno y también las aguas de la ciudad, todo ello teniendo en cuenta los fenómenos o las condiciones hidrológicas, las condiciones geológicas y finalmente también las condiciones meteorológicas, todas estas condiciones están asociadas a la acción o acciones de las personas, entonces debido a ello todos estos fenómenos naturales pueden pasar a tener características de catástrofes, que se traduce en más adelante en daños muy recurrentes tanto a nivel personal y también en daños patrimoniales, luego de procesar los datos se llegaron a las conclusiones de que lo que comúnmente denominamos desastres naturales, en realidad son consecuencias de cómo los seres humanos ocupan y gestionan ese espacio, aunque también tienen que ver mucho los fenómenos hidrológicos y las acciones geológicas de la localidad, esto también está potenciado por los cambios climáticos que se vienen suscitando actualmente, entonces aunado a ello voy por la acción del hombre las circunstancias del riesgo se agravan aún peor, y a que los seres humanos son los que incrementan la vulnerabilidad física y también la vulnerabilidad social.

## **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**Ñopo & Rigueti, (2022) en su investigación para obtener su título profesional, Estimación de daños causadas por precipitaciones máximas en el centro urbano de la ciudad de Lambayeque, de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.**

En esta investigación los autores se plantean como objetivo principal estudiar las precipitaciones y por consiguiente realizar las indagaciones respectivas en el área de hidrología, y de esa manera poder determinar la estimación de daños que causan estas precipitaciones en la ciudad de Lambayeque, la metodología que se utilizó en esta investigación fue no experimental ya que no se realizó ninguna manipulación deliberada a las variables de estudio. más bien se utilizaron los conocimientos estructurados y obtener con él los resultados en la investigación, bueno enfoque utilizado fue una investigación cuantitativa al utilizarse de manera estructurada del método científico, además de ello obtiene analiza los datos realizando una medición numérica, y a que con ello se pretendió determinar los parámetros del riesgo y el peligro en las zonas más críticas del centro de la ciudad que sea tomado en cuenta para realizar la investigación, el planteamiento del problema inicia mencionando que el distrito de lambayeque está ubicado dentro de los distritos que son más expuestos a los peligros de inundación y Es por ello que se determinó identificar estas zonas más vulnerables por el efecto de inundación de los ríos y las quebradas que son adyacentes a la zona de estudio, sin embargo también un fenómeno importante es el denominado el niño, debido a ello se registran elevadas pérdidas y daños en la zona norte del país tanto a nivel personal como también a nivel institucional, debido a las intensas precipitaciones es que se generan inundaciones y al mismo tiempo también se activan los ríos y las quebradas que han permanecido durante un tiempo sin actividad o sin cauce del líquido, los daños son abundantes principalmente dentro de la misma comunidad hay también en la infraestructura como por ejemplo el transporte, la comunicación y la vivienda, luego de recoger, estructurar y analizar los datos obtenidos se llegaron a las conclusiones de que: las zonas en el centro de la ciudad del casco urbano se ven afectadas por las precipitaciones que ocurren desde la cuadra 3, 4, 5 y 6, de la calle 2 de mayo.

**Mallqui, (2021) en su investigación para obtener el título profesional de ingeniero civil, Nivel de riesgo por inundación en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael - Huánuco 2019, de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.**

En esta investigación el autor se plantea estudiar el nivel de riesgo en el que se encuentra el distrito de San Rafael, frente a una inundación de ocurrencia alta, ocasionado principalmente por el río Huallaga, la investigación se desarrolló siguiendo estas, iniciando principalmente por

la recolección de datos, para luego de ello proceder con el análisis y posterior a esta con la interpretación de esos datos recogidos, para luego de ello también poder determinar los indicadores y los parámetros para posteriormente estructurar la matriz de licencia y con base en ello podrá estar el análisis y la unidad de la zona que se ha tomado en cuenta para la investigación, además de guión para la investigación también se utilizó el manual de estimación de riesgo ante inundaciones fluviales del Instituto Nacional de Defensa Civil, posterior a ello el investigador realizó una simulación y planteamiento hidráulico, con ello permitió realizar el modelamiento y también realizar el análisis hidráulico en la cual se evaluó los caudales máximos en las avenidas en diferentes períodos que se utilizaron de retorno, determinando esto se llegó al resultado estructurando de esa manera las posibles zonas de inundación, finalmente existen en el sector San Rafael un nivel medio de inundación.

**Mondragón Delgado (2013), Evaluación del nivel de Riesgo de Inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén. Repositorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca**

El objetivo principal de esta investigación fue determinar el nivel de riesgo de inundación en la parte baja de la ciudad de Jaén. El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante software y fórmulas empíricas.

Se utilizó el estudio hidrológico y la modelación hidráulica del río Amojú para evaluar el peligro de inundación en la zona de estudio. El resultado fue que la zona de estudio presentaba un peligro de inundación muy alto. De igual manera, la evaluación del nivel de vulnerabilidad realizada a partir de las encuestas realizadas a las 96 viviendas llegó a la conclusión de que la zona de estudio presenta un alto grado de vulnerabilidad. El mapa de peligro de inundación, que se creó utilizando la modelación hidráulica, indica que una llanura de inundación afectaría en gran medida a las viviendas.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

**Aguirre Segura, Max Anderson, (2021) Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de Namballe como consecuencia del desborde del río Namballe en épocas de fuertes lluvias mediante el uso de modelos matemáticos, San Ignacio.**

El objetivo principal es evaluar la susceptibilidad y el peligro de inundación de la ciudad de Namballe como resultado del aumento del caudal del río Namballe. El desarrollo del proyecto comenzó con la exploración por satélite del segmento del río que afecta la ciudad de Namballe, que tiene aproximadamente 1.31 km lineales. La página web de la NASA, que proporciona los archivos DEM, proporciona datos aproximados para el área a trabajar. Luego,

se recopilarán datos de la cuenca de la región (cartas nacionales) y se delimitarán el río Canchis y su subcuenca que corresponde al río Namballe, identificando sus características. Después de eso, se recopilarán datos sobre la precipitación se utilizarán los datos recopilados por SENAMHI de las estaciones meteorológicas dentro o cercanas a la cuenca de estudio para crear curvas IDF y hietogramas para diferentes tiempos de retorno. Se utilizarán métodos seleccionados específicamente en el "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje" para obtener distribuciones de probabilidad. El modelo hidrológico se construirá utilizando el programa matemático HEC-HMS. Esto nos proporcionará un caudal de diseño para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 200 y 500 años. El río Namballe será analizado utilizando los programas ARCGIS e IBER, los cuales inundarán áreas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 200 y 500 años. El área urbana del distrito de Namballe tiene un alto nivel de vulnerabilidad. En el área urbana de esta ciudad, se realizó un análisis hidráulico del río Namballe y se descubrió que la inundación es bastante significativa para periodos de 100 años o más.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Hidrográfica**

#### **Cuenca Hidrográfica**

La zona de captación de un arroyo, es la zona de terreno donde se junta toda el agua depositada por las precipitaciones en un solo cauce. (VILLÓN, 2002)

#### **Coeficiente de Fournier o de masividad**

Es un coeficiente que representa la relación al dividir la altura media de la cuenca por su área proyectada.

$$C_M = \frac{H_{med}}{A} \quad (1)$$

Donde:

$C_M$  = Coeficiente de masividad.

$H_{med}$  = Altura media de la cuenca en m.

$A$  = Área proyectada en  $km^2$ .

**Tabla 1.** Clases de valores de masividad.

Rangos de C <sub>M</sub>	Clases de masividad
0 – 35	Muy montañosa
35 – 70	Montañosa
70 – 105	Moderadamente montañosa

Fuente: FUENTES JUNCO, 2004.

### Área proyectada de la Cuenca

El área proyectada de la cuenca se determina del planimetrado de la superficie delimitada por sus límites circundantes y generalmente se expresa en km<sup>2</sup>; también se utiliza los siguientes softwares: AutoCAD, ArcGIS, etc. Se recomienda determinar el área parcial entre las curvas de nivel en forma tabular para facilitar el cálculo de otros parámetros. La sumatoria de las áreas parciales entre las curvas de nivel deberá representar el área total. (ORTIZ, 1994)

### Altura Media de la cuenca

Representa gráficamente a la curva hipsométrica, primero que el 50% del área de la cuenca esté por encima de ese nivel y el 50% restante por debajo de ella. (CENEPRED, 2014, p. 13)

$$H_{med} = \frac{\sum(h_i * S_i)}{A} \quad (2)$$

H med = Altitud media de la cuenca en m.s.n.m

h<sub>i</sub> = Altitud media de cada tramo de área contenido entre las curvas de nivel.

S<sub>i</sub> = Área contenida entre las curvas de nivel.

A = Área total de la cuenca en km<sup>2</sup>.

### Longitud de Máximo Recorrido

Es la extensión de la línea, medida encima del cauce principal, entre el punto de efluencia y un punto encima la divisora de aguas que sea de máxima distancia. (ORTIZ, 2016)

### Longitud del cauce principal

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección, hasta un punto fijo de interés puede ser una estación de aforo

o desembocadura, expresado en unidades de longitud. (CENEPRED, 2014, p. 12)

## Pendiente de la Cuenca

Este es un factor muy importante relacionado con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. (CENEPRED, 2014, p. 12)

**Tabla 2.** Clases de pendiente, Van Zuidam

Clase de pendiente		Condiciones del terreno
(°)	(%)	
0 – 2	0 – 2	Planicie, sin denudación apreciable.
2 – 4	2 – 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión
4 – 8	4 – 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión
8 – 16	8 – 16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo.
16 – 35	16 – 35	Pendiente fuerte, deslizamiento denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos.
35 – 55	35 – 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
> 55	> 55	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

Fuente: CENEPRED 2014.

## Pendiente del Cauce Principal

La pendiente del cauce principal varía a lo largo de toda su longitud, por lo que es necesario utilizar un método adecuado para estimar la pendiente típica. El entendimiento común de que la pendiente es la relación entre la elevación y la longitud del canal principal es muy impreciso e inexacto. Un tramo corto del río con una pendiente alta tiene un efecto notable en la media que no es proporcional al efecto ni al tiempo de recorrido. Para eliminar esta deficiencia se han desarrollado métodos que se basan en el uso del perfil longitudinal del río o relieve y consideran la pendiente correspondiente calculada mediante diferentes expresiones. Algunas de estas expresiones se mencionan a continuación: (ORTIZ, 1994)

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{L_i^2}{S_i} \right)^{1/2}} \right]^2$$

(3)

S: Pendiente promedio del máximo recorrido.

Si: Pendiente parcial de cada tramo.

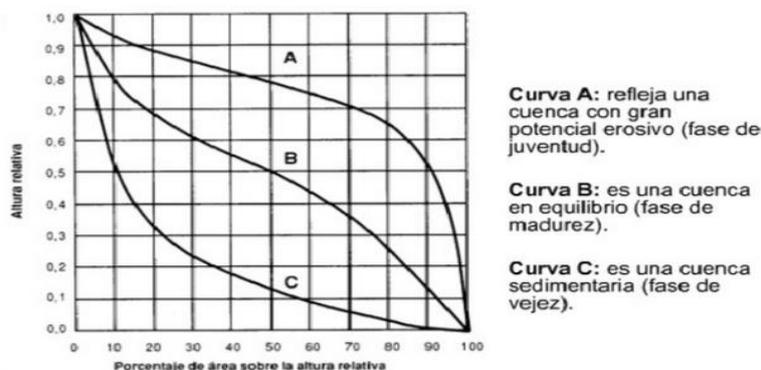
Li: Longitud de cada tramo de pendiente.

n: Número de tramos en que se ha dividido el perfil del cauce.

### Curva hipsométrica

Es una curva donde la ordenada representa la altura o elevación de la cuenca y la abscisa representa la altura desde la superficie de salida o descarga. Esta curva puede considerarse como un perfil analítico de cuenca. (Remenieras, 1974)

Primero, obtener un gráfico de frecuencia para la correlación del área y la altura; es decir, determinar el valor del área correspondiente al intervalo de altura que cubre el área entre la altura mínima y máxima del terreno. Una vez obtenida la relación área – elevación, se obtiene una curva de elevación de la cuenca, la cual es una curva acumulativa que parte de la elevación topográficamente más baja ubicada aguas debajo de la cuenca hidrológica analizada. (Breña Puyol, u otros 2006).



**Figura 2.** Curvas hipsométricas, características del ciclo erosivo y tipo de cuenca.

**Fuente:** CAMPOS ARANDA. (1998).

## Índice de Compacidad o Índice de Gravelius (Kc)

Expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca. Haciendo uso de la relación:

$$K_c = \frac{0.28 P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (4)$$

Kc puede ser mayor o igual que 1, y se incrementa con la irregularidad de la forma de la cuenca. (CENEPRED, 2014, p. 13)

Una Cuenca de forma circular posee el coeficiente mínimo igual a 1 y tiene mayor tendencia a las crecientes en la medida que el valor de Kc se aproxima a la unidad; cuando se aleja de la unidad, presenta una forma más irregular con relación al círculo. (CENEPRED, 2014, p. 13)

Cuando:

Kc = 1: tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes;

Kc = 2: tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes.

**Tabla 3.** Formas de cuenca en base a coeficiente de Gravelius

Valores de Kc	Forma	Características
1.00 – 1.25	Compacta o redonda a oval redonda	Cuenca torrencial peligrosa
1.25 – 1.50	Oval redonda a oval oblonga	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior
1.50 – 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga	Son las cuencas que tienen menos torrencialidad

Fuente: LONDOÑO ARANGO, 2001

## Índice o Factor de forma (Kf)

Es la relación del ancho promedio de la cuenca y su longitud. (CENEPRED, 2014, p. 13)

$$Kf = A/L^2 \dots\dots\dots (5)$$

A = Área de la cuenca ( $km^2$ );

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km).

**Tabla 4.** Valores interpretativos del factor de forma.

Valores aproximados	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Redondeando el desagüe

Fuente: DELGADILLO SANTANDER, Y OTROS, 2012

## Tiempo de Concentración

Es el tiempo que transcurre desde que una gota de agua cae en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la estación de aforo. Este período está en función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca. Vale la pena señalar que debe incluir los escurrimientos sobre superficies, cunetas, canales y los recorridos sobre la misma estructura que se diseña. (Villón, 2004)

Una de las metodologías más usada para estimar este parámetro es la fórmula de Kirpich:

$$tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

tc = tiempo de concentración (horas)

L = Máxima longitud del recorrido (m)

S = pendiente del cauce principal (m/m)

(Villon, 2002, p. 227)

### 2.2.2. Modelos de Variable o Valor Extremo

En general, todos estos modelos teóricos describen muy bien las características de la muestra aleatoria de variables hidrológicas máximas o mínimas, es de ahí el nombre de variable extrema. Entre ellos, tiene especial significación el modelo de probabilidad de Gumbel al simular valores máximos y mínimos anuales de variables hidrológicas. (ORTIZ, 1994)

#### Distribución Gumbel

La distribución de valores Tipo I, denominada Distribución Gumbel o Doble Exponencial, expresa la siguiente fórmula como una función de distribución de probabilidad:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}, y = \alpha(x-\beta) \dots\dots\dots (7)$$

Usando el método de los momentos encontramos la siguiente relación:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S} \dots\dots\dots (8)$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45 * S \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

$\alpha$  = parámetro de concentración.

$\beta$  = parámetro de localización.

$X$  = media muestral.

$S$  = desviación estándar muestral. (MTC, 2011)

#### Función de Densidad de Probabilidad Normal

Es una distribución de probabilidad cuya gráfica tiene forma de campana simétrica (De Gauss). Se utiliza para estimar variables aleatorias con comportamiento normal o casi normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (10)$$

Representada por  $X \sim N(\mu, \sigma)$ , significa que  $X$  obedece una distribución normal de parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ . Definida en el intervalo:  $-\infty < x < \infty$  Donde:  $f(x)$ : Función de densidad de probabilidad Normal.  $\sigma$ : Parámetro de escala.  $\mu$ : Parámetro localización.

### Distribución Gamma

Es una distribución adecuada para modelar el comportamiento de variables aleatorias continuas con asimetría positiva. Es decir, una variable con mayor densidad de eventos a la izquierda de la media que a la derecha. Su expresión tiene dos parámetros (siempre positivos),  $(\alpha)$  y  $(\lambda)$  de los que depende su forma y rango derecho, y la función gamma  $\Gamma(\alpha)$ , que es responsable de la convergencia de la distribución.

$$f(x) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} \dots\dots\dots (11)$$

Representada por  $X \sim \text{gamma}(\alpha, \lambda)$ , significa que  $X$  obedece una distribución gamma de parámetro  $\lambda$  y  $\alpha$ . Definida en el intervalo  $x \geq 0$ .

Donde:

$f(x)$ : Función de densidad de probabilidad Gamma.

$\lambda$ : Parámetro de escala.

$\alpha$ : Parámetro de forma.

$\Gamma(\alpha)$ : Función Gamma.

### Distribución Pearson Tipo III

También llamada distribución gamma de 3 parámetros, se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables extremas. (VILLÓN, 2016)

La función de distribución de probabilidad, está dada por la ecuación:

$$f(x) = \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - \epsilon)^{\alpha-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)} \dots\dots\dots (12)$$

Representada por  $X \sim \text{Pearson}(\alpha, \lambda, \epsilon)$ , significa que X obedece una distribución Pearson de parámetro  $\alpha, \lambda, \epsilon$ .

Definida en:  $\epsilon \leq x < \infty, -\infty < \epsilon < \infty, 0 < \lambda < \infty, 0 < \alpha < \infty$

Donde:

$f(x)$ : Función de densidad de probabilidad Pearson III.

$\epsilon$ : Parámetro de posición (origen de la variable x).

$\lambda$ : Parámetro de escala.

$\alpha$ : Parámetro de forma.

$\Gamma(\alpha)$ : Función Gamma.

En consecuencia, la función de distribución acumulada, está dada por la ecuación.

$$G(y) = \frac{e^{-y}}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n \frac{y^{\alpha+i-1}}{\prod_{j=1}^k \alpha+i-1} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

y: Variable reducida Pearson.

G(y): Función de densidad de probabilidad acumulada Pearson.

**Prueba de Bondad de Ajuste de Smirnov – Kolmogorov**

La prueba que se describe a continuación son aplicables a distribuciones persistentes y son útiles tanto para muestras grandes como pequeñas (Pizarro, et al. 1986). Para usar esta prueba, primero necesitamos determinar la frecuencia acumulada observada.

$$Fn(x) = \frac{n}{N+1} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

Fn (x): Frecuencia observada.

n: Número de orden del dato.

N: número total de datos.

Luego se cuantifican las frecuencias teóricas acumuladas  $F(x)$  definidas para cada función. Una vez encontradas ambas frecuencias, se inicia el cálculo del valor absoluto de la diferencia entre ellas, en la  $i$ -enésima posición denotada por  $D_c$ .

$$D_c = \text{Sup} |F_n(x)_i - F(x)_i| \dots\dots\dots (15)$$

Si se encuentra que la diferencia absoluta es más pequeña que la diferencia tabulada, según el tamaño de la muestra, se dice que está en buen acuerdo con el nivel de significancia esperado (generalmente 0.05 y 0.01). Por lo tanto, si esta comparación da como resultado una gran diferencia entre la función de distribución de muestreo y la distribución propuesta, se rechaza la comparación, de lo contrario, es aceptable (VILLON, 2002, p. 182).

### 2.2.3. Hidráulica

#### Hidráulica Fluvial

##### Clasificación de los Ríos según su Edad

**Ríos jóvenes:** Los ríos jóvenes se encuentran en los cauces de las montañas y tienen una sección transversal en forma de "V" y pendientes altas. Se están desmoronando y son extremadamente irregulares. (ROCHA,1998)

**Ríos maduros:** La erosión de las márgenes ha reemplazado a la erosión del fondo en valles amplios con pendientes muy bajas. La sección transversal de cada tramo de un río maduro es capaz de transportar la carga de sedimento a lo largo de su recorrido, lo que lo convierte en una fuente de estabilidad. (MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM.)

**Ríos viejos:** Están situados en valles y planicies extensos con pendientes muy bajas y un ancho entre 15 y 20 veces mayor que el de los meandros. A lo largo de los márgenes, se forman depósitos naturales de sedimentos. Aunque los ríos viejos no tienen rápidas o caídas, puede haber lagos con forma de cuerno o herradura cerca de ellos. (Manual de ingeniería de ríos del Instituto de Ingeniería de la UNAM)

##### Clasificación de los Ríos según su Período de Actividad

**Ríos Perennes:** Son los que se forman en áreas con muchas precipitaciones y, debido al constante aporte de agua, suelen no experimentar cambios significativos en su caudal a lo largo del año. Los ríos perennes también pueden nacer de corrientes subterráneas, sin necesidad de encontrarse en regiones de grandes precipitaciones. (UNIVERSO MARINO,2014)

**Ríos Estacionales:** Son ríos propios de regiones donde las estaciones se encuentran muy diferenciadas entre sí, con temporadas húmedas y también de sequía, y se caracterizan por presentar grandes altibajos en su caudal. Generalmente los ríos estacionales se encuentran en zonas de alta montaña, aunque en zonas bajas también se pueden dar, pero con mucha menor frecuencia. (UNIVERSO MARINO,2014)

**Ríos Alóctonos:** Estos son ríos que nacen en áreas húmedas y lluviosas, pero atraviesan áreas secas o desérticas. Ríos como el Nilo y el Okavango son buenos ejemplos de esto. (UNIVERSO MARINO,2014)

### **Clasificación de los Ríos según su geomorfología o forma**

**Ríos Rectilíneos:** Son aquellos que tienen un canal principal y una multiplicidad baja (pocas bifurcaciones), pero son muy inestables y pueden formar otros tipos de río. Debido a su configuración las aguas de los ríos rectilíneos poseen gran fuerza y son altamente erosivos allá por donde pasan. (UNIVERSO MARINO,2014)

**Ríos Meandriiformes:** Generalmente presentan un único canal principal, pero con la característica de tener una gran cantidad de meandros en su recorrido, siendo muy sinuosos en su forma. Los ríos meandriiformes tienen a la vez capacidad erosiva y sedimentaria, debido a la velocidad variable de sus aguas y distinta en ambas orillas de cada meandro. (UNIVERSO MARINO,2014)

### **Clasificación de los Ríos según el tipo de fondo**

**Ríos con lechos aluviales:** Los ríos que fluyen en cauces constituidos por los sedimentos que ellos mismos han erosionado, transportado y depositado, a través de su historia. (PEDRO BASILE,2018)

**Ríos con lechos rocosos:** En estos ríos el transporte de sedimentos es muy reducido y su evolución morfológica es mucho más lenta debido a la dureza del material de su cauce. (GRACIA,1997)

### **Clasificación de los Ríos según sus grados de libertad**

**Un grado de libertad:** Se refiere a una vía fluvial donde solo la profundidad del agua cambia con el flujo del agua. Si el grado de libertad es 1, la sección transversal es constante. Un ejemplo de este tipo de flujo de agua sería un terreno sólido, tal vez una roca o un área cerrada.

**Dos grados de libertad:** Si sólo pueden variar la profundidad y la pendiente, se dice que un canal tiene dos grados de libertad. Este tipo de ríos se pueden encontrar cuando las orillas tienen una resistencia muy alta pero no tienen fondo.

**Tres grados de libertad:** Si además de la profundidad y la pendiente, las orillas también pueden cambiar cuando cambia la corriente, es decir, el ancho del canal, entonces tenemos un canal con tres grados de libertad.

### **Coeficiente de rugosidad (n Manning)**

El valor “n” Manning es variable y depende de un gran número de factores como rugosidad superficial del cauce, vegetación presente en el cauce y llanuras de inundación, irregularidades del cauce, alineación del cauce, erosión y sedimentación, obstrucciones, tamaño y forma del cauce, estación y descarga, cambio temporal, temperatura, material en suspensión y carga de fondo. (Ven Te Chow, 1994; Jildibrán Núñez, 2017)

Cowan desarrollo un procedimiento para determinar el coeficiente de Manning teniendo en cuenta diversos parámetros de la geometría del cauce. (Ven Te Chow, 1994; Jildibrán Núñez, 2017)

$$\eta = (\eta_0 + \eta_1 + \eta_2 + \eta_3) * m_5 \dots\dots\dots (16)$$

$n_0$  = Valor básico de n para canal recto, uniforme y liso en los materiales involucrados.

$n_1$  = Valor agregado para corregir efecto de rugosidades superficiales.

$n_2$  = Valor para variaciones en forma y tamaño de sección transversal del canal.

$n_3$  = Valor para considerar obstrucciones.

$n_4$  = Valor para considerar la vegetación y condiciones de flujo.

$m_5$  = Factor de corrección de los efectos por meandros del canal.

(CHOW, 1994)

**Tabla 5.** Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante Cowan

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	$\eta_0$	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	$\eta_1$	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	$\eta_2$	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	$\eta_3$	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	$\eta_4$	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	$m_5$	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Ven Te Chow (1994)

Para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning, existen tablas que muestran valores típicos para un determinado tipo de cauce, llanura de inundación, donde se muestran valores mínimos, normal y máximo.

**Tabla 6. Valores de coeficientes de rugosidad “n” de Manning**

Tipo de cauce y descripción	Valor de $\eta$		
	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A. Cauces naturales menores (ancho superior, a nivel de crecida, menor que 30 m)</b>			
A-1) Cauces en planicies			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4) Igual que el anterior pero algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
6) 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 malezas, pozos profundos o recorrido de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
A-2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, cantos rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Cantos rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
<b>E) Planicies de Inundación</b>			
1) Pastizales sin arbustos			
• Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
• Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Areas cultivadas			
• Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
• Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
• Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
• Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
• Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
• Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
• Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
• Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
4) Arboles			
• Sauces densos, en verano y rectos	0.110	0.150	0.200
• Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
• Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
• Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las	0.080	0.100	0.120

#### **2.2.4. Tránsito de Avenidas**

Es un método matemático para predecir cambios en el tamaño, la velocidad y la forma de las ondas de flujo en función del tiempo (hidrograma de avenidas) a medida que se propagan o atraviesan una sección de un río en uno o más puntos. (Jildibrán Núñez, 2017; Ven Te Chow, 1994)

Según Ven Te Chow (1994), “para predecir la variación temporal y espacial de la marejada ciclónica sobre un tramo del río. Alternativamente para determinar el hidrograma de salida de una cuenca sobre la que se presenta una tormenta, se utiliza el método de paso de inundaciones, que cae en dos categorías:

- Métodos Hidrológicos (o de Almacenamiento)
- Métodos Hidráulicos (o flujo distribuido)

##### **a) Métodos Hidrológicos**

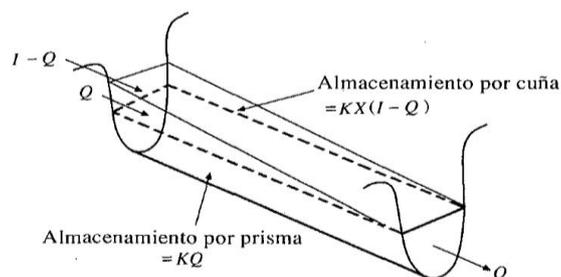
La ecuación de continuidad y la relación entre el almacenamiento y el gasto de salida se utilizan en los métodos hidrológicos. En términos generales, son menos complejos que los hidráulicos. Ellos dependen de uno o más parámetros cuyos valores son únicos para el segmento del río que se está estudiando. La mayoría de estas técnicas se basan en un hidrograma de entrada y otro a la salida del río. (Ven Te Chow, 1994)

En un sistema hidrológico, el flujo en función del tiempo se calcula sólo en una ubicación específica utilizando un mapa hidrográfico conocido o supuesto en uno o más puntos aguas arriba.

El software requerido es HEC-HMS y su precisión es aceptable a menos que existan retraso u otras condiciones que invaliden su uso. (Ven Te Chow, 1994; Jildibrán Núñez, 2017)

##### **Método de Muskingum**

Método de tránsito hidrológico que se usa comúnmente para manejar relaciones caudal-almacenamiento variables. Modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un canal de un río mediante la combinación del almacenamiento de cuña y prisma como se ve en la imagen. Durante el avance de la onda de creciente, el caudal de entrada es mayor que el caudal de salida, siendo un almacenamiento de “cuña”. Durante la recesión, el caudal de salida es mayor que el caudal de entrada resultando en una cuña negativa. (CHOW, 1994)



**Figura 3.** Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de un canal.

Fuente: (CHOW, 1994)

### b) Métodos Hidráulicos

Los métodos hidráulicos utilizan la ecuación de conservación de la masa y de conservación de cantidad de movimiento (ecuaciones de Saint-Venant) para describir el flujo de agua en un cauce. Las ecuaciones mencionadas comúnmente se resuelven con esquemas de diferencia finitas, con el método de las características o el método del elemento finito. (Ven Te Chow, 1994; Jildibrán Núñez, 2017)

El software utilizado para la modelación hidráulica se llama HEC-RAS y permite una estimación más confiable de las áreas de inundación para diferentes caudales y avenidas máximas.

### Ecuaciones de Saint – Venant

Para conservación de masa de un flujo del tipo unidimensional en régimen no permanente:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = Q_e \dots\dots\dots (17)$$

Donde:

t: Tiempo

x: Espacio a lo largo del cauce

A: Área de la sección transversal

Qe: Caudal de entrada lateral distribuido a lo largo de x.

Ecuación del momento del fluido:

Donde:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \delta \left( \frac{\partial y}{\partial x} + S_f - S_0 \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (18)$$

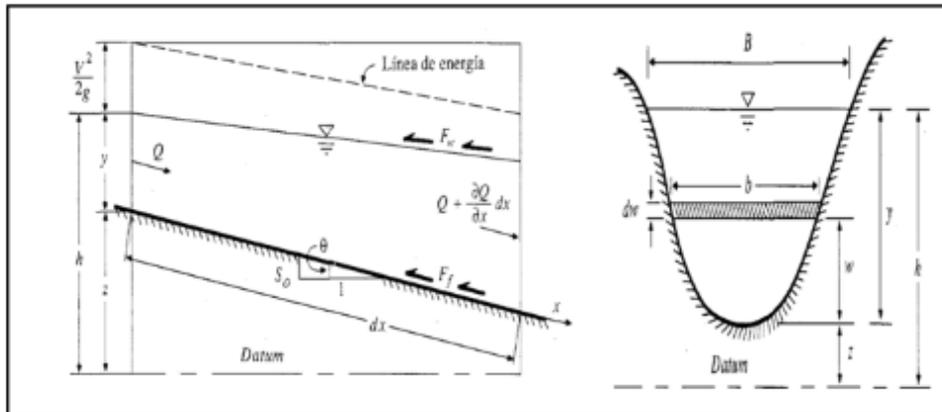
V : Velocidad

$\delta$  : Constante de aceleración de la gravedad

Y: Elevación de la superficie de agua.

Sf: Pendiente longitudinal de fricción

So: Pendiente longitudinal de Cauce



**Figura 4.** Tramo de un cauce para la deducción de ecuaciones de Saint-Venant

**Fuente:** Ven Te Chow et al. (1994).

### 2.2.5. Hidrología Fluvial

Es el estudio de la secuencia en que se presentan los caudales de un río. (MARTÍN, 2003).

#### Inundación

Las inundaciones ocurren cuando las precipitaciones intensas o constantes exceden la capacidad del suelo, el volumen máximo que puede transportar el río es rebasado y el cauce principal se desborda e inundando las superficies adyacentes. (Instituto Nacional de Defensa

Civil, 2011, p. 13)

En muchas ocasiones escucharás o leerás que "ocurrió la inundación de 100 años" cuando se considera la probabilidad estadística de que ocurran las inundaciones. Los científicos e ingenieros usan estos términos con frecuencia para evaluar el riesgo o diseñar puentes. La inundación de 100 años significa que hay 1 en 100 posibilidades de que ocurra una inundación de esa magnitud en 1 año, o que tiene un promedio de ocurrencia cada 100 años. (Ecoexploratorio, 2022).

### **Efectos de las inundaciones:**

A escala mundial, no existe otro tipo de amenaza natural que ocasione mayor pérdida de vidas. Se lo podemos atribuir a dos razones principalmente: por su alta frecuencia y por la falta de respeto o conocimiento a las fuerzas del agua. (National Severe Storm Laboratory, 2021).

**Efectos Sociales:** algunos de los impactos inmediatos por inundación son la pérdida de vidas humanas, daños a bienes, así como la pérdida de medios de subsistencia y efectos psicosociales. Todo ello, junto al impacto económico asociado, puede provocar fuerte migración. (INDECI, 2011)

**Efectos Económicas:** disminución de la capacidad adquisitiva y de la capacidad productiva de una región, así como daños estructurales. A ello se suma el coste de la recuperación a posteriori. (INDECI, 2011)

**Efectos Ambientales:** las inundaciones pueden destruir las comunidades ecológicas (vegetación, animales) y dificultan la capacidad de rebrotamiento y colonización de las especies. También pueden contribuir a la dispersión de contaminantes y provocar importantes cambios en los cursos fluviales. (INDECI, 2011)

### **Tipos de inundaciones:**

Las inundaciones se clasifican entre los fenómenos de inicio súbito, aunque su velocidad depende del tipo:

**Inundaciones dinámicas o rápidas:** Estas inundaciones ocurren en ríos con altas precipitaciones y donde las cuencas son de grandes pendientes. Las avenidas de los ríos son inoportunas y de corta duración. Son las que causan el mayor daño de perjuicios en infraestructura y la población, debido a que el tiempo de reparo es casi nulo. (INDECI, 2011, p. 12).

**Inundaciones estáticas o lentas:** Suelen ocurrir cuando las lluvias son persistentes y generalizadas. Como resultado, el caudal del río aumenta gradualmente hasta que supera su capacidad máxima de carga. Esto hace que el río se desborde, inundando las áreas planas cercanas. A estas áreas se les denomina llanuras de Inundación. (INDECI, 2011, p. 12).

**Inundaciones pluviales:** Se producen por lluvias continuas en un área geográfica determinada sin que este fenómeno coincida con los desbordes de un cauce fluvial. Este tipo de inundación ocurre después de un largo período de fuertes lluvias, es decir, causadas por precipitaciones intensas en un período muy corto de tiempo o por lluvias moderadas y constantes durante un período prolongado sobre un suelo poco drenado. (INDECI, 2011, p. 12)

**Inundaciones fluviales:** Originadas por la crecida de los ríos y en su mayoría son estacionales. Es causado por un aumento inoportuno en el volumen de agua superior a lo que un lecho o cauces pueden transportar sin desbordarse, durante las llamadas avenidas (resultado del exceso de lluvias). (INDECI, 2011, p. 12)

### **Avenidas Extraordinarias**

Esta es la altura del nivel del flujo de agua, que es mucho más alta que la velocidad promedio del flujo. Durante una inundación, el caudal de un canal aumenta hasta el punto en que el lecho del río no es lo suficientemente grande para contenerlo, lo que provoca que el agua se desborde y caiga a la llanura aluvial. (FELIPE DEL ANGEL, 2021)

### **Estadísticas en el análisis hidrológico**

En algunos casos de procesos hidrológicos, es posible que los valores monitoreados de un proceso no estén correlacionados con los valores monitoreados del entorno. Si no hay correlación entre observaciones adyacentes, la salida del sistema hidrológico se procesa probabilísticamente, independientemente del espacio y el tiempo, en un esquema de clasificación determinado. Este tipo de procesamiento es adecuado para monitorear eventos hidrológicos extremos como inundaciones o sequías y para información hidrológica promediada en largos intervalos de tiempo.

## Completación de datos por Método de razones promedio.

Los datos faltantes se pueden detectar si los datos provienen de algunas estaciones cercanas a esa estación. Una forma de hacerlo, dado que las estaciones cercanas tienen una precipitación media anual superior al 10%, es utilizar la fórmula:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[ P_1 * \left( \frac{N_x}{N_1} \right) + P_2 * \left( \frac{N_x}{N_2} \right) + \dots + P_n * \left( \frac{N_x}{N_n} \right) \right] \dots\dots\dots (19)$$

Donde:

Px: Altura de precipitación faltante en la estación en estudio.

Pi: Altura de precipitación registrada el día en cuestión en la estación auxiliar i.

Nx: Precipitación media anual en la estación en estudio.

Ni: Precipitación media anual en la estación auxiliar i.

n: Número de estaciones auxiliares. (APARICIO MIJARES, 1992)

### 2.2.6. Estimación del Riesgo por Inundaciones Fluviales

Es la probabilidad de pérdidas adversas o anticipadas (muertes, daños, interrupción económica o destrucción ambiental), resultante de interacciones entre amenazas naturales o provocadas por el hombre y estados de vulnerabilidad. Desde una perspectiva de pérdida, el riesgo se puede definir como una combinación de tres elementos básicos: el precio de los bienes expuestos al evento, su vulnerabilidad o daño al evento real y la probabilidad de que ocurra el evento. (Comisión Nacional del Agua, 2011, p. 55).

#### Importancia de la estimación del riesgo

Permite adoptar medidas preventivas y de mitigación/reducción de desastres, parámetros fundamentales en la gestión de desastres, a partir de la identificación de peligros de origen natural o inducidos por las actividades del hombre y el análisis de vulnerabilidades. Contribuye a la evaluación del daño potencial y los costos sociales y económicos de un centro poblado. Proporciona una base para la planificación de medidas de prevención específicas, reduciendo la vulnerabilidad. Tiene un papel fundamental en el diseño y adopción de medidas de prevención específicas, como la preparación y educación de la población para una respuesta adecuada a una emergencia y la creación de una cultura de prevención. Permite la

racionalización de los recursos humanos y financieros para la prevención y atención de desastres. En el caso de proyectos de desarrollo específicos, constituye una garantía de inversión. Después de un desastre, se consideran las enseñanzas que siempre quedan en un asentamiento o centro poblado, lo que permite observar y analizar los diferentes tipos de vulnerabilidad y su conexión con el riesgo. (Comisión Nacional del Agua, 2011)

**Cálculo de Estimación del Riesgo por inundaciones fluviales.**

Una vez que se ha identificado el riesgo (P) al que está expuesto el centro poblado y se ha realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se lleva a cabo una evaluación conjunta para calcular el riesgo (R). El riesgo (R) es la estimación de la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) en caso de ocurrir un fenómeno natural o tecnológico. Hay dos enfoques diferentes para calcular el riesgo: uno analítico o matemático y otro descriptivo. El criterio analítico, llamado también matemático, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la ecuación siguiente: (INDECI, 2011).

$$R = P \times V \dots\dots\dots (20)$$

Dicha ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: Peligro (P), vulnerabilidad (V) y, consecuentemente, Riesgo (R), se expresan en términos de probabilidad.

**Tabla 7. Matriz de riesgo**

<b>Peligro Muy Alto</b>	<b>Riesgo Alto</b>	<b>Riesgo Alto</b>	<b>Riesgo Muy Alto</b>	<b>Riesgo Muy Alto</b>
<b>Peligro Alto</b>	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
<b>Peligro Medio</b>	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
<b>Peligro Bajo</b>	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	<b>Vulnerabilidad Baja</b>	<b>Vulnerabilidad Media</b>	<b>Vulnerabilidad Alta</b>	<b>Vulnerabilidad Muy Alta</b>

**LEYENDA:**

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

Fuente: INDECI, 2006.

## 2.2.7. Criterios para la determinación del Nivel o Grado de Peligrosidad, Intensidad, para la Evaluación del Período de Retorno y Análisis de la Vulnerabilidad ante Peligros por Inundaciones Fluviales

### Criterio para determinar el nivel de Peligro o grado de Peligrosidad

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente. (INDECI, 2006, p. 13)

El peligro depende de la probabilidad de que ocurra el fenómeno y de su intensidad. La intensidad se puede definir en función de la profundidad y la velocidad del agua y la duración de la inundación. (INDECI, 2011)

$$\text{Peligro por inundación} = f (\text{Intensidad} \times \text{Probabilidad de ocurrencia})$$

Donde:

Intensidad :  $f$  (profundidad de agua, duración, velocidad)

Probabilidad :  $f$  (precipitaciones, eventos desencadenantes, cambios climáticos)

Los niveles de peligro por inundación para un área determinada están relacionados entre la frecuencia de las inundaciones y su intensidad. (es decir, profundidad por la velocidad). Se representa gráficamente en la siguiente matriz: (los siguientes valores son para inundaciones estáticas) (INDECI, 2011).

**Tabla 8. Matriz de Peligro**

<b>Intensidad</b>	<b>Muy Alta</b>	Peligro Medio 0,25	Peligro Alto 0,5	Peligro Muy Alto 0,75	Peligro Muy Alto 1
	<b>Alta</b>	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,56	Peligro Muy Alto 0,75
	<b>Media</b>	Peligro Bajo 0,13	Peligro Medio 0,25	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,5
	<b>Baja</b>	Peligro Bajo 0,06	Peligro Bajo 0,13	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,25
		<b>Baja</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy Alto</b>
		<b>Frecuencia(años)</b>			

Fuente: (INDECI, 2011)

**Tabla 9.** Rangos del nivel de Peligrosidad

Nivel de Peligrosidad	Rangos
Muy alta	$0,750 < NP \leq 1,00$
Alta	$0,50 < NP \leq 0,75$
Media	$0,25 < NP \leq 0,50$
Baja	$0 < NP \leq 0,25$

Fuente: (INDECI, 2011)

NP: Nivel de Peligrosidad

### **Criterio para determinar el nivel de Intensidad**

Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones varían según el tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Sin embargo, para inundaciones dinámicas, se recomienda utilizar el producto de la velocidad del flujo y la profundidad. (INDECI, 2011)

**Tabla 10.** Niveles de Intensidad para Inundaciones pluviales

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad. del flujo (m2/s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5$ m	$H*V > 1.5$ m
Alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5$ m	$0.5 \text{ m} < H*V < 1.5$ m
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5$ m	$0.25 \text{ m} < H*V < 0.5$ m
Baja	$< 0.25$ m	$H*V < 0.25$ m

Fuente: (INDECI, 2011)

**Tabla 11.** Rangos de Intensidad para inundaciones pluviales

Nivel de Intensidad	Rangos
Muy alta	$0,750 < NI \leq 1,00$
Alta	$0,50 < NI \leq 0,75$
Media	$0,25 < NI \leq 0,50$
Baja	$0 < NI \leq 0,25$

Fuente: (INDECI, 2011)

NI: Nivel de Intensidad

## **Criterio para la evaluación de la Frecuencia o Período de Retorno de la inundación fluvial**

El período de retorno se define como la cantidad de tiempo promedio que transcurre después de que ocurre un evento igual o mayor que la dimensión especificada. En este sentido, la duración promedio de recurrencia de un evento dado es igual al periodo de retorno del evento. Sin embargo, en la práctica las dos definiciones son sinónimos. (Campos, 1998, p. 503). Un procedimiento típico para diseñar estructuras que abren a las avenidas para resistir a los impactos, consiste en establecer el período de retorno de acuerdo al tipo de obra o del área a trabajar que esta protege. Luego, el riesgo de falla estructural se evalúa en función del valor específico de su vida útil, cuya elección depende de los factores económicos y sociales. (Campos1 1998, p. 503).

**Tabla 12.** *Período de retorno según categoría*

<b>Niveles de Intensidad</b>	<b>Período de retorno en años (Tr)</b>
Muy alta	$1 < T < 5$ años
Alta	$5 < T < 15$ años
Media	$15 < T < 50$ años
Baja	$50 < T < 200$ años o más

Fuente: (INDECI, 2011)

El propósito del análisis de frecuencia es estimar precipitaciones, caudales máximos o intensidades, según sea el caso para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. (MTC Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2008).

En estadísticas existen muchas funciones de distribución de probabilidad teóricas, las funciones de distribución más usadas en hidrología son:

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal 2 parámetros y Distribución Log Normal 3 parámetros.
- Distribución Gamma 2 parámetros y Distribución Gamma 3 parámetros.
- Distribución Log Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel y Distribución Log Gumbel.

## Vulnerabilidad

El grado de vulnerabilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos a un peligro natural o antrópico de una magnitud dada se conoce como vulnerabilidad. La facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), puede sufrir daños humanos y materiales. Se muestra en porcentajes de 0 a 100 en términos de probabilidad. La vulnerabilidad, es entonces una condición previa que se manifiesta durante el desastre, cuando no se ha invertido lo suficiente en obras o acciones de prevención y mitigación y se ha aceptado un nivel de riesgo demasiado alto (Morales, 2019).

### Vulnerabilidad física

Depende de la calidad y el tipo de materiales utilizados, la construcción de viviendas, los establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (atención sanitaria, educación, sedes de instituciones públicas) y la infraestructura socioeconómica (carretera, puente, canales de riesgo), para gestionar los efectos del peligro. (CENEPRED, 2014).

**Tabla 13. Vulnerabilidad física**

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismo resistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas (*)	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

## Vulnerabilidad económica

Representa el acceso de una población de un determinado centro poblacional a los activos económicos (servicios, empleo dependiente, tierra, infraestructura) y se refleja en su capacidad para enfrentar desastres.

Está determinada básicamente por el nivel de ingreso o la capacidad de la población para satisfacer sus necesidades básicas, que se puede observar en un determinado centro de población a partir de la información estadística disponible en los mapas de pobreza publicados por las instituciones públicas. (CENEPRED, 2014)

**Tabla 14.** Vulnerabilidad económica

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Actividad Económica	Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local.	Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo.	Sin productividad y nula distribución de recursos.
Acceso al mercado laboral	Oferta laboral > Demanda	Oferta laboral = Demanda	Oferta laboral < Demanda	No hay Oferta Laboral.
Nivel de ingresos	Alto nivel de ingresos	Suficientes niveles de ingresos	Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.
Situación de pobreza o Desarrollo Humano	Población sin pobreza	Población con menor porcentaje pobreza	Población con pobreza mediana	Población con pobreza total o extrema

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

## Vulnerabilidad social

Se analiza a partir del nivel de organización y participación que tiene una colectividad, para prevenir y responder ante situaciones de emergencia. (CENEPRED, 2014).

**Tabla 15.** *Vulnerabilidad social*

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Nivel de Organización	Población totalmente organizada.	Población organizada	Población escasamente organizada	Población no organizada.
Participación de la población en los trabajos comunales	Participación total	Participación de la mayoría.	Mínima Participación	Nula participación
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	Fuerte relación	medianamente relacionados	Débil relación	No existe
Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.	Integración total.	Integración parcial	Baja integración	No existe integración

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

## Vulnerabilidad educativa

Se refiere a la implementación adecuada de los planes de estudios en los diversos niveles de la educación formal, que incluyan temas relacionados con la prevención y la atención de desastres, con un impacto positivo tanto en la preparación de los estudiantes para las emergencias como en la educación para la prevención. El propósito es crear una cultura sobre la sociedad. (CENEPRED, 2014)

**Tabla 16. Vulnerabilidad educativa**

VARIABLES	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	La totalidad de la población está capacitada y preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra capacitada y preparada.	La población está escasamente capacitada y preparada.	no está capacitada ni preparada la totalidad de la población
Campañas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa difusión	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	Cobertura total	Cobertura mayoritaria	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo.	Cobertura deslocalizada

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

### **Vulnerabilidad cultural e ideológica**

Se refiere a la percepción que tiene una persona o un grupo de personas sobre sí mismos y la sociedad o comunidad, la cual se ve influenciada por su nivel de conocimiento, creencias, hábitos, actitudes, miedos, mitos, etc. sobre las amenazas naturales o tecnológicas.

El desarrollo histórico de nuestros pueblos ha determinado la existencia de un conjunto único de valores y han determinado la tendencia de la interrelación entre solidaridad e individualismo, así mismo el avance tecnológico, a través de la televisión y la informática, viene influyendo en la conducta y comportamiento de las personas. (CENEPRED, 2014)

**Tabla 17. Vulnerabilidad cultural e ideológica**

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsor	Actitud parcialmente previsor	Actitud escasamente previsor	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

### **Vulnerabilidad política e institucional**

Define el grado de autonomía y elección política que pueden tener las instituciones públicas existentes en una ciudad o municipio para gestionar mejor los desastres. La misma que está ligada con el fortalecimiento y la capacidad institucional para cumplir en forma eficiente con sus funciones, entre los cuales está el de prevención y atención de desastres o defensa civil, a través de los Comités de Defensa Civil (CDC). (CENEPRED, 2014)

**Tabla 18. Vulnerabilidad política e institucional**

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial	Escasa autonomía	No existe autonomía
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	Aceptación y respaldo parcial.	Aceptación y respaldo Minoritario.	No hay aceptación ni respaldo
Participación ciudadana	Participación total	Participación mayoritaria	Participación minoritaria	No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinaciones esporádicas	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

### **Vulnerabilidad científica y tecnológica**

Es el nivel de conocimiento científico y tecnológico que la población debe tener sobre los peligros de origen natural y tecnológico, especialmente los existentes en el centro poblado de residencia. (CENEPRED, 2014).

La comunidad debe estar informada, un ejemplo, sobre la necesidad de que en las construcciones deben considerarse las normas sismo resistentes, de ejecutar obras de defensas ribereñas, descolmatación del río o sistemas de alerta, vigilancia, monitoreo y difusión, para evitar el colapso de las viviendas e inundaciones, minimizando o reduciendo el riesgo. (CENEPRED, 2014)

**Tabla 19. Vulnerabilidad científica y tecnológica.**

VARIABLE	Nivel de vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales	No existen estudios de ningún tipo de los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Conocimiento total de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones	La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

VB (Vulnerabilidad Baja)

VM (Vulnerabilidad Media)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: CENEPRED (2014).

### Estratificación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan en la tabla siguiente:

**Tabla 20. Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad**

Estrato/nivel	Descripción /características	Valor
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Fuente: CENEPRED (2014).

## 2.2.8. Caudales Máximos

### Método Racional

Determina el caudal máximo basada en la precipitación incluidas todas las abstracciones con un único coeficiente C (coeficiente de escorrentía), valorado en función de las características de la cuenca. A menudo se utiliza para cuencas con una superficie menor a 10km. Tenga en cuenta que la duración P es igual al tiempo de concentración. (MTC, 2011)

El caudal máximo de diseño basado en este método, está dado por:

$$Q = 0.278 C.I. A \dots\dots\dots (21)$$

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 ( $Km^2$ )

### **2.2.9. Modelamiento Hidráulico de un Río**

La modelación hidráulica simplifica el comportamiento del flujo utilizando fórmulas o métodos matemáticos. Con respecto al método matemático, que consiste en encontrar los valores de las variables hidráulicas (velocidad, caudal, tirante hidráulico, etc.), se puede decir que solo es una aproximación a lo real, mientras más se ajusten las ecuaciones iniciales y el esquema numérico para su resolución al fenómeno real que se está estudiando. Las ecuaciones completas no se utilizan para ahorrar tiempo en el cálculo. Hacer un modelamiento hidráulico es crucial para conocer el riesgo de inundaciones en una región específica y las interacciones que pueden tener una estructura hidráulica y el flujo en los cauces, y otros estudios.

#### **Software HEC-RAS**

HEC-RAS (Centro de ingeniería hidráulica - Sistema de análisis de ríos) es un programa de modelización hidráulica unidimensional que incluye cuatro tipos de análisis de ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente y flujo en régimen no permanente.
- Modelización del transporte de sedimentos y Análisis de la calidad del agua.

Diseñado por el "Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos" para administrar puertos, ríos y obras públicas dentro de su dominio. El objetivo principal de este software es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables porque nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua. Además, puede simular varios caudales y obras hidráulicas y generar una variedad de resultados, como secciones, tablas, gráficos y visualizaciones sobre imágenes georreferenciadas.

### 2.3. Términos Básicos

**Riesgo:** Evaluación de una cantidad probable de pérdidas de vidas, daños materiales, inmuebles y la economía, en un tiempo y áreas conocidas. Está en función del peligro y la vulnerabilidad. (INDECI, 2011)

**Área de Inundación:** Franja de tierra plana, ubicada al costado de un río y que padece desborde de las aguas durante las crecidas. (LEOPOLD, 1964)

**Vulnerabilidad:** Nivel de resistencia de uno o conjunto de elementos frente a un evento de peligrosidad. Pueden ser físicas, económicas, culturales, institucionales u otras. (INDECI, 2011)

**Precipitación:** La precipitación es fuente primaria del agua en la superficie terrestre, formándose como partida de los estudios concernientes al uso y control del agua. (VILLÓN, 2002)

**Intensidad:** Cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo particular que necesitamos saber de cada tormenta es la intensidad máxima con la que se ha presentado. (VILLÓN, 2002)

**Frecuencia:** Número de repeticiones de una tormenta, en relación con la intensidad y duración en un período de tiempo, generalmente en años. (VILLÓN, 2002)

**Período de retorno:** Es el intervalo de tiempo promedio, donde un evento de magnitud "x" puede ser igual o excedido, al menos una vez en promedio. (VILLÓN, 2002)

**Curva IDF (Intensidad – Duración - Frecuencia):** Es una gráfica relacionada con el tiempo de concentración y un período de retorno indicado para conseguir la intensidad máxima de diseño. (Vente Te Chow ,1994)

## CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Zona de estudio

#### 3.1.1. Ubicación Geográfica del área en estudio

El propósito de esta investigación es determinar el nivel de riesgo por inundación del Río Chinchipe en el Centro Poblado Puerto Ciruelo, Distrito de Huarango, Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, debido a las avenidas más altas.

Coordenadas UTM WGS84 – Zona 17S. E:743057.96m, N: 9415254.59m, Z: 470.0 m.s.n.m.

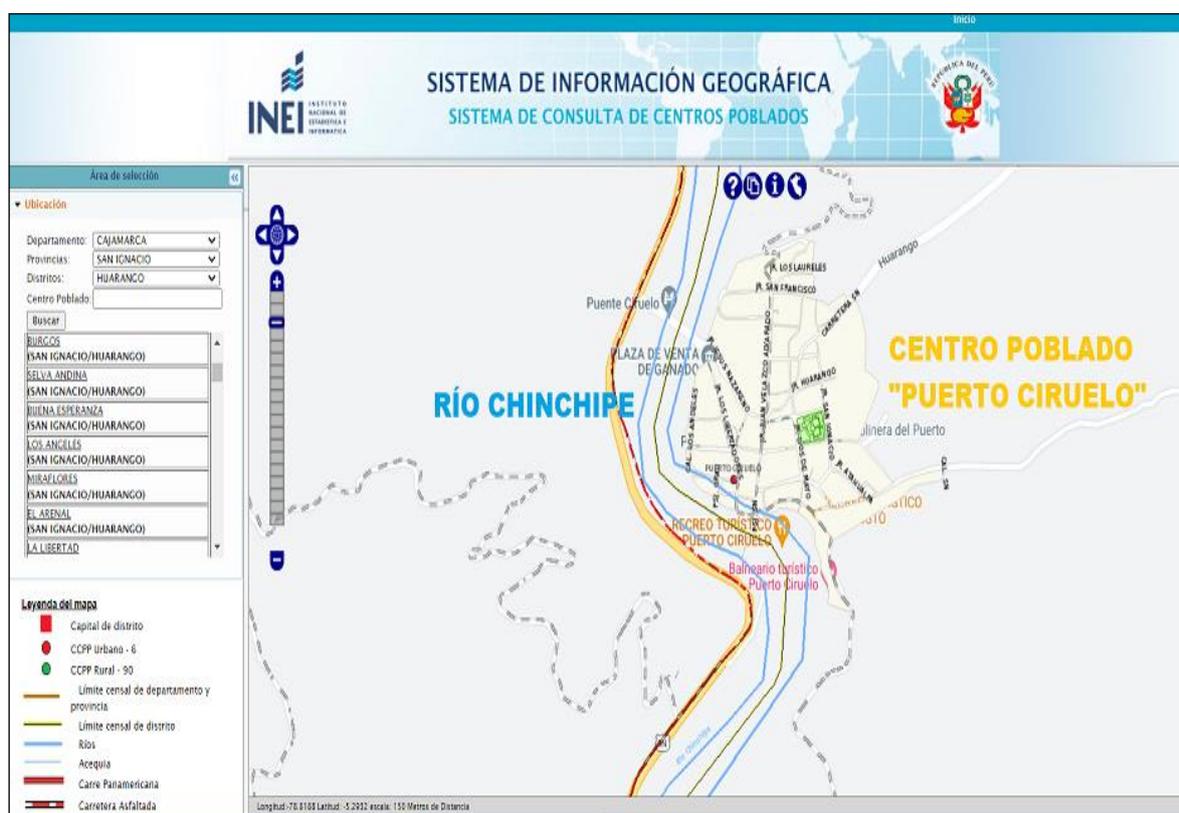


Figura 5. Centro poblado Puerto Ciruelo y río Chinchipe.

Fuente: INEI

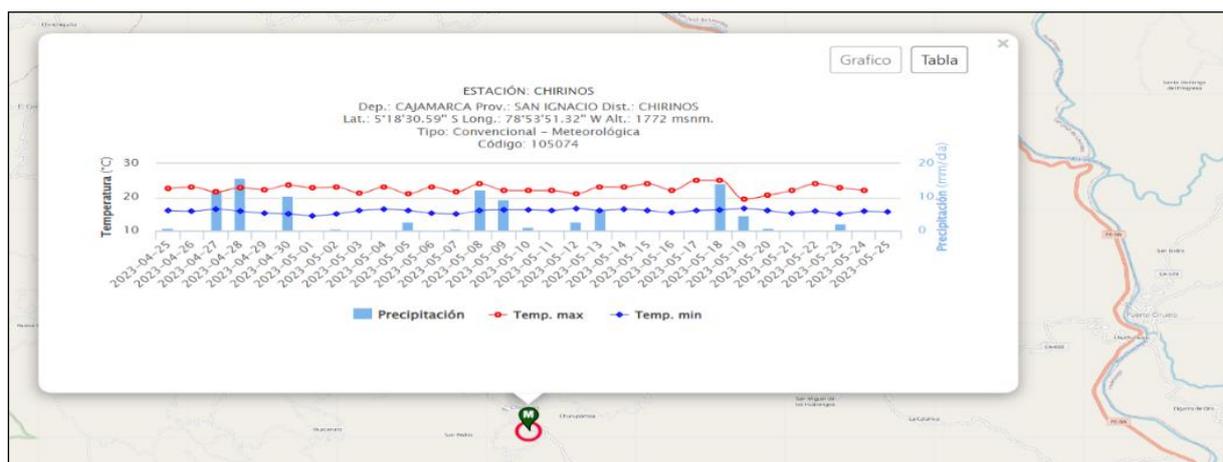


**Figura 6.** Se observa que el CC.PP Puerto Ciruelo se encuentra en la Zona 17S.

Fuente: Google Earth.

### 3.1.2. Ubicación de la Estación Meteorológica Chirinos

La estación meteorológica Chirinos se encuentra ubicada a 10.3 km del CC. PP Puerto Ciruelo. Coordenadas UTM WGS84 -Zona 17S. E: 733000.73 m, N: 9412839.11 m, Z: 1772 m.s.n.m.



**Figura 7.** Estación meteorológica Chirinos.

Fuente: Senamhi.

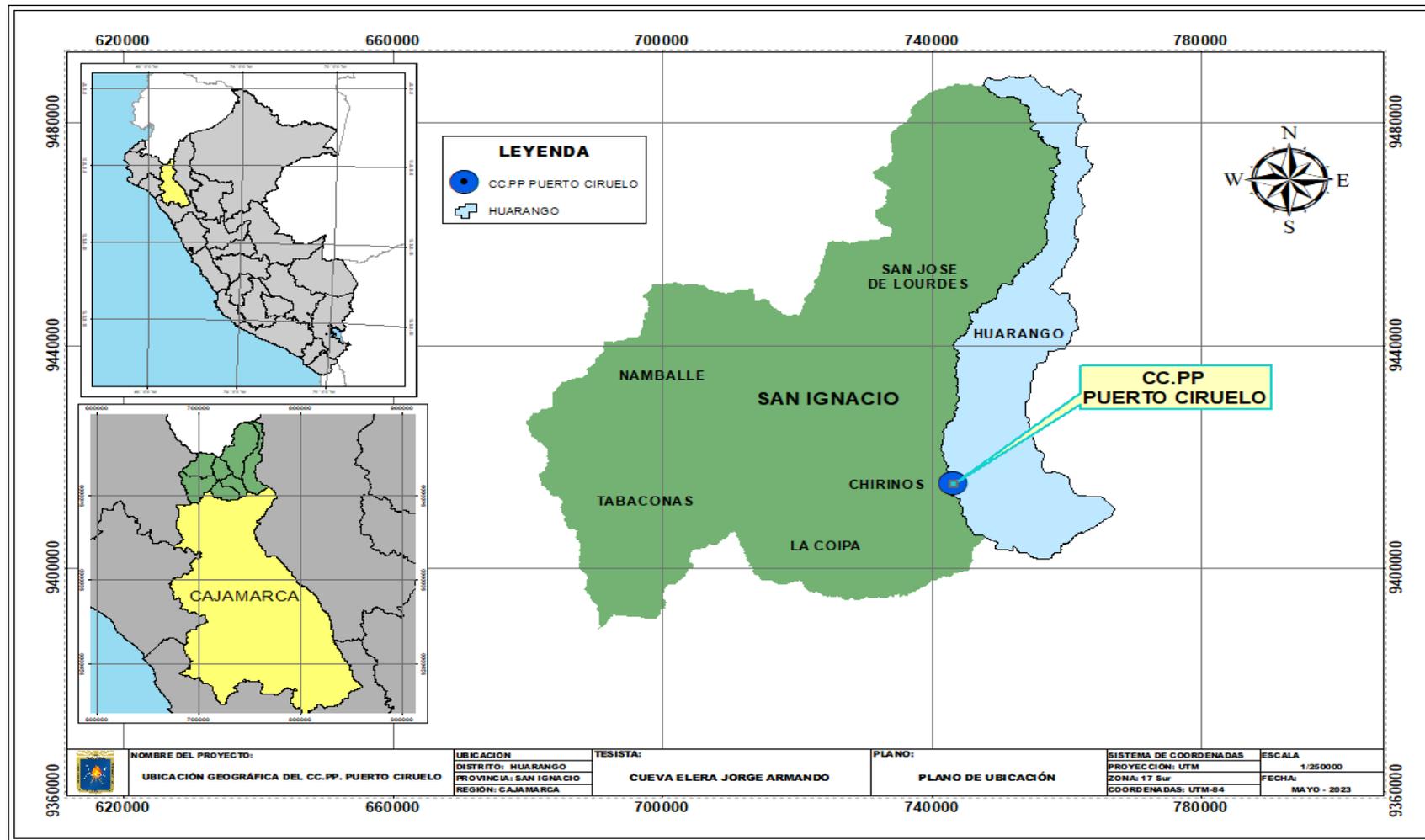


Figura 8. Ubicación Geográfica del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación

**Tipo:** No experimental, ya que no se manipularon las variables de estudio.

**Nivel o alcance:** Descriptivo, se levantó la información en el estado actual, para describir de cómo se encuentra y con ello realizar la descripción del factor de influencia alta para que se generen inundaciones en el lugar de estudio.

**Enfoque:** Cuantitativo, porque se usó el método científico estructurado para llegar a las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

**Medición:** Transversal, se recolectaron los datos en un solo período de tiempo, el año 2023.

### 3.3. Materiales y Equipos

#### Materiales

- ✓ Se realizó la recopilación de información de precipitación de la estación Chirinos y la información de modelos digitales de elevación satelital.
- ✓ Se usó como guía principal el Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales del Centro Nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres – CENEPRED.
- ✓ Se realizó la visita a la zona de estudio el centro poblado Puerto Ciruelo.
- ✓ Se usaron útiles de escritorio.

#### Equipos

- ✓ Cámara fotográfica : Celular Xiaomi 11 Lite 5G NE
- ✓ GPS : GPS GARMIN MAP 66s
- ✓ Impresora Multifuncional : EPSON L375
- ✓ Laptop : LENOVO LEGION Y520
- ✓ Drone : DJI Mini 2

#### Softwares

- ✓ AutoCAD Civil 3D 2023.
- ✓ ArcGIS 10.5
- ✓ HEC – RAS 6.3.1.
- ✓ Global Mapper.

### 3.4. Procedimiento

La metodología utilizada se basa en caracterizar la cuenca con punto emisor de coordenadas, UTM E:743057.96m, N: 9415254.59m y calcular el caudal pico para diferentes tiempos de retorno para luego aguas abajo modelar y analizar el tramo de inundación por el río Chinchipe empleando los softwares adecuados para conocer las zonas inundadas. Cuando se visitó la zona de estudio un habitante del pueblo de nombre César Núñez Limo con DNI 41757445 (ver figura 49), que vive cerca de la zona, nos manifestó que la inundación del año 2 000 (mencionado anteriormente en el Capítulo I) el tirante del agua llegó aproximadamente a los 11 metros de altura (ver figura 52), entonces basado en esos datos se hará una modelación para cada periodo de retorno y calcular los respectivos tirantes, para que las autoridades competentes puedan prevenir a futuro una inundación para ciertos periodos de retorno.

#### 3.4.1. Caracterización del Río Chinchipe

##### Geometría hidráulica del río Chinchipe

Luego de realizar el levantamiento topográfico en la zona de estudio que comprende al centro poblado Puerto Ciruelo, se procesará toda la información para poder conocer la geometría del río. En el apartado de investigación es importante destacar los siguientes puntos:

- En la zona de estudio, se pudo verificar que por tramos se tiene pendientes desde 5% hasta 7%, tratándose de un tipo de terreno Accidentado medio.
- Su geometría es de tipo Meándrico.
- Tiene un ancho promedio de 90 metros en el área urbana.
- Tiene un tirante promedio anual de 6.3 metros en el cauce del río.



**Figura 9.** Perfil de elevación del tramo en estudio.

### 3.4.2. Modelamiento Hidrológico

#### a) Información cartográfica

Para recolectar esta información se utilizó imágenes de satélites georreferenciadas, para tener un mejor ángulo del Centro Poblado de Puerto Ciruelo y así también del río Chinchipe, con una resolución espacial de 15cm. Para la delimitación de la cuenca del río Chinchipe, se empleará modelos digitales de elevación (DEM) del satélite Alos Palsar, con una resolución espacial de 12.5m.

#### b) Levantamiento Topográfico

Para ello se realizó el levantamiento topográfico del tramo en estudio y del Centro Poblado de Puerto Ciruelo y también del río Chinchipe que discurre por la margen derecha del centro poblado.

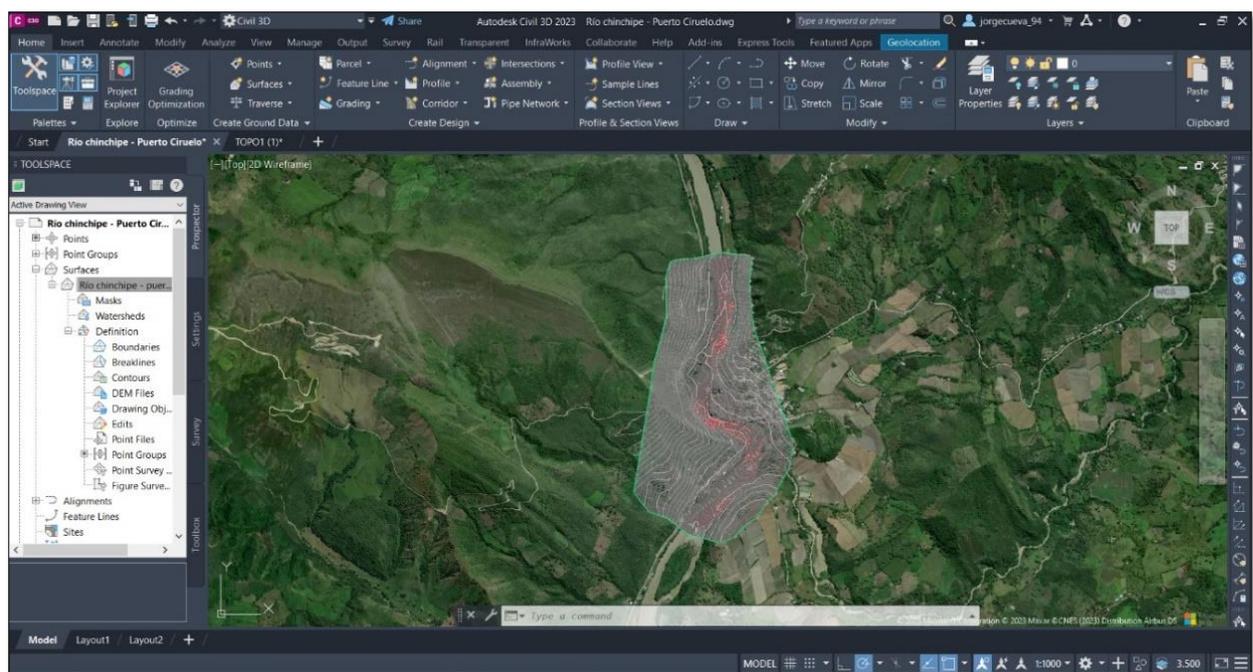
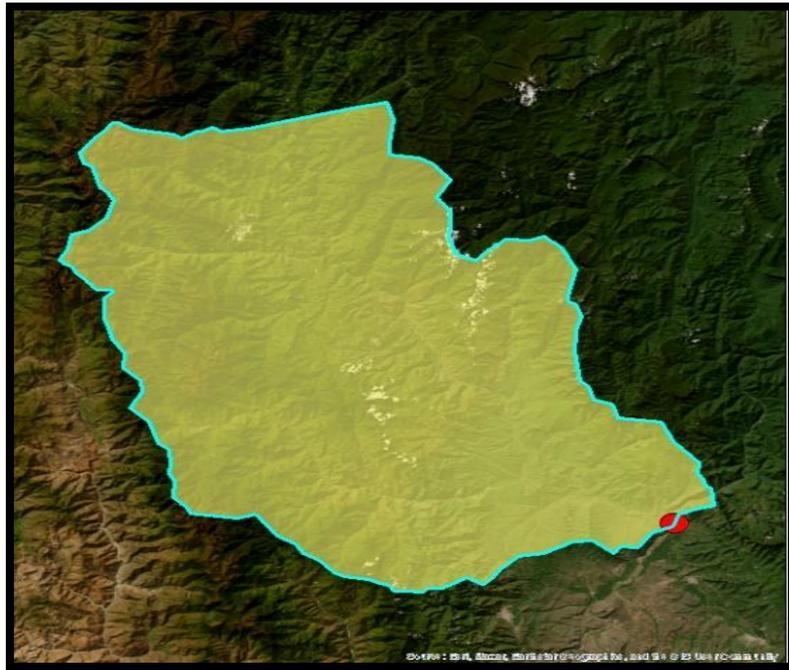


Figura 10. Plano topográfico de la zona de estudio.

#### c) Parámetros Geomorfológicos de la cuenca

##### Delimitación de la Cuenca

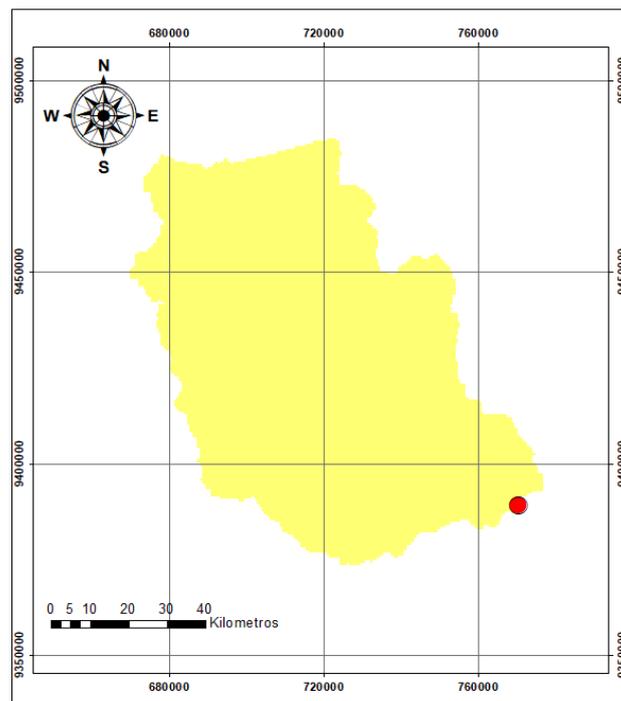
Para la delimitación y cálculo de los parámetros de la cuenca del río Chinchipe, se usó el software ArcGIS 10.5.



**Figura 11.** Delimitación de la Cuenca del Río Chichipe.

### Área de la Cuenca

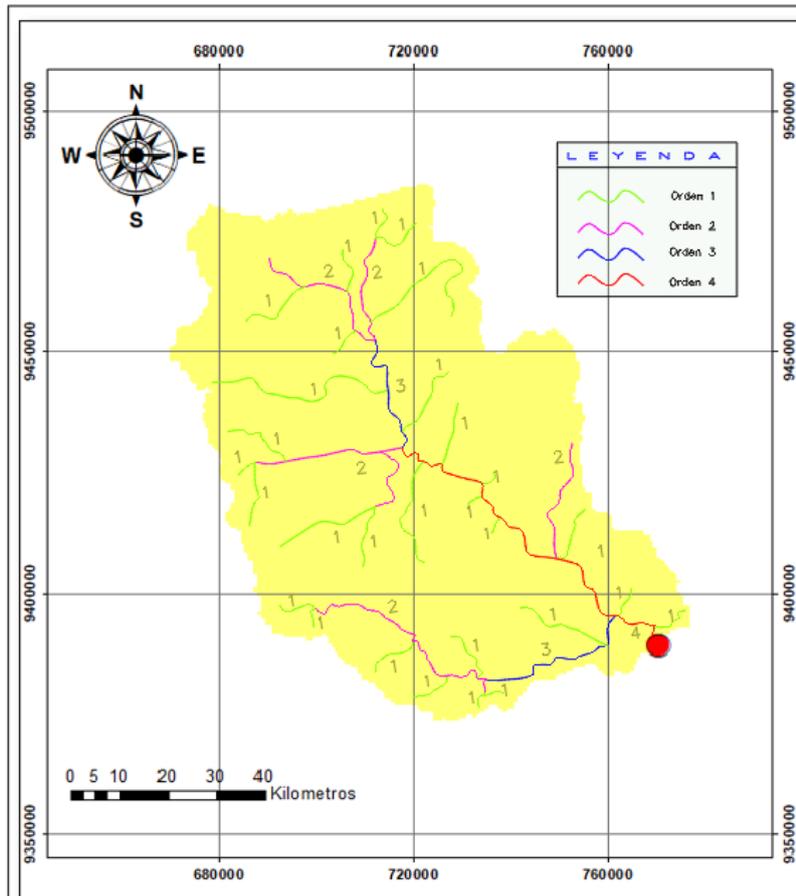
La cuenca Chichipe presenta un área de  $7174.47 \text{ km}^2$ , se extiende desde la cota de 400 hasta la 3900 m.s.n.m. Este parámetro está relacionado directamente con el comportamiento hidrológico de la cuenca, porque será la superficie que recibirá la precipitación y a través de la cual se generará el drenaje que luego dará lugar a los caudales.



**Figura 12.** Área de la Cuenca del Río Chichipe.

## Orden de cauce

El orden de drenaje de la cuenca Chinchipe es de orden 4.



**Figura 13.** Orden de drenaje de la cuenca del río Chinchipe

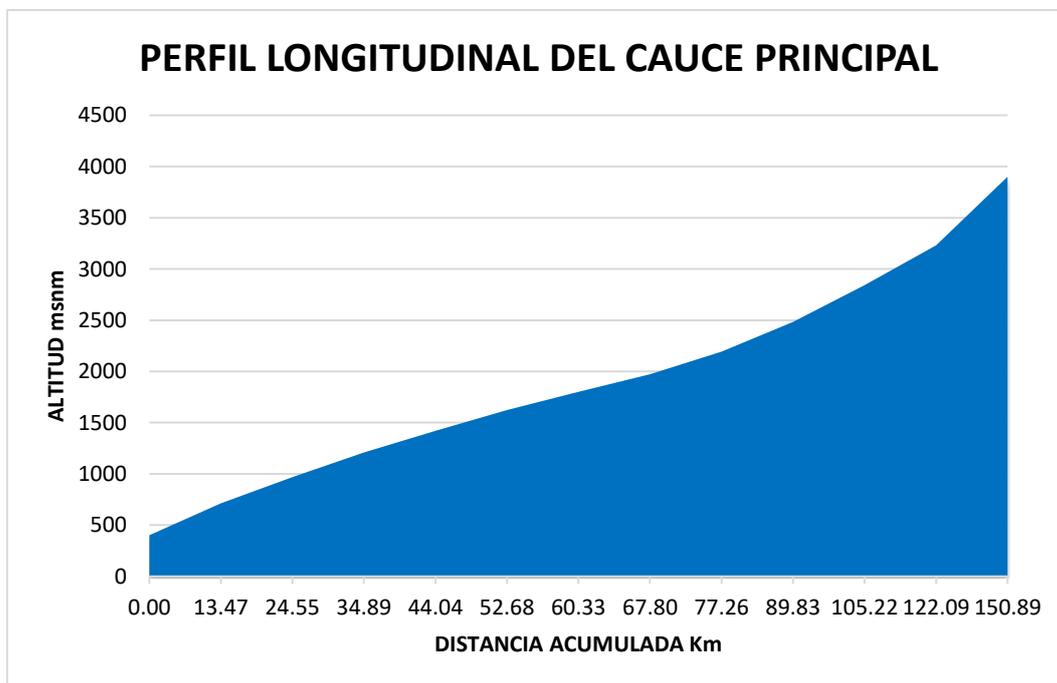
## Perfil del Cauce principal

En la Figura 21, se puede observar la pendiente del cauce que se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento.

**Tabla 21.** Perfil Longitudinal del cauce principal

COTA MAS BAJA (1) (en msnm)	COTA MAS ALTA (2) (en msnm)	DIFERENCIA DE ELEV. (3) (en m.)	LONGITUD DEL TRAMO (4) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (5) (en m.)	DISTANCIA ACUMULADA (6) (en Km.)
0	400	400	0.00	0.00	0.00
400	713	313	13472.98	13472.98	13.47
713	969	256	11073.97	24546.95	24.55

969	1209	240	10346.18	34893.12	34.89
1209	1422	212	9146.78	44039.91	44.04
1422	1622	200	8643.05	52682.96	52.68
1622	1799	177	7643.16	60326.12	60.33
1799	1973	173	7476.16	67802.28	67.80
1973	2192	219	9459.65	77261.92	77.26
2192	2484	292	12568.86	89830.79	89.83
2484	2841	357	15391.10	105221.88	105.22
2841	3232	391	16865.04	122086.92	122.09
3232	3900	668	28801.54	150888.46	150.89



**Figura 14.** Gráfica del perfil Longitudinal de la Cuenca del Chichipe.

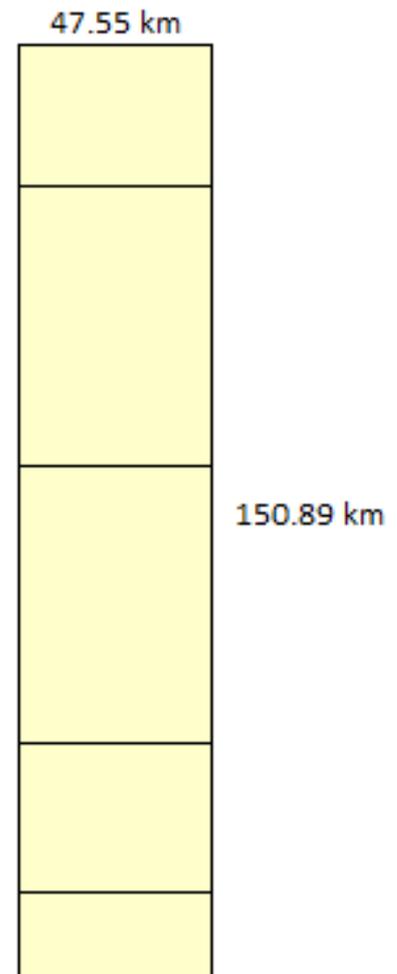
## Sub-áreas del Rectángulo Equivalente

**Tabla 22.** *Rectángulo Equivalente.*

Rectángulo Equivalente	
<b>Lado mayor (L)</b>	150.89 km
<b>Lado menor (l)</b>	47.55 km

**Tabla 23.** *Sub-áreas del rectángulo equivalente.*

COTA (msnm)	DIFERENCIA (msnm)	SUB-AREAS (km2)	li (km)
<b>400.00</b>	0	0	0
<b>712.52</b>	313	641	13.47
<b>969.39</b>	257	527	11.07
<b>1209.38</b>	240	492	10.35
<b>1421.55</b>	212	435	9.15
<b>1622.03</b>	200	411	8.64
<b>1799.32</b>	177	363	7.64
<b>1972.74</b>	173	355	7.48
<b>2192.16</b>	219	450	9.46
<b>2483.71</b>	292	598	12.57
<b>2840.72</b>	357	732	15.39
<b>3231.92</b>	391	802	16.87
<b>3900.00</b>	668	1369	28.80



En la

**Tabla 23**, observamos que los valores del rectángulo equivalente, el lado menor gráficamente es paralela a las curvas de nivel y el lado mayor es todo el margen derecho del rectángulo,

las sub-áreas vendrían hacer los espacios dentro del rectángulo.

**Longitud de recorrido del río Chinchipe**

**Tabla 24. Longitud de la cuenca del Chinchipe**

<b>LONGITUD DE RECORRIDO DEL RÍO CHINCHIPE</b>
L = 171.00 km

Fuente: Elaboración propia.

**Índice de Compacidad o de Gravelius (Kc)**

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(22)$$

**Tabla 25. Índice de Compacidad**

A (km <sup>2</sup> )	7 174.47
P (km)	396.87
<b>Índice Compacidad (Kc)</b>	<b>1.31</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según estos resultados el valor del Coeficiente de Compacidad determina que la cuenca es de **Forma Oval – Oblonga**

**Factor de Forma (F)**

$$F = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(23)$$

**Tabla 26. Factor de Forma**

A (km <sup>2</sup> )	7174.47
L (km)	171
<b>Índice Forma (F)</b>	<b>0.25</b>

Fuente: Elaboración propia.

El Factor Forma nos determina que es una cuenca de **baja susceptibilidad a las avenidas**.

#### **d) Construcción de las curvas IDF**

Para construir las curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia), partiremos de los datos de precipitación horaria de la estación meteorológica Chirinos (período 1988-2014), mediante el siguiente procedimiento.

#### **Estimación de datos meteorológicos faltantes**

Se realizó el relleno de los datos faltantes a la Estación Meteorológica de Chirinos, mediante el procedimiento del cálculo de precipitaciones promedio, máximos y mínimos. Del cálculo promedio nos apoyamos para completar los datos faltantes:

$$hpa = \frac{P1+P2+P3+P4.....+Pn}{n} \dots\dots\dots (24)$$

*Donde:*

*hpa* : *Datos de precipitación faltante.*

*P1 + P2+ ...+Pn* : *Valores medios de las precipitaciones en el pluviómetro.*

*n* : *Número de años.*

Los datos de las precipitaciones máximas en 24 hr de la estación Chirinos del periodo 1988 hasta el 2022, fueron solicitadas al SENAMHI mediante un correo, 35 cantidad de años hidrológicos confiables para predecir un evento de máxima avenida.

**Tabla 27. Datos de la estación Meteorológica Chirinos completados con las precipitaciones promedio.**

ESTACIÓN CHIRINOS - Pp Max 24 hrs															
N°	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Mes	Ppmax
1	1988	30.44	41.76	17.20	33.50	28.60	9.20	15.00	10.20	13.60	28.00	43.40	15.40	Nov.	43.40
2	1989	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Feb.	41.76
3	1990	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	8.00	Feb.	41.76
4	1991	9.70	29.30	12.70	38.07	30.34	21.98	8.50	26.00	31.50	63.30	18.30	3.80	Oct	63.30
5	1992	10.70	24.00	13.60	12.30	12.80	12.30	15.80	9.20	29.00	26.00	22.80	36.00	Dic	36.00
6	1993	12.00	60.80	73.50	20.30	18.70	11.10	17.20	8.40	7.90	35.00	27.40	31.50	Mar	73.50
7	1994	53.00	45.30	29.00	21.10	24.80	20.00	13.00	12.10	18.20	23.90	36.40	52.00	Ene	53.00
8	1995	20.80	18.70	39.20	20.50	71.30	21.40	8.60	12.60	17.70	8.10	74.60	22.60	Nov.	74.60
9	1996	38.60	45.50	38.10	33.00	19.40	15.00	19.60	12.00	7.20	11.00	12.30	45.00	Feb.	45.50
10	1997	35.30	25.00	20.90	78.60	27.80	16.30	13.50	12.60	9.50	26.80	31.70	13.00	Abr	78.60
11	1998	32.90	100.10	73.40	38.00	48.00	27.50	8.80	6.80	21.90	57.50	36.80	19.60	Feb.	100.10
12	1999	54.10	55.10	38.50	41.10	86.70	12.00	18.40	19.00	12.80	14.10	49.00	57.80	May	86.70
13	2000	26.20	50.00	22.40	32.70	15.10	23.20	21.80	16.00	32.00	13.00	7.00	20.20	Feb.	50.00
14	2001	45.00	20.00	14.30	27.90	40.60	26.00	14.60	12.70	9.80	11.80	23.10	48.00	Dic.	48.00
15	2002	38.00	23.90	43.30	59.10	23.50	6.70	23.80	4.40	9.30	28.00	37.50	17.50	Abr.	59.10
16	2003	21.10	12.50	48.70	37.60	22.60	15.20	29.00	12.10	8.50	23.90	52.10	40.00	Nov.	52.10
17	2004	23.10	12.10	43.00	25.00	24.40	17.90	8.30	4.70	8.80	29.70	38.70	54.30	Dic	54.30
18	2005	26.90	118.50	32.10	57.70	15.50	32.90	12.10	18.70	9.00	33.70	33.80	86.20	Feb.	118.50
19	2006	57.20	48.40	21.20	17.20	14.50	24.50	18.40	7.50	8.70	26.50	63.10	34.30	Nov.	63.10
20	2007	35.00	35.30	30.60	56.30	30.80	18.50	24.50	15.60	13.90	42.60	62.10	48.30	Nov.	62.10
21	2008	33.60	53.00	38.90	25.60	19.90	15.20	19.30	14.50	17.10	20.90	28.40	17.30	Feb.	53.00
22	2009	40.00	28.60	48.60	77.30	14.60	23.70	18.40	14.80	24.80	35.60	30.50	32.00	Abr	77.30
23	2010	11.70	83.50	20.40	52.90	46.50	58.50	14.60	7.50	13.90	8.90	15.80	64.40	Feb.	83.50
24	2011	12.50	62.60	38.10	59.50	51.30	33.90	24.90	11.70	28.30	10.70	61.50	26.70	Feb.	62.60
25	2012	29.80	21.50	27.30	31.20	29.30	39.40	12.90	17.90	10.80	37.20	23.00	19.50	Jun	39.40
26	2013	13.50	12.60	42.00	30.30	28.30	19.10	18.60	19.80	27.90	45.00	3.70	31.30	Oct	45.00
27	2014	30.44	24.80	40.20	26.90	23.50	23.40	22.20	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Mar.	40.20
28	2015	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Feb.	41.76
29	2016	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Feb.	41.76
30	2017	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Feb.	41.76
31	2018	30.44	31.90	14.50	46.10	31.90	15.90	17.30	12.20	32.50	21.10	78.70	14.90	Nov.	78.70
32	2019	16.70	47.50	38.50	28.20	31.00	24.60	17.60	7.50	24.60	26.80	61.50	62.30	Dic	62.30
33	2020	63.50	36.90	52.20	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Enero	63.50
34	2021	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	Feb.	41.76
35	2022	30.44	41.76	34.73	38.07	17.90	30.00	19.10	15.10	19.90	41.80	12.10	20.50	Oct.	41.80
	Promedio	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66		
	Max	63.50	118.50	73.50	78.60	86.70	58.50	29.00	26.00	32.50	63.30	78.70	86.20		
	Min	9.70	12.10	12.70	12.30	12.80	6.70	8.30	4.40	7.20	8.10	3.70	3.80		

Fuente: Senamhi

### e) Análisis de datos dudosos

Con los datos de la estación Meteorológica Chirinos completados, procedemos al siguiente análisis:

Donde:

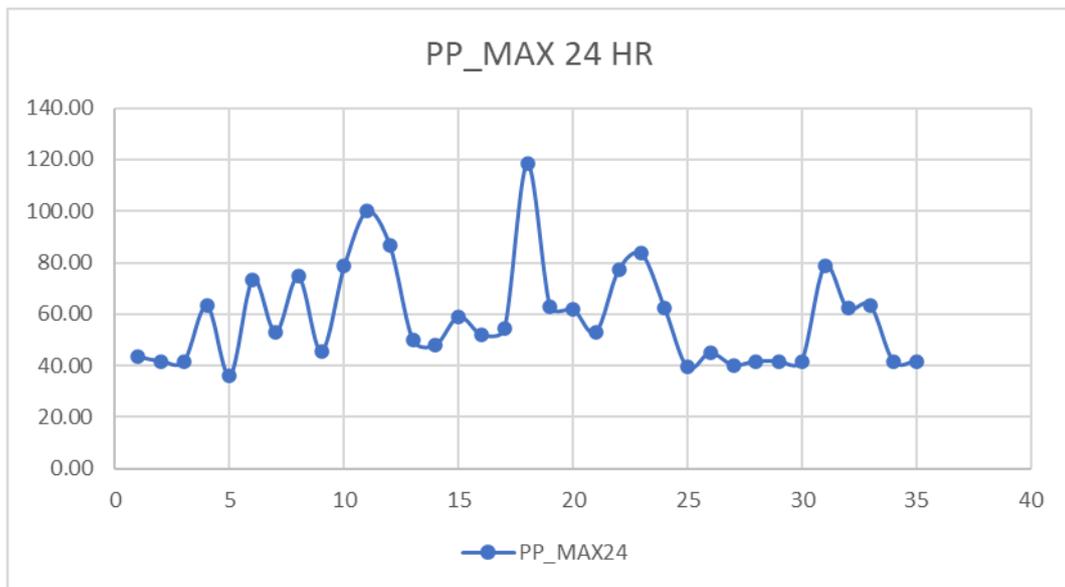
- Si la Asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos. Coeficiente de Sesgo: 1.2387.
- Si la Asimetría de estación es menor que -0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos bajos. Coeficiente de Sesgo: -1.48

- Cuando la asimetría de la estación esta entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. Coeficiente de Sesgo: 0.3890.

En base a los datos de los meses, se calcula la Precipitación Máxima en 24 horas. También se calculará el Logaritmo en base 10 de la precipitación máxima de la cual se obtendrá Logaritmo de precipitación en 24 horas.

**Tabla 28. Análisis de datos dudosos**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24	Log(P24hr)
1988	30.44	41.76	17.20	33.50	28.60	9.20	15.00	10.20	13.60	28.00	43.40	15.40	43.40	1.64
1989	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	41.76	1.62
1990	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	8.00	41.76	1.62
1991	9.70	29.30	12.70	38.07	30.34	21.98	8.50	26.00	31.50	63.30	18.30	3.80	63.30	1.80
1992	10.70	24.00	13.60	12.30	12.80	12.30	15.80	9.20	29.00	26.00	22.80	36.00	36.00	1.56
1993	12.00	60.80	73.50	20.30	18.70	11.10	17.20	8.40	7.90	35.00	27.40	31.50	73.50	1.87
1994	53.00	45.30	29.00	21.10	24.80	20.00	13.00	12.10	18.20	23.90	36.40	52.00	53.00	1.72
1995	20.80	18.70	39.20	20.50	71.30	21.40	8.60	12.60	17.70	8.10	74.60	22.60	74.60	1.87
1996	38.60	45.50	38.10	33.00	19.40	15.00	19.60	12.00	7.20	11.00	12.30	45.00	45.50	1.66
1997	35.30	25.00	20.90	78.60	27.80	16.30	13.50	12.60	9.50	26.80	31.70	13.00	78.60	1.90
1998	32.90	100.10	73.40	38.00	48.00	27.50	8.80	6.80	21.90	57.50	36.80	19.60	100.10	2.00
1999	54.10	55.10	38.50	41.10	86.70	12.00	18.40	19.00	12.80	14.10	49.00	57.80	86.70	1.94
2000	26.20	50.00	22.40	32.70	15.10	23.20	21.80	16.00	32.00	13.00	7.00	20.20	50.00	1.70
2001	45.00	20.00	14.30	27.90	40.60	26.00	14.60	12.70	9.80	11.80	23.10	48.00	48.00	1.68
2002	38.00	23.90	43.30	59.10	23.50	6.70	23.80	4.40	9.30	28.00	37.50	17.50	59.10	1.77
2003	21.10	12.50	48.70	37.60	22.60	15.20	29.00	12.10	8.50	23.90	52.10	40.00	52.10	1.72
2004	23.10	12.10	43.00	25.00	24.40	17.90	8.30	4.70	8.80	29.70	38.70	54.30	54.30	1.73
2005	26.90	118.50	32.10	57.70	15.50	32.90	12.10	18.70	9.00	33.70	33.80	86.20	118.50	2.07
2006	57.20	48.40	21.20	17.20	14.50	24.50	18.40	7.50	8.70	26.50	63.10	34.30	63.10	1.80
2007	35.00	35.30	30.60	56.30	30.80	18.50	24.50	15.60	13.90	42.60	62.10	48.30	62.10	1.79
2008	33.60	53.00	38.90	25.60	19.90	15.20	19.30	14.50	17.10	20.90	28.40	17.30	53.00	1.72
2009	40.00	28.60	48.60	77.30	14.60	23.70	18.40	14.80	24.80	35.60	30.50	32.00	77.30	1.89
2010	11.70	83.50	20.40	52.90	46.50	58.50	14.60	7.50	13.90	8.90	15.80	64.40	83.50	1.92
2011	12.50	62.60	38.10	59.50	51.30	33.90	24.90	11.70	28.30	10.70	61.50	26.70	62.60	1.80
2012	29.80	21.50	27.30	31.20	29.30	39.40	12.90	17.90	10.80	37.20	23.00	19.50	39.40	1.60
2013	13.50	12.60	42.00	30.30	28.30	19.10	18.60	19.80	27.90	45.00	3.70	31.30	45.00	1.65
2014	30.44	24.80	40.20	26.90	23.50	23.40	22.20	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	40.20	1.60
2015	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	41.76	1.62
2016	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	41.76	1.62
2017	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	41.76	1.62
2018	30.44	31.90	14.50	46.10	31.90	15.90	17.30	12.20	32.50	21.10	78.70	14.90	78.70	1.90
2019	16.70	47.50	38.50	28.20	31.00	24.60	17.60	7.50	24.60	26.80	61.50	62.30	62.30	1.79
2020	63.50	36.90	52.20	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	63.50	1.80
2021	30.44	41.76	34.73	38.07	30.34	21.98	16.99	12.65	17.37	27.81	36.49	33.66	41.76	1.62
2022	30.44	41.76	34.73	38.07	17.90	30.00	19.10	15.10	19.90	41.80	12.10	20.50	41.80	1.62



**Figura 15.** Gráfica del comportamiento de las precipitaciones máximas de 24 horas.

#### f) Parámetros Estadísticos

**Tabla 29.** Análisis de los Parámetros Estadísticos.

PARÁMETROS ESTADISTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	35.00	35.000
Sumatoria	2059.76	47.646
Valor Máximo	118.50	2.074
Valor Mínimo	36.00	1.556
Media:	58.85	1.750
Varianza:	405.70	0.018
Desviación Estándar:	20.14	0.133
Coefficiente Variación:	0.34	0.076
Coefficiente de Sesgo:	1.15	0.5011
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

De la Tabla 27, podemos ver que el valor del coeficiente de Sesgo o Asimetría es de 0.5059, y si la Asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.

Tenemos:

n = 35 (número de datos)

Kn = 2.628 (valor que se toma según la tabla)

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

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

Calcularemos el Umbral de datos dudosos altos ( $X_H$ : *Unidad logarítmica*) que será igual a la media del valor Logarítmico más el valor de  $K_n$  multiplicado por la desviación estándar del valor Logarítmico.

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \dots\dots\dots (25)$$

Aplicando los valores de la Tabla 22 y de la Tabla 23, tenemos que:

$$X_H = 2.10 \dots\dots\dots (26)$$

Pero como el valor  $X_H$  está de manera logarítmica, expresada a una forma numérica sería la siguiente:

$$P_H = 10^{X_H} \dots\dots\dots (27)$$

Tenemos que el Umbral de datos dudosos altos o umbral máximo es:

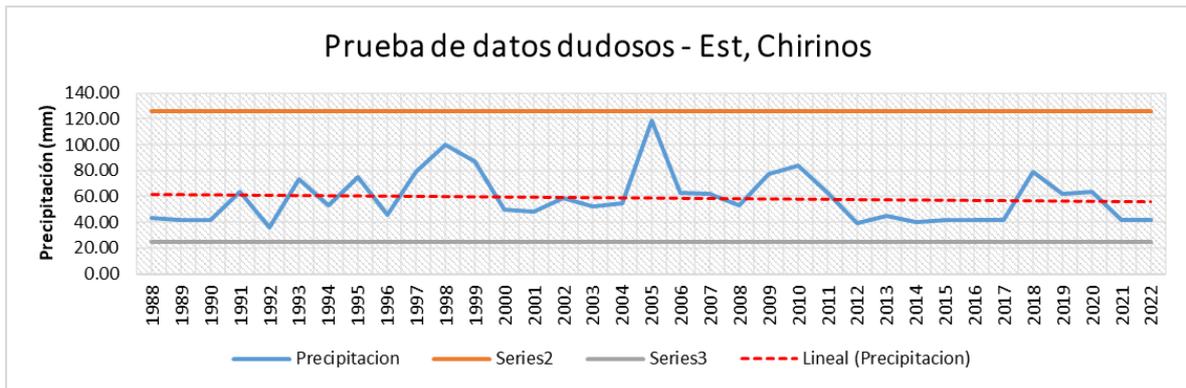
$$P_H = 125.88 m \dots\dots\dots (28)$$

Si nos vamos a la Tabla 30, vemos que nuestro valor máximo es 118.50 y está por debajo del valor del umbral máximo 125.88 que hemos calculado.

Entonces concluimos que los datos de Precipitación Máxima de 24 horas no tienen datos dudosos o atípicos, por lo tanto, con estos datos de Precipitación Máxima de 24 horas vamos a trabajar nuestras Distribuciones Teóricas.

**Tabla 30.** *Valores de la estación con los Umbrales calculados.*

<b>Año</b>	<b>Precipitacion</b>	<b>Valor Máximo</b>	<b>Valor Mínimo</b>
1988	43.40	125.88	25.10
1989	41.76	125.88	25.10
1990	41.76	125.88	25.10
1991	63.30	125.88	25.10
1992	36.00	125.88	25.10
1993	73.50	125.88	25.10
1994	53.00	125.88	25.10
1995	74.60	125.88	25.10
1996	45.50	125.88	25.10
1997	78.60	125.88	25.10
1998	100.10	125.88	25.10
1999	86.70	125.88	25.10
2000	50.00	125.88	25.10
2001	48.00	125.88	25.10
2002	59.10	125.88	25.10
2003	52.10	125.88	25.10
2004	54.30	125.88	25.10
2005	118.50	125.88	25.10
2006	63.10	125.88	25.10
2007	62.10	125.88	25.10
2008	53.00	125.88	25.10
2009	77.30	125.88	25.10
2010	83.50	125.88	25.10
2011	62.60	125.88	25.10
2012	39.40	125.88	25.10
2013	45.00	125.88	25.10
2014	40.20	125.88	25.10
2015	41.76	125.88	25.10
2016	41.76	125.88	25.10
2017	41.76	125.88	25.10
2018	78.70	125.88	25.10
2019	62.30	125.88	25.10
2020	63.50	125.88	25.10
2021	41.76	125.88	25.10
2022	41.80	125.88	25.10



**Figura 16.** Gráfica de Prueba de Datos Dudosos – Estación Meteorológica Chirinos.

**g) Análisis de datos Estadísticos Probables y Cálculo de Precipitación máxima de 24 horas.**

Luego que se calculó la no existencia de datos dudosos, se procede ir a la Tabla 32 y sacamos los datos de las precipitaciones máximas de 24 horas, la cual la ordenaremos de menor a mayor.

**Tabla 31.** Datos de las precipitaciones máximas de 24 horas ordenados de menor a mayor.

Datos Ordenados	m	p	T
36.00	1	0.028	36.0
39.40	2	0.056	18.0
40.20	3	0.083	12.0
41.76	4	0.111	9.0
41.76	5	0.139	7.2
41.76	6	0.167	6.0
41.76	7	0.194	5.1
41.76	8	0.222	4.5
48.00	9	0.250	4.0
41.80	10	0.278	3.6
43.40	11	0.306	3.3
45.00	12	0.333	3.0
45.50	13	0.361	2.8
54.30	14	0.389	2.6
50.00	15	0.417	2.4

52.10	16	0.444	2.3
53.00	17	0.472	2.1
53.00	18	0.500	2.0
54.30	19	0.528	1.9
59.10	20	0.556	1.8
62.10	21	0.583	1.7
62.30	22	0.611	1.6
62.60	23	0.639	1.6
63.10	24	0.667	1.5
63.30	25	0.694	1.4
63.50	26	0.722	1.4
73.50	27	0.750	1.3
74.60	28	0.778	1.3
77.30	29	0.806	1.2
78.60	30	0.833	1.2
78.70	31	0.861	1.2
83.50	32	0.889	1.1
86.70	33	0.917	1.1
100.10	34	0.944	1.1
118.50	35	0.972	1.0

Donde:

✓ m = Numeración para calcular Weibull

✓ P = Probabilidades.

$$P = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (29)$$

✓ T = Período de retorno.

$$T = \frac{1}{P} \dots\dots\dots (30)$$

**Tabla 32.** Cálculo de números de clases y amplitud.

N=	35.00	
<b>Rango</b> =	37.50	
NC =	<b>6</b>	6.000
<b>ΔX</b> =	<b>7.930</b>	7.500
<b>X<sub>min</sub></b> =	36.0	
<b>X<sub>max</sub></b> =	73.5	

Donde:

✓ R = Rango =  $X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}$

✓ NC = Número de clases (se trabaja con el dato redondeado)

$$NC = 1.33 \ln(N) + 1 \dots\dots\dots (31)$$

✓  $\Delta X$  = Amplitud (se trabaja con el dato redondeado)

$$\Delta X = \frac{R}{NC-1} \dots\dots\dots (32)$$

✓  $X_{\text{mín}}$  = Precipitación mínima.

✓  $X_{\text{máx}}$  = Precipitación máxima.

**Tabla 33. Tabla de Frecuencias**

[LCI	MCL	LCS]	Fre_Abs	Fre_Relativa
27.277	<b>36.000</b>	44.723	8.000	0.229
44.723	<b>53.447</b>	62.170	12.000	0.343
62.170	<b>70.894</b>	79.617	11.000	0.314
79.617	<b>88.341</b>	97.064	2.000	0.057
97.064	<b>105.788</b>	114.511	2.000	0.057
			<b>35.000</b>	<b>1.000</b>

Donde:

✓ LCI = Límite de clase inferior.

$$X_{\text{mín}} - \frac{\Delta X}{2} \dots\dots\dots (33)$$

✓ LCS = Límite de clase superior.

$$LCI + \Delta X \dots\dots\dots (34)$$

✓ Frecuencia Absoluta: Se calcula de los datos ordenados, el rango en que se encuentran.

✓ Frecuencia Relativa: frecuencia absoluta entre el total.

**Tabla 34. Primera parte de parámetros Estadísticos**

xi	fi	xi*fi	fi*xi^2
<b>36.000</b>	8.000	288	10368
<b>53.447</b>	12.000	641.364	34278.952
<b>70.894</b>	11.000	779.833	55285.479
<b>88.341</b>	2.000	176.682	15608.240
<b>105.788</b>	2.000	211.576	22382.163
<b>suma</b>	<b>35.000</b>	<b>2097.455</b>	<b>137922.834</b>

Donde:

✓ xi = Marca de clase o MCL de la Tabla 27.

✓ fi = Frecuencia Absoluta.

**Tabla 35.** Segunda parte de parámetros Estadísticos

fi	xi	Xmed	(xi-xmed)	(xi-xmed)^3	(xi-xmed)^4	(xi-xmed)^3*fi	(xi-xmed)^4*fi
8.000	36.00	59.927	-23.93	-13698.72	327773.25	-109589.80	2622186.00
12.000	53.45		-6.48	-272.14	1763.53	-3265.64	21162.32
11.000	70.89		10.97	1318.94	14464.36	14508.32	159107.98
2.000	88.34		28.41	22939.34	651790.43	45878.69	1303580.86
2.000	105.79		45.86	96453.92	4423437.22	192907.85	8846874.43
<b>Total</b>						<b>140439.42</b>	<b>12952911.59</b>

**Tabla 36.** Parámetros estadísticos, precipitaciones de 24 horas

Parámetros Estadísticos	Pp 24hr
Precip. Media	59.927
Varianza	359.649
Desv. Standar	18.964
Coef. Varianza	0.316
Coef. Sesgo	0.642
Coef. Curtosis	3.417

De la **Tabla 36**, podemos decir lo siguiente: la muestra presenta poca dispersión y la mayor concentración de datos se encuentra alrededor de la media debido a que el coeficiente de variación de las precipitaciones máximas dista poco de cero. El coeficiente de Sesgo es positivo, lo que significa que las concentraciones de datos más altas están por encima del promedio. Finalmente, el coeficiente de Kurtosis es positivo, lo que indica que la muestra tiene valores inusuales.

#### **h) Prueba de ajuste del Chi-Cuadrado Normal**

Para esta prueba necesitamos los siguientes valores:

**Tabla 37.** Datos para la prueba.

<b>Media</b>	Datos Agrupados	59.927
<b>Desviación Estandar</b>		18.964
Número de Datos		35.000

**Tabla 38. Datos calculados para la prueba.**

Datos Agrupados	Intervalo	Limite Clase (p)	$z=(p-p_{med})/s$	F(z)	Frec. Relativa	Frec. Esperada	Frec. Observada	Prob.
1		26.5896	-1.5858	0.05639				0.143
2	26.590 - 45.410	45.4104	-0.6650	0.25302	0.197	5	7	0.286
3	45.410 - 64.2310	64.2311	0.2558	0.60094	0.348	9	12	0.429
4	64.231 - 83.052	83.0518	1.1765	0.88031	0.279	8	4	0.571
5	83.052 - 101.873	101.8726	2.0973	0.98202	0.102	3	3	0.714
6	101.873 - 120.693	120.6933	3.0181	0.99873	0.017	0	1	0.857
					<b>1</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	

Donde:

- ✓  $F(z)$  = Distribución Normal Estándar.
- ✓ Frecuencia Relativa =  $| F(z_i) - F(z_{i+1}) |$
- ✓ Frecuencia Esperada = Fr. Relativa multiplicada por la Frecuencia Observada.
- ✓ Frecuencia Observada = Es la Frecuencia Absoluta de la Tabla 27.
- ✓ Probabilidad = Es el valor de posición de datos agrupados entre el último valor de datos agrupados más 1.

**i) Calculamos la Prueba del Chi – Cuadrado:**

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots (35)$$

Donde:

- ✓  $\theta_i$  = Valor Observado
- ✓  $e_i$  = Valor Esperado

Por lo tanto:

$$X_c^2 = 3.790 \dots\dots\dots (36)$$

**j) Calculamos el valor del Chi - Cuadrado Tabular:**

$$X_t^2 \dots\dots\dots (37)$$

Para ello necesitamos los siguientes valores:

- ✓  $V = G - L = k - 1 - h$
- ✓  $k =$  Número de valores Observados.
- ✓  $h =$  Número de parámetros a estimarse.
- ✓  $h = 2 =$  Distribución normal.
- ✓  $h = 3 =$  Distribución log – normal.

El Grado de Libertad es:

$$V = k - 1 - h = 5 - 1 - 2 = 2 \dots\dots\dots (38)$$

Grado de significación:

$$\alpha = 0.05 = 5\% \dots\dots\dots (39)$$

Verificamos en la Tabla de Distribución Chi – Cuadrado, el valor tabular:

**Tabla 39.** *Tabla de Distribución Chi – Cuadrado Tabular.*

**TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$**

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

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

$$X_t^2 = 5.9915 \dots\dots\dots (40)$$

**Por Criterio de Decisión:**

Si el Chi – Cuadrado calculado es menos que el Chi – Cuadrado Tabular

$$3.617 < 5.9915$$

Se concluye que los datos se ajustan a la distribución normal con un nivel de significancia del 5% o 95% de probabilidad.

Porcentaje que alcanza:

$$\% = X_c^2 / X_t^2 \dots\dots\dots (41)$$

$$\% = 0.603 < 0.95$$

Vemos que el porcentaje alcanzado es menor que el 95% de probabilidad, podemos decir que los datos si se ajustan.



**Figura 17.** Gráfica de Frecuencias Relativas de datos Esperados y Observados.

### **k) Prueba de ajuste por Kolmogorov – Smirnov**

Ahora calcularemos los valores Delta Teórico para cada Distribución Teórica, y analizaremos si se ajustan. Para ello ingresaremos nuestras precipitaciones máximas de 24 hr, ordenados y multiplicado por el factor 1.13, al software Hidroesta.

**Tabla 40.** Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov - Smirnov.

Orden (m)	Pp(máx 24hr)	Normal	Log N 2 parámetros	Log N 3 parámetros	Gamma 2 parámetros	Gamma 3 parámetros	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
1	36.00	0.0832	0.0348	0.0183	0.0327	0.019	0.004	0.0272	0.021
2	39.40	0.0931	0.0542	0.0035	0.0372	0.0366	0.0157	0.0365	0.0153
3	40.20	0.0753	0.0397	0.0225	0.0126	0.0155	0.0058	0.0134	0.0363
4	41.76	0.0682	0.0402	0.0123	0.0061	0.0177	0.0031	0.0112	0.0293
5	41.76	0.0404	0.0124	0.0480	0.0297	0.0180	0.0388	0.0246	0.0650
6	41.76	0.0126	0.0154	0.0501	0.0443	0.0270	0.0466	0.0362	0.0678
7	41.76	0.0152	0.0432	0.0410	0.0516	0.0277	0.0447	0.0394	0.0580
8	41.76	0.0429	0.0709	0.0624	0.0781	0.0522	0.0682	0.0646	0.0788
9	48.00	0.0702	0.0979	0.0256	0.0648	0.0306	0.0408	0.0452	0.0375
10	41.80	0.0750	0.0939	0.0040	0.0589	0.0198	0.0248	0.0350	0.0111
11	43.40	0.0782	0.0873	0.0183	0.0491	0.0069	0.0064	0.0215	0.0165
12	45.00	0.0980	0.1039	0.0065	0.0649	0.0220	0.0192	0.0362	0.0069
13	45.50	0.0834	0.0733	0.0292	0.1007	0.0578	0.0549	0.0719	0.0288
14	54.30	0.0749	0.0522	0.0316	0.1074	0.0641	0.0582	0.0773	0.0281
15	50.00	0.0625	0.0278	0.0432	0.0364	0.0030	0.0176	0.0053	0.0549
16	52.10	0.0725	0.0332	0.0659	0.0078	0.0259	0.0435	0.0209	0.0804
17	53.00	0.1003	0.0610	0.0392	0.0331	0.0006	0.0174	0.0050	0.0540
18	53.00	0.1019	0.0566	0.0122	0.0586	0.0272	0.0089	0.0310	0.0273
19	54.30	0.1297	0.0844	0.0200	0.0902	0.0593	0.0409	0.0629	0.0049
20	59.10	0.0578	0.0018	0.0815	0.0536	0.0584	0.0743	0.0621	0.0954
21	62.10	0.0229	0.0391	0.0567	0.0334	0.0357	0.0508	0.0398	0.0700
22	62.30	0.0465	0.0154	0.0454	0.0327	0.0294	0.0422	0.0341	0.0571
23	62.60	0.0681	0.0062	0.0202	0.0122	0.0066	0.0183	0.0115	0.0312
24	63.10	0.0855	0.0239	0.0184	0.0252	0.0127	0.0201	0.0176	0.0265
25	63.30	0.1092	0.0477	0.0005	0.0146	0.0007	0.0040	0.0038	0.0068
26	63.50	0.1329	0.0715	0.0145	0.0407	0.0240	0.0211	0.0261	0.0152
27	73.50	0.0240	0.0612	0.0103	0.0303	0.0215	0.0160	0.0215	0.0076
28	74.60	0.0132	0.0467	0.0066	0.0136	0.0125	0.0161	0.0133	0.0213
29	77.30	0.0239	0.0482	0.0027	0.0097	0.0105	0.0140	0.0109	0.0191
30	78.60	0.0129	0.0330	0.0012	0.0057	0.0085	0.0119	0.0085	0.0169
31	78.70	0.0137	0.0061	0.0051	0.0018	0.0065	0.0099	0.0061	0.0146
32	83.50	0.0105	0.0167	0.0090	0.0022	0.0045	0.0078	0.0037	0.0124
33	86.70	0.0093	0.0086	0.0129	0.0061	0.0025	0.0057	0.0012	0.0102
34	100.10	0.0398	0.0286	0.0168	0.0101	0.0005	0.0037	0.0012	0.0079
35	118.50	0.0269	0.0215	0.0208	0.0140	0.0016	0.0016	0.0036	0.0057

**Tabla 41.** Resumen de los test de Kolmogorov – Smirnov

Delta	Distribución de Probabilidad							
	Normal	Log N 2 parámetros	Log N 3 parámetros	Gamma 2 parámetros	Gamma 3 parámetros	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
$\Delta$ teórico	0.1329	0.1039	0.0815	0.1074	0.0641	0.0743	0.0773	0.0954
$\Delta$ tabular	0.2299	0.2299	0.2617	0.2617	0.2617	0.2617	0.2617	0.2617
Decisión	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>	<b>Acepta</b>

La **Tabla 41** nos muestra un resumen del Test de Kolmogorov, donde observamos que todos los datos se ajustan al delta Tabular, con un nivel de significación del 5%. En este caso elegiremos el Delta Teórico Máximo que más se acerca cero, evaluando la Tabla 40, nos fijamos que el de **Gamma 3** se acerca más con un Delta Teórico Máximo **0.0641**.

**l) Las precipitaciones máximas probables para los Períodos de Retorno 50 años, 100 años, 200 años y 500 años.**

Después de haber obtenido resultados de pruebas, tabla de frecuencias, datos dudosos nos toca calcular las precipitaciones máximas que pueden ocurrir en los períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

**Tabla 42.** *Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.*

N°	AÑO	Precipitación (mm)	
		$x_i$	$(x_i - x_m)^2$
1	1988	43.40	238.71
2	1989	41.76	292.08
3	1990	41.76	292.08
4	1991	63.30	19.80
5	1992	36.00	522.14
6	1993	73.50	214.61
7	1994	53.00	34.23
8	1995	74.60	248.05
9	1996	45.50	178.23
10	1997	78.60	390.05
11	1998	100.10	1701.54
12	1999	86.70	775.61
13	2000	50.00	78.33
14	2001	48.00	117.73
15	2002	59.10	0.06
16	2003	52.10	45.57
17	2004	54.30	20.71
18	2005	118.50	3558.09
19	2006	63.10	18.06
20	2007	62.10	10.56
21	2008	53.00	34.23

22	2009	77.30	340.39
23	2010	83.50	607.61
24	2011	62.60	14.06
25	2012	39.40	378.31
26	2013	45.00	191.83
27	2014	40.20	347.83
28	2015	41.76	292.08
29	2016	41.76	292.08
30	2017	41.76	292.08
31	2018	78.70	394.01
32	2019	62.30	11.90
33	2020	63.50	21.62
34	2021	41.76	292.08
35	2022	41.80	290.71
<b>35</b>	<b>SUMA</b>	<b>2059.76</b>	<b>12557.04</b>

Calculamos la Variable Probabilístico:

$$\bar{x}_m = \frac{\sum x_i}{n} = 58.85 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n - 1}} = 19.82 \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 14.98 \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$\mu = \bar{x} - 0.45 * s = 50.20 \quad \dots\dots\dots (45)$$

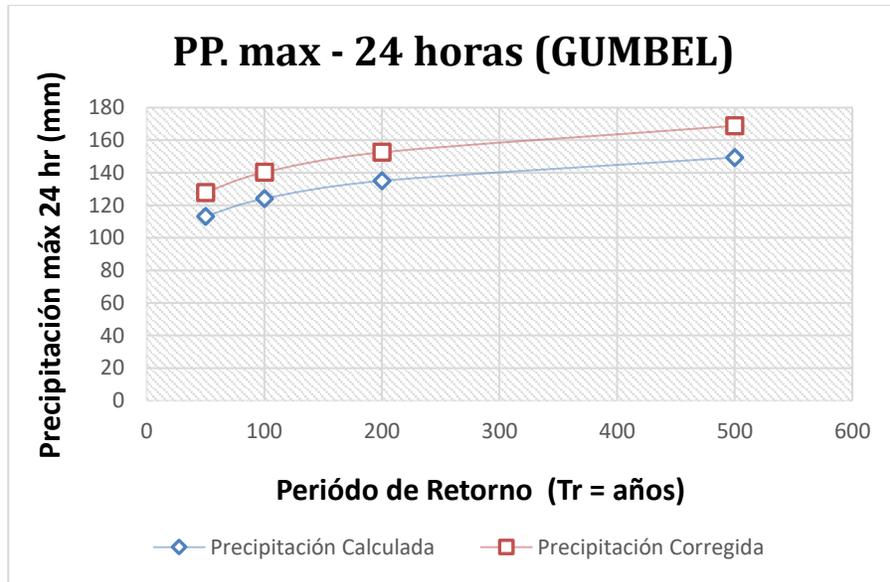
**Tabla 43.** Precipitaciones diarias máximas probables para 50, 100, 200 y 500 años.

<b>Cálculo de las precipitaciones diarias Máximas Probables para distintas frecuencias</b>				
<b>Periodo Retorno</b>	<b>Variable Reducida</b>	<b>Precipitación mm</b>	<b>Probabilidad Ocurrencia</b>	<b>Corrección Intervalo Fijo</b>
<b>Años</b>	<b>Y<sub>t</sub></b>	<b>X<sub>t</sub>(mm)</b>	<b>F (x<sub>T</sub>)</b>	<b>Corregido (mm)</b>
50	3.90194	113.15087	0.98000	<b>127.8605</b>
100	4.60015	124.10139	0.99000	<b>140.2346</b>
200	5.29581	135.01195	0.99500	<b>152.5635</b>
500	6.21361	149.40636	0.99800	<b>168.8292</b>

Donde:

- ✓ Y<sub>t</sub> = - LN (LN (Período de retorno / (Período de retorno - 1))).
- ✓ X<sub>t</sub> =  $\mu + Y_t * \alpha$
- ✓ F (x<sub>T</sub>) = (Período de retorno - 1) / (Período de retorno)

En su guía de prácticas hidrológicas, la organización Meteorológica Mundial explica que estudios de miles de años de estaciones de datos pluviométricos indican que multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor 1.13 producirá valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de máximos reales.



**Figura 18.** Gráfica de Precipitaciones máximas de 24 horas, corregido.

### m) Estimación del Caudal por Hidrograma Unitario

Datos del Proyecto Hidrológico:

- ✓ Área de Cuenca (A) : 7 174.47 Km<sup>2</sup>
- ✓ Tiempo de Concentración (Tc) : 15.54 Hr
- ✓ Longitud de cauce principal : 171 000 m.
- ✓ Pendiente del río (S) : 2.32%
- ✓ Número de curva (CN) : 85,75
- ✓ Desnivel (diferencia: H) : 3500m

**Calculamos la Precipitación Efectiva:**

A partir de la precipitación corregida de la **Tabla 43**.

**Tabla 44.** *Precipitaciones Efectivas para 50, 100, 200 y 500 años*

Tr (Años)	hpd (mm)	hpe (mm)
50	127.86	<b>122.93</b>
100	140.23	<b>135.29</b>
<b>200</b>	<b>152.56</b>	<b>147.61</b>
500	168.83	<b>163.87</b>

Donde:

$$hpe = \frac{\left[ hpd - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{hpd + \frac{2032}{N} - 20.32} \dots\dots\dots (46)$$

**Cálculo del Hidrograma Unitario Triangular**

$$q_b = \frac{0.208A}{t_p} = \frac{0.555A}{t_b} \dots\dots\dots (47)$$

$$t_b = \frac{8}{3} t_p \dots\dots\dots (48)$$

$$Q_p = \frac{0.208 * A * hpe}{t_p} \dots\dots\dots (49)$$

Donde:

- ✓  $q_b$  : Caudal base.
- ✓  $A$  : Area de Cuenca.
- ✓  $t_p$  : Tiempo pico.
- ✓  $t_b$  : Tiempo base.
- ✓  $Q_p$  : Caudal pico (m3/seg).
- ✓  $hpe$  : Precipitación efectiva de diseño.

### Tiempo de Concentración (Tc)

Utilizamos la fórmula de Kirpich para calcular el tiempo de concentración:

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \text{ (minutos)} \dots\dots\dots (50)$$

$$T_c = 932.565 \text{ minutos}$$

$$T_c = 0.000325 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \text{ (horas)} \dots\dots\dots (51)$$

$$T_c = 15.54 \text{ horas}$$

Donde:

H: Diferencias de alturas

L: Longitud del cauce principal

S: Pendiente del cauce principal

### Tiempo de Retraso (tr), Ecuación de Chow

$$t_r = 0.005 \left(\frac{L_{cp}}{\sqrt{S_{cp}}}\right)^{0.64} \dots\dots\dots (52)$$

$$t_r = 8.53 \text{ Hr.}$$

Donde:

Lcp : Longitud del cauce principal.

Scp : Pendiente del cauce principal.

### Cálculo de la Duración de Exceso

Con la que se presenta el mayor gasto pico, Según Mokus

Si:  $A > 500 \text{ km}^2$  , Es nuestro caso.

Entonces se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_e = 2 T_c^{0.5} \dots\dots\dots (53)$$

$$d_e = 7.88 \text{ hr}$$

### Calculamos el Tiempo pico (tp)

Se usará la siguiente fórmula:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r \dots\dots\dots (54)$$

$$t_p = 12.48 \text{ hr}$$

### Calculamos el Tiempo base (tb):

$$t_b = \frac{8}{3} t_p \dots\dots\dots (55)$$

$$t_b = 33.27 \text{ hr}$$

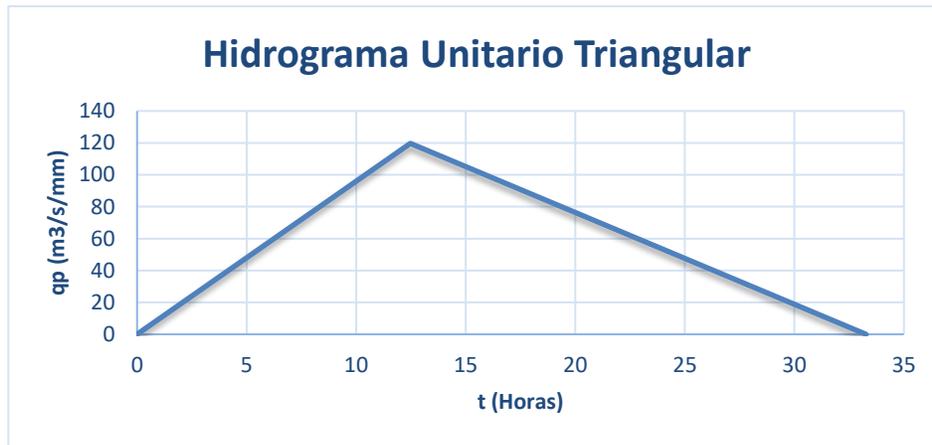
### Caudal Unitario para la Cuenca (qp)

$$q_p = \frac{0.208A}{t_p} \dots\dots\dots (56)$$

$$q_p = 119.575 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

**Tabla 45.** Caudal Unitario

<b>t (hr)</b>	<b>qp (m3/s/mm)</b>
0	0
<b>12.48</b>	<b>119.58</b>
33.27	0



**Figura 19.** Gráfica del Hidrograma Unitario Triangular.

**Cálculo de avenidas de diseño para diferentes periodos de retorno**

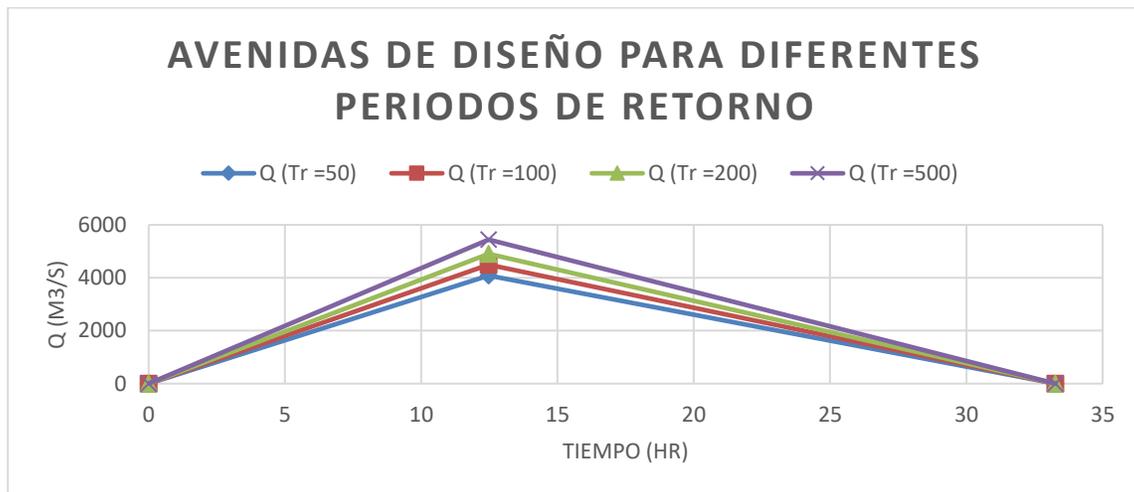
$$Q_p = \frac{0.208 * A * h_{pe}}{t_p} \dots\dots\dots (57)$$

**Tabla 46.** Caudal de diseño para diferentes períodos de retorno.

<b>Tr (Años)</b>	<b>hpe (mm)</b>	<b>Qp (m3/s)</b>
50	122.93	4083.14
100	135.29	4493.68
<b>200</b>	<b>147.61</b>	<b>4902.89</b>
500	163.87	5442.97

**Tabla 47.** Caudal de diseño para diferentes períodos de retorno en tiempo pico.

t (hr)	Qp (Tr =50)	Qp (Tr =100)	Qp (Tr =200)	Qp (Tr =500)
0	0	0	0	0
tp =12.48	<b>4083.14</b>	<b>4493.68</b>	<b>4902.89</b>	<b>5442.97</b>
33.27	0	0	0	0



**Figura 20.** Gráfica de las avenidas para diferentes Períodos de Retorno por el Hidrograma Triangular.

#### n) Construcción del Hidrograma Unitario Adimensional (sintético SCS)

Llamadas también Avenidas de Diseño en curvilíneo, para realizar el hidrograma unitario adimensional hacemos uso de los siguientes datos:

**Tiempo pico:**            **tp = 12.48 hr**

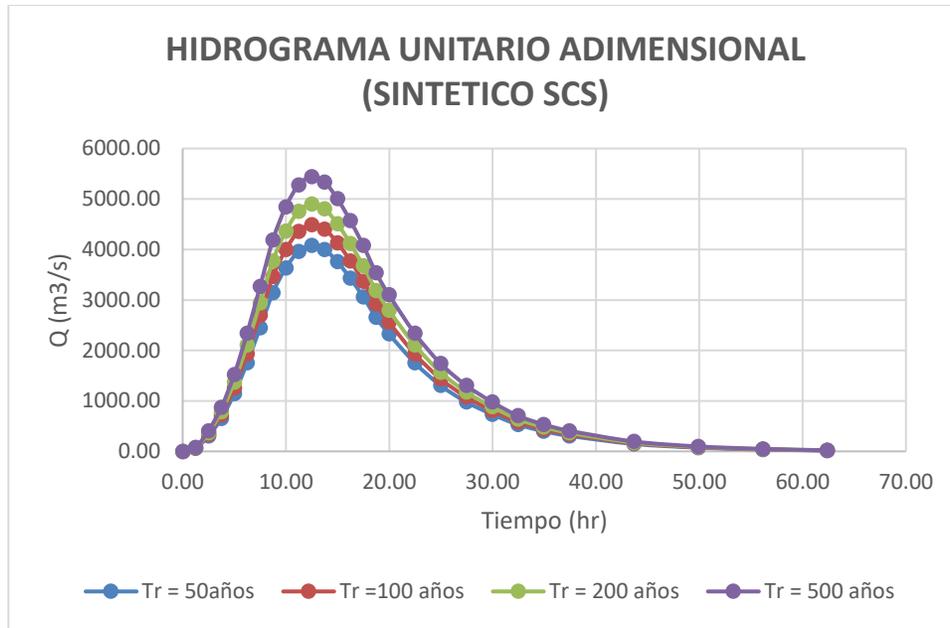
**Tabla 48.** *Coeficientes para hidrograma unitarios adimensionales (sintéticos SCS).*

<b>t/tp</b>	<b>q / qp</b>
0.00	0.000
0.10	0.015
0.20	0.075
0.30	0.160
0.40	0.280
0.50	0.430
0.60	0.600
0.70	0.770
0.80	0.890
0.90	0.970
1.00	1.000
1.10	0.980
1.20	0.920
1.30	0.840
1.40	0.750
1.50	0.650
1.60	0.570
1.80	0.430
2.00	0.320
2.20	0.240
2.40	0.180
2.60	0.130
2.80	0.098
3.00	0.075
3.50	0.036
4.00	0.018
4.50	0.009
5.00	0.004

Al multiplicar cada coeficiente por el Tiempo pico y el Caudal pico se obtiene la siguiente tabla:

**Tabla 49.** Avenidas de Diseño para un periodo de retorno en función del tiempo.

	Tr = 50 años	Tr = 100 años	Tr = 200 años	Tr = 500 años
t(hr)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.25	61.25	67.41	73.54	81.64
2.50	306.24	337.03	367.72	408.22
3.74	653.30	718.99	784.46	870.88
4.99	1143.28	1258.23	1372.81	1524.03
6.24	1755.75	1932.28	2108.24	2340.48
7.49	2449.88	2696.21	2941.73	3265.78
8.73	3144.02	3460.13	3775.23	4191.09
9.98	3633.99	3999.38	4363.57	4844.24
11.23	3960.65	4358.87	4755.80	5279.68
12.48	4083.14	4493.68	4902.89	5442.97
13.72	4001.48	4403.81	4804.83	5334.11
14.97	3756.49	4134.19	4510.66	5007.53
16.22	3429.84	3774.69	4118.43	4572.09
17.47	3062.36	3370.26	3677.17	4082.23
18.71	2654.04	2920.89	3186.88	3537.93
19.96	2327.39	2561.40	2794.65	3102.49
22.46	1755.75	1932.28	2108.24	2340.48
24.95	1306.60	1437.98	1568.92	1741.75
27.45	979.95	1078.48	1176.69	1306.31
29.94	734.97	808.86	882.52	979.73
32.44	530.81	584.18	637.38	707.59
34.93	400.15	440.38	480.48	533.41
37.43	306.24	337.03	367.72	408.22
43.67	146.99	161.77	176.50	195.95
49.90	73.50	80.89	88.25	97.97
56.14	36.75	40.44	44.13	48.99
62.38	16.33	17.97	19.61	21.77



**Figura 21.** Gráfica de las avenidas para diferentes Períodos de Retorno por el Hidrograma Unitario Adimensional.

### 3.4.3. Modelamiento Hidráulico

El presente trabajo de investigación se enfoca en estimar el nivel de riesgo de inundación por el río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo. Para comenzar con este modelamiento hidráulico se resaltarán los datos obtenidos del procesamiento hidrológico que serán requeridos:

**a) Datos calculados en el procesamiento de la información hidrológica:**

- **Tiempo de Concentración**

El cálculo y las fórmulas empleadas están en la pág. 78 del modelamiento hidrológico.

**Tabla 50.** Cálculo del tiempo de concentración.

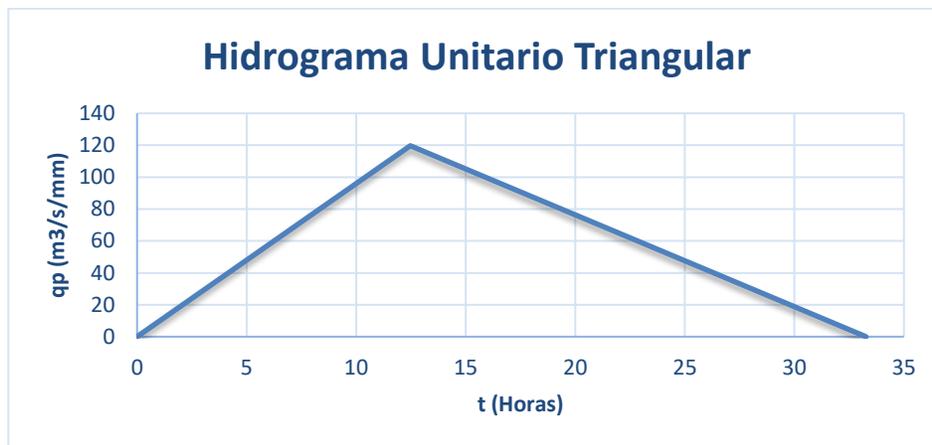
Longitud (km)	171.00
S (m)	0.02
Tc (min)	932.56
<b>Tc (hr)</b>	<b>15.54</b>

- **Construcción del Hidrograma Triangular del SCS:**

El caudal unitario o base (Tabla 52) se calculó a partir del procesamiento de la información hidrológica de caudales promedios anuales de la estación Chirinos. (se encuentra en la pág. 82)

**Tabla 51.** *Tabla del caudal unitario.*

<b>t (hr)</b>	<b>qp (m<sup>3</sup>/s/mm)</b>
0	0
<b>tp= 12.48</b>	<b>119.68</b>
tb =33.27	0

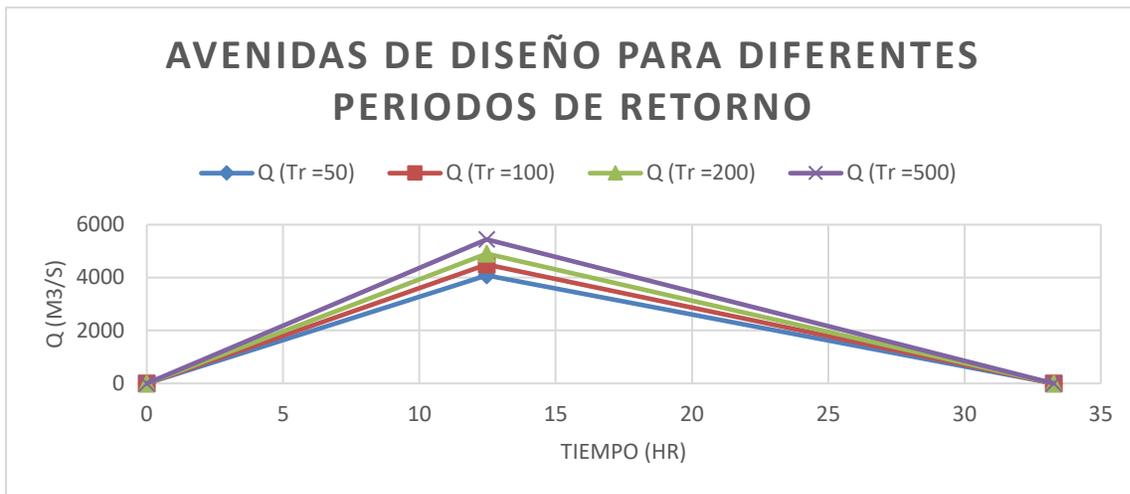


**Figura 22.** *Hidrograma triangular.*

Caudales máximos para diferentes períodos de retorno según los cálculos estadísticos, se resumen en la siguiente Tabla 51. (se encuentra en la pág. 83)

**Tabla 52.** *Caudales de diseño para diferentes períodos de retorno en tiempo pico.*

<b>t (hr)</b>	<b>Qp (Tr =50)</b>	<b>Qp (Tr =100)</b>	<b>Qp (Tr =200)</b>	<b>Qp (Tr =500)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0
<b>tp =12.48</b>	4083.14	4493.68	<b>4902.89</b>	5442.97
<b>33.27</b>	0	0	0	0



**Figura 23.** Hidrograma de entrada para Hec-Ras.

**b) Procesamiento del Modelamiento Hidráulico:**

Ahora procederemos a ingresar al software HEC-RAS, toda la información obtenida de la modelación hidrológica, siguiendo una serie de pasos que a continuación se detallan:

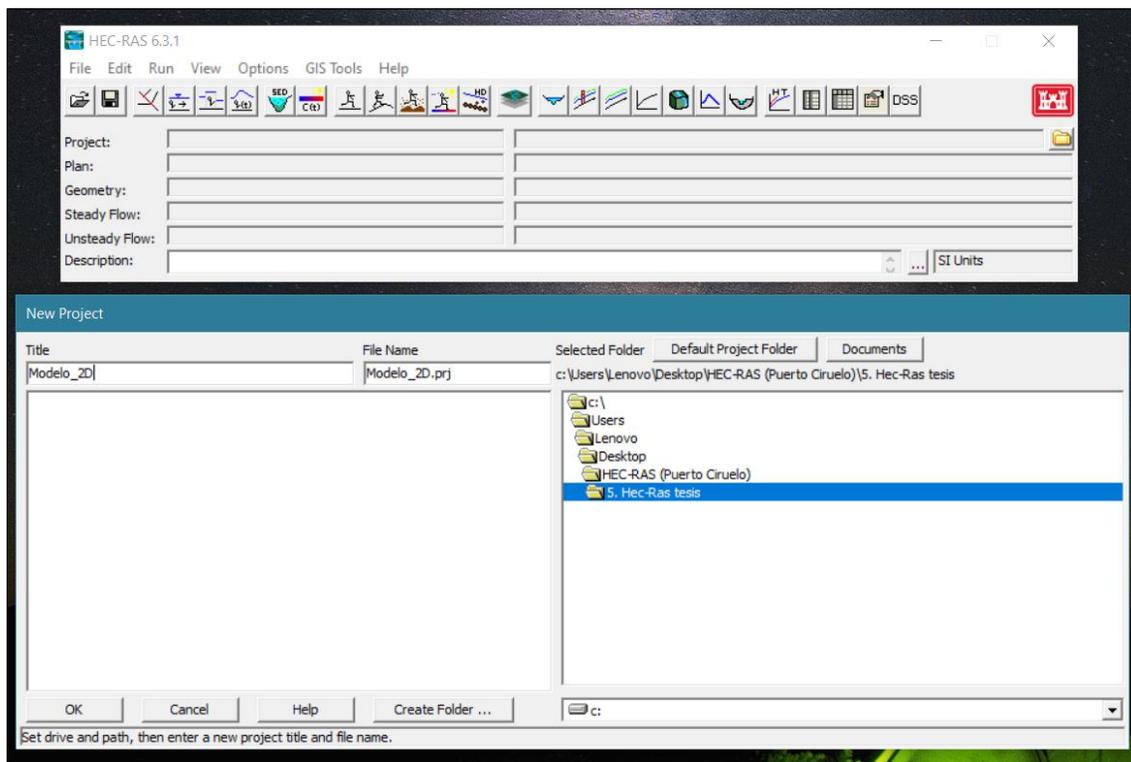
- ✓ El archivo Shapefile con la extensión prj. que es la proyección con la cuál vamos a definir nuestro sistema de referencia.
- ✓ El modelo digital de elevación (DEM.tif) el cual fue exportado del ArcGIS, que se logró obtener de las curvas de nivel sustraídas del levantamiento topográfico.
- ✓ Los coeficientes de Rugosidades de Manning, con sus respectivas capas de suelo.
- ✓ El hidrograma diseñado en el estudio hidrológico.



**Figura 24.** Datos a utilizar en el modelamiento hidráulico.

### Extensión prj. para definir el sistema de referencia de coordenadas

Para iniciar con nuestro modelamiento hidráulico en el programa Hec-Ras, será primero crear un nuevo proyecto para luego ir a RAS Mapper y referenciarlo mediante un archivo prj. el cuál nos brindará datos geodésicos para ubicar nuestro proyecto.



**Figura 25.** Creamos nuestro proyecto.

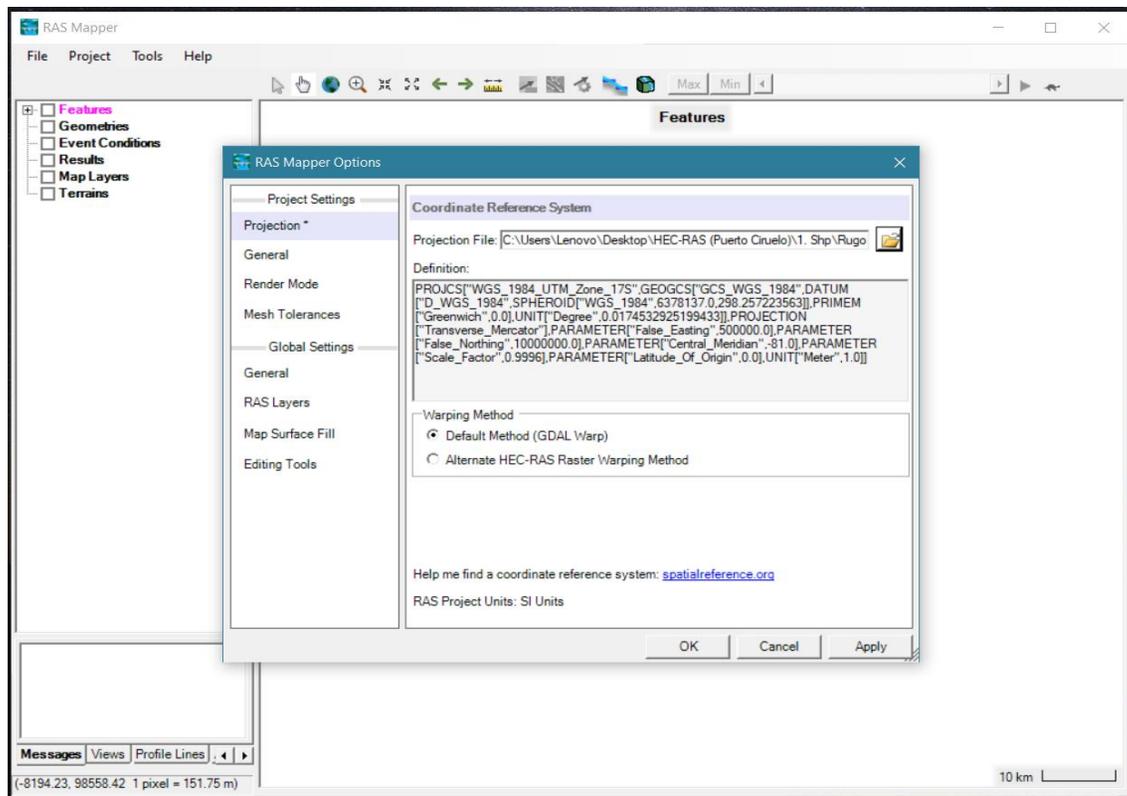


Figura 26. Definimos nuestro sistema de coordenadas.

## Modelo digital de Elevación

El modelo digital de elevación a usarse es del levantamiento topográfico del centro poblado Puerto Ciruelo, el cual a partir de sus curvas de nivel se convirtió a un formato Raster en ArcGIS para luego ser exportado en archivo "tif" e ingresado al software Hec-Ras como lo requiere. Para ingresar nuestro modelo digital de elevación nos vamos a Terrains, le hacemos un click derecho en Create a New RAS Terrain luego buscamos nuestro archivo DEM.tif y le damos click en Create para visualizar nuestro modelo digital de elevación.

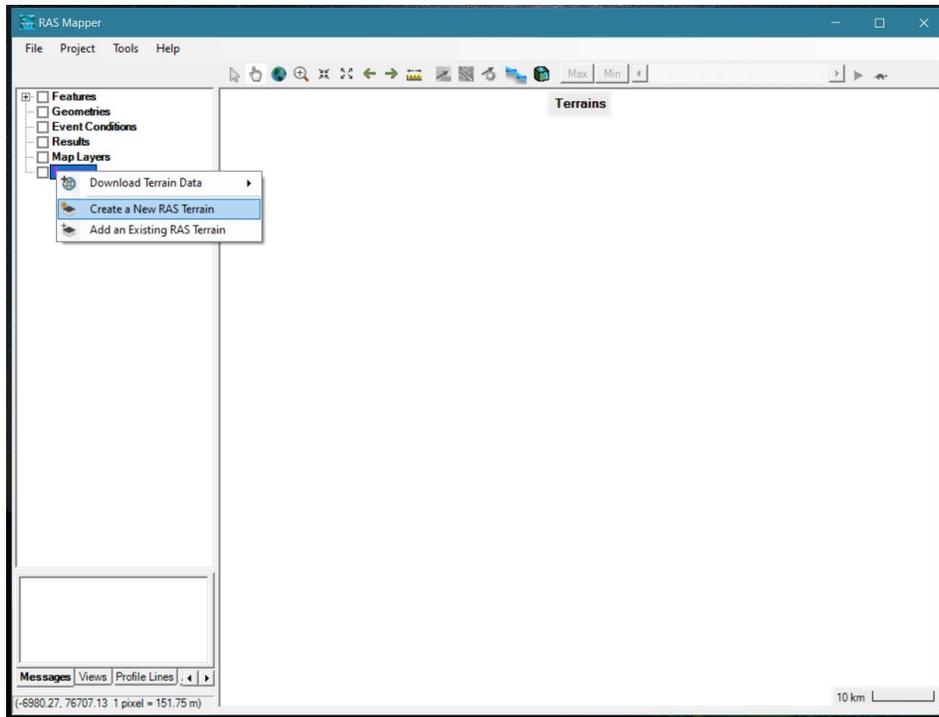


Figura 27. Creamos nuestro Terrain.

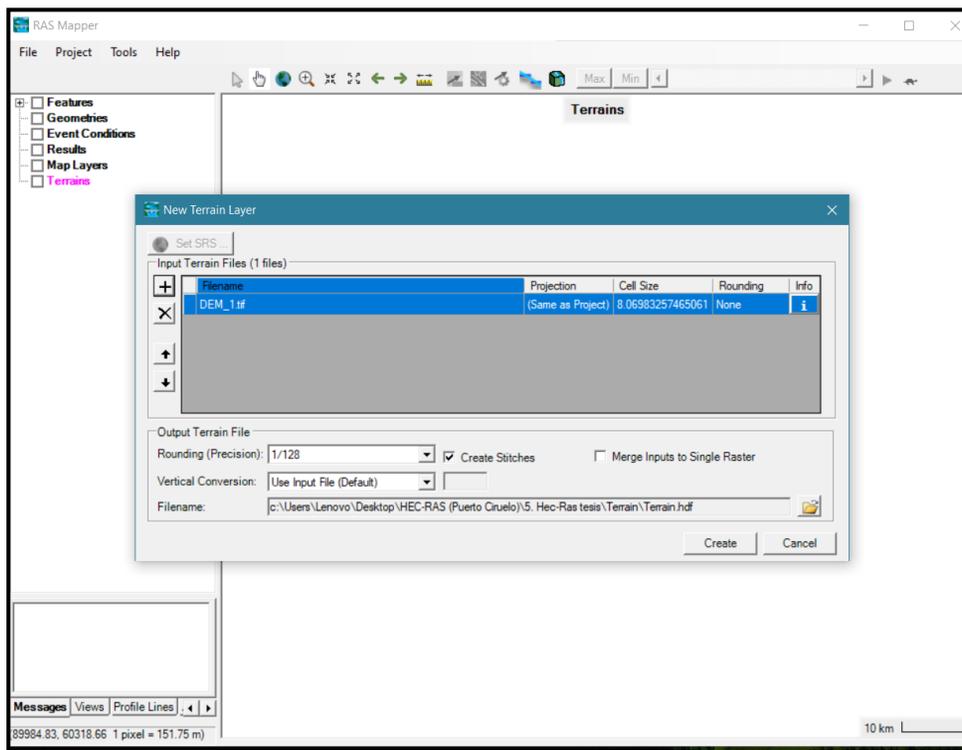
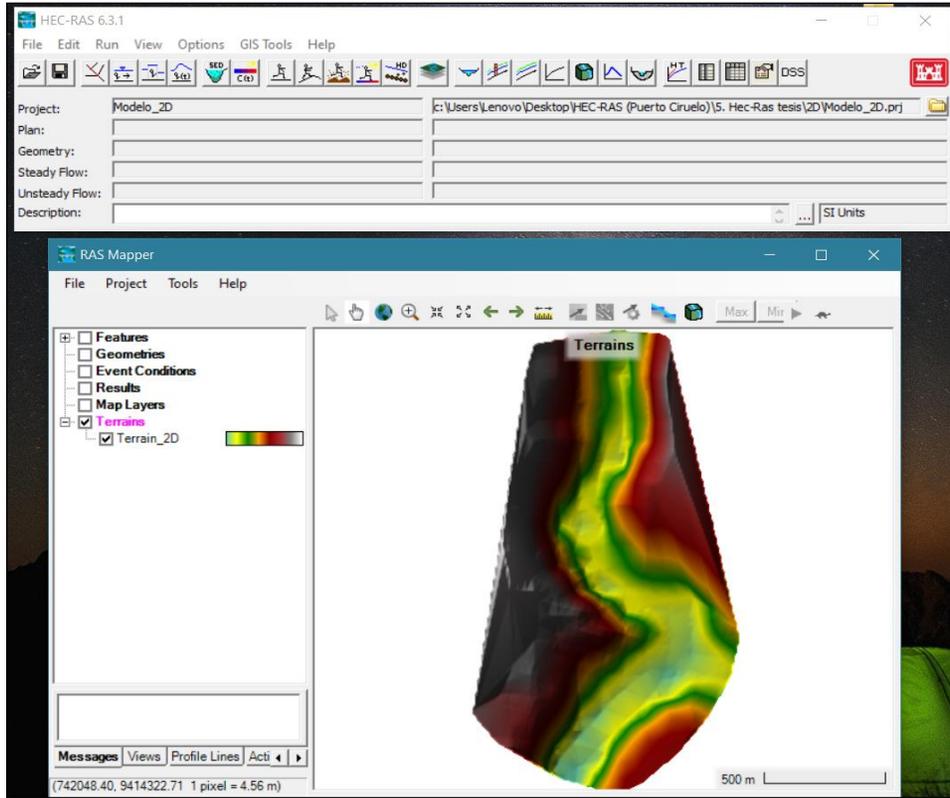


Figura 28. Ingresamos nuestro modelo digital de elevación en formato tif.



**Figura 29.** *Modelo Digital de Elevación.*

## **Imagen Georreferencial**

Para determinar que nuestro modelo digital de elevación está georreferenciado con la zona de nuestro proyecto, añadimos una imagen satelital del centro poblado Puerto Ciruelo desde Google Satélite, haciendo click derecho en Map Layers y click en Add Web Imagery.

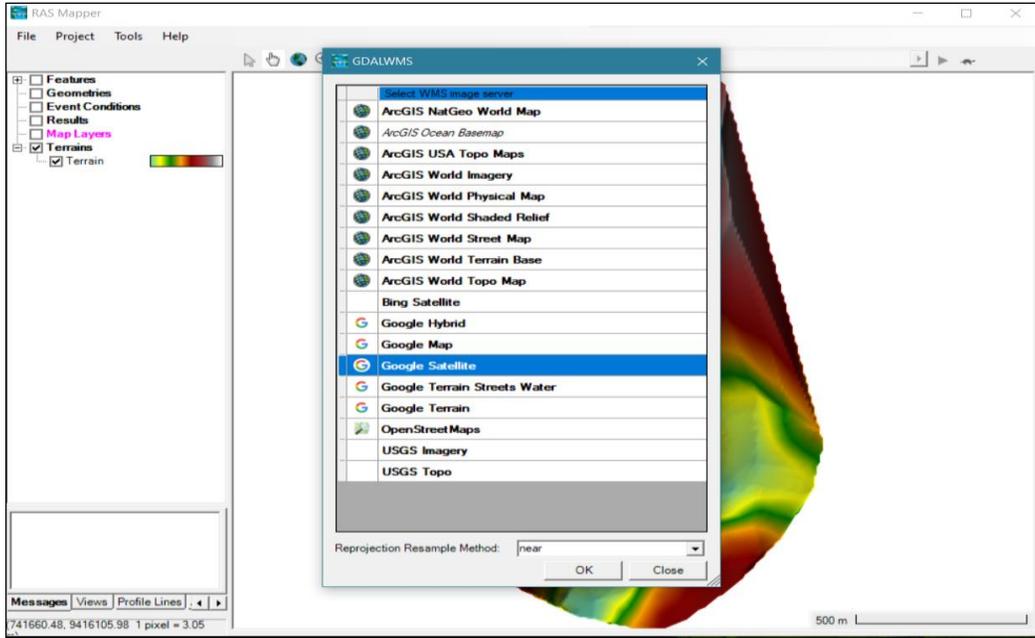


Figura 30. Añadimos una imagen satelital de Google Satélite.

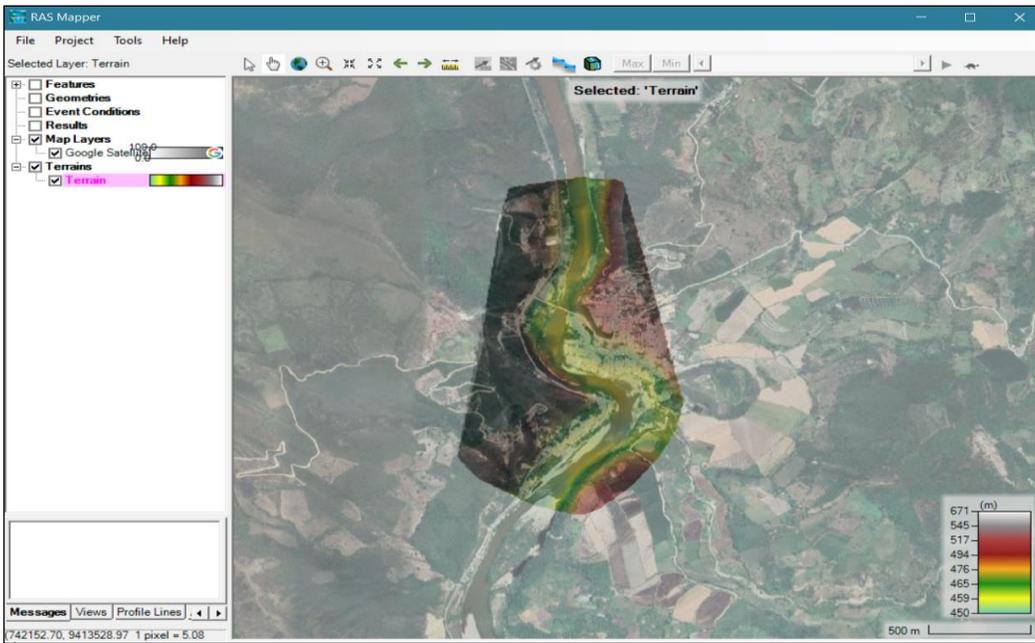


Figura 31. Imagen satelital del CC. PP Puerto Ciruelo.

## Creación de la Geometría en RAS Mapper

La geometría en RAS Mapper nos sirve para configurar el mallado del área del proyecto, refinar una zona de interés y dar las condiciones de Aguas arriba y Aguas abajo. Para ello creamos la Geometría haciendo un click derecho en Geometries, y luego en New Geometry Data. Pero antes de empezar a editar la Geometría, ingresaremos el archivo Shapefile de Coeficientes de Rugosidades de Manning con sus diferentes tipos de suelos generados en el ArcGIS. Entonces hacemos click derecho en Map Layers, click en Create a New RAS Layer y hacemos otro click en Land Cover Layer para agregar nuestros coeficientes de rugosidades de Manning.

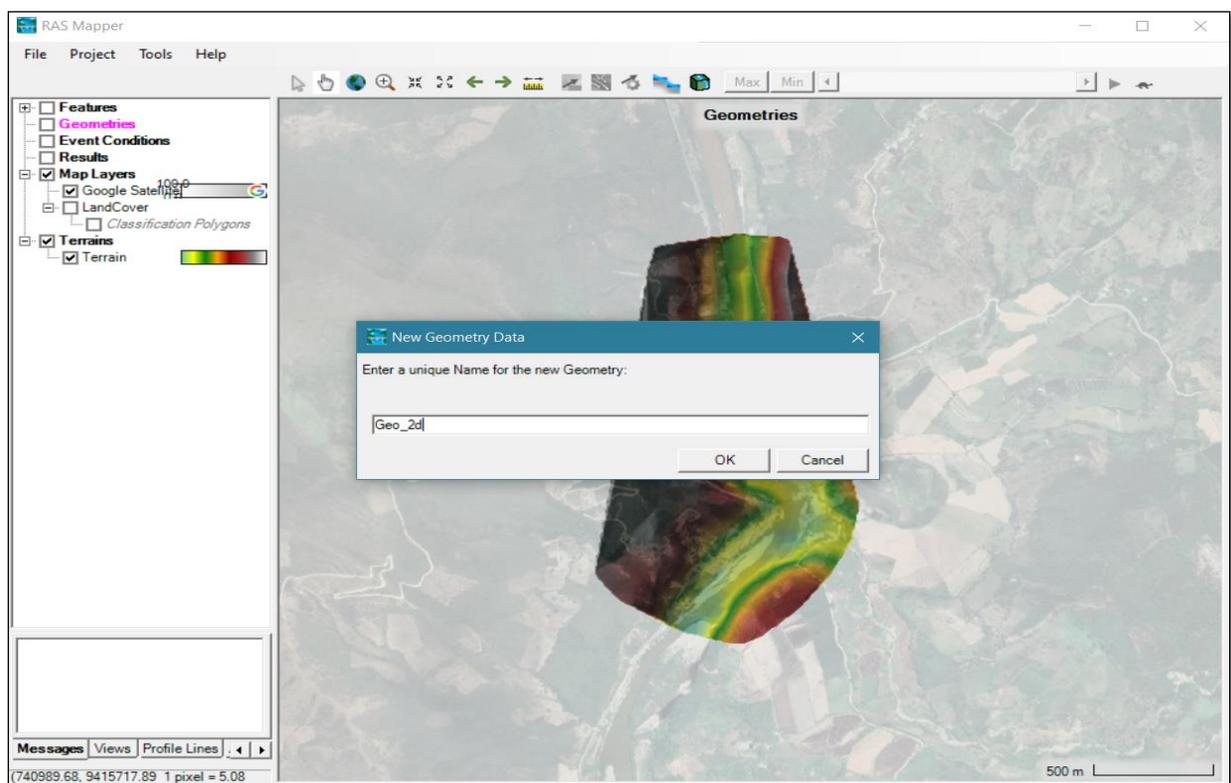
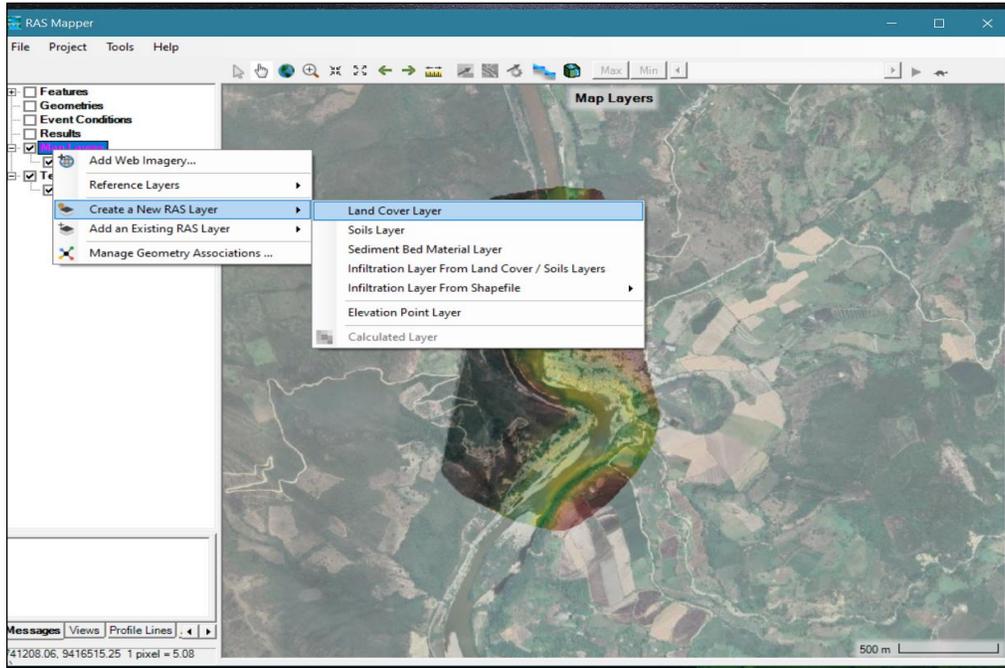
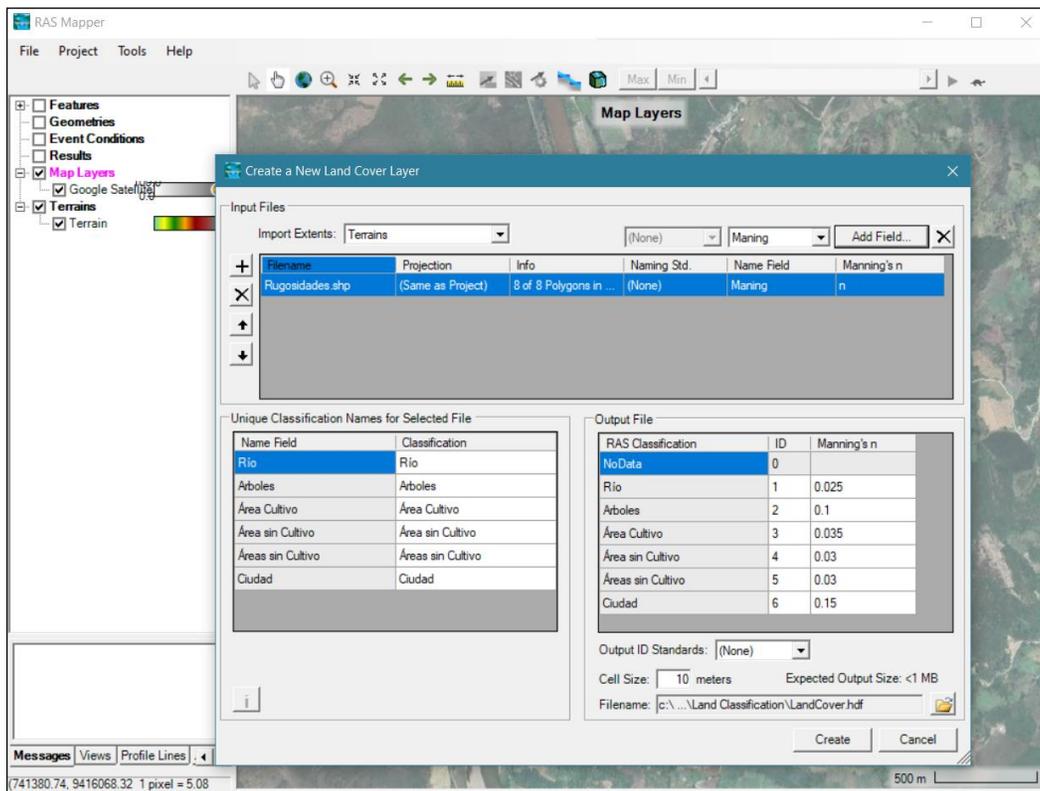


Figura 32. Creamos la Geometría.



**Figura 33.** Creamos el Land Cover Layer



**Figura 34.** Ingresamos nuestro Coeficientes de Rugosidades de Manning.

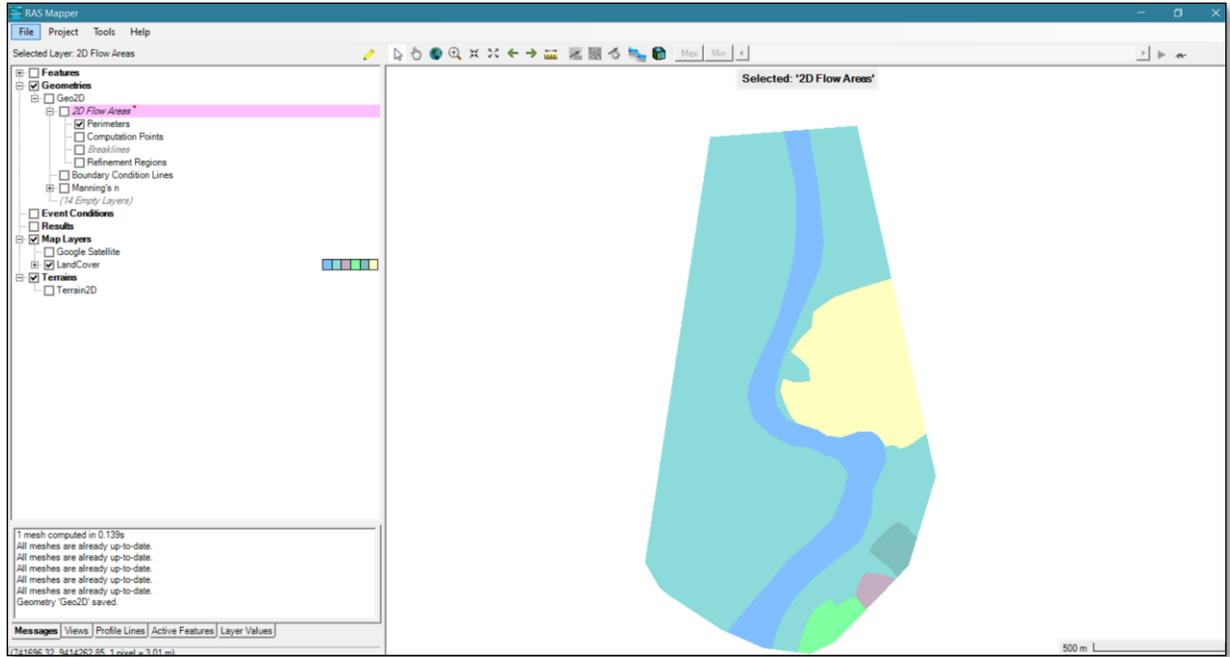


Figura 35. Coeficientes de Rugosidades de Manning.

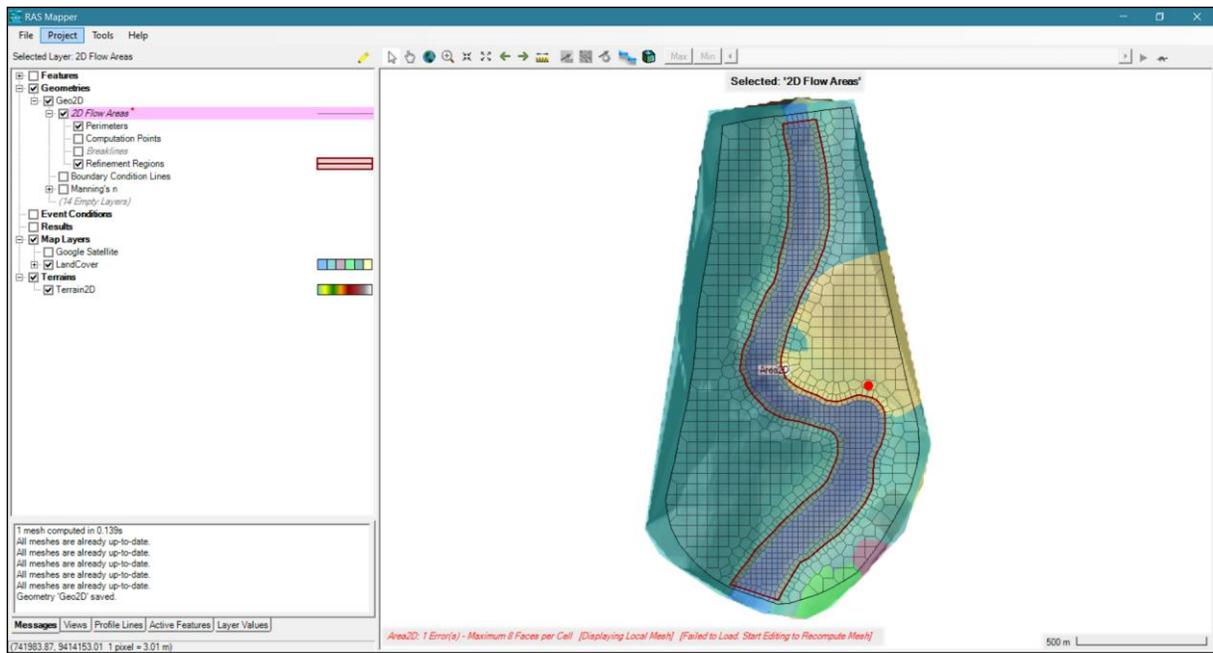


Figura 36. Mallado en 2D, condiciones de aguas arriba y aguas abajo.

## Verificaciones en Geometry Data

Luego de haber generado nuestra Malla 2D y puestos las condiciones de aguas arriba y aguas abajo, verificamos en Geometry Data los errores que puede tener la malla 2D, prueba de ello es cuando en un punto hay más de 8 celdas, donde modificamos ese punto para eliminar los errores. En nuestro caso no hubo error en la malla, entonces observamos que todo esté correcto incluyendo las rugosidades de Manning y guardamos los cambios.

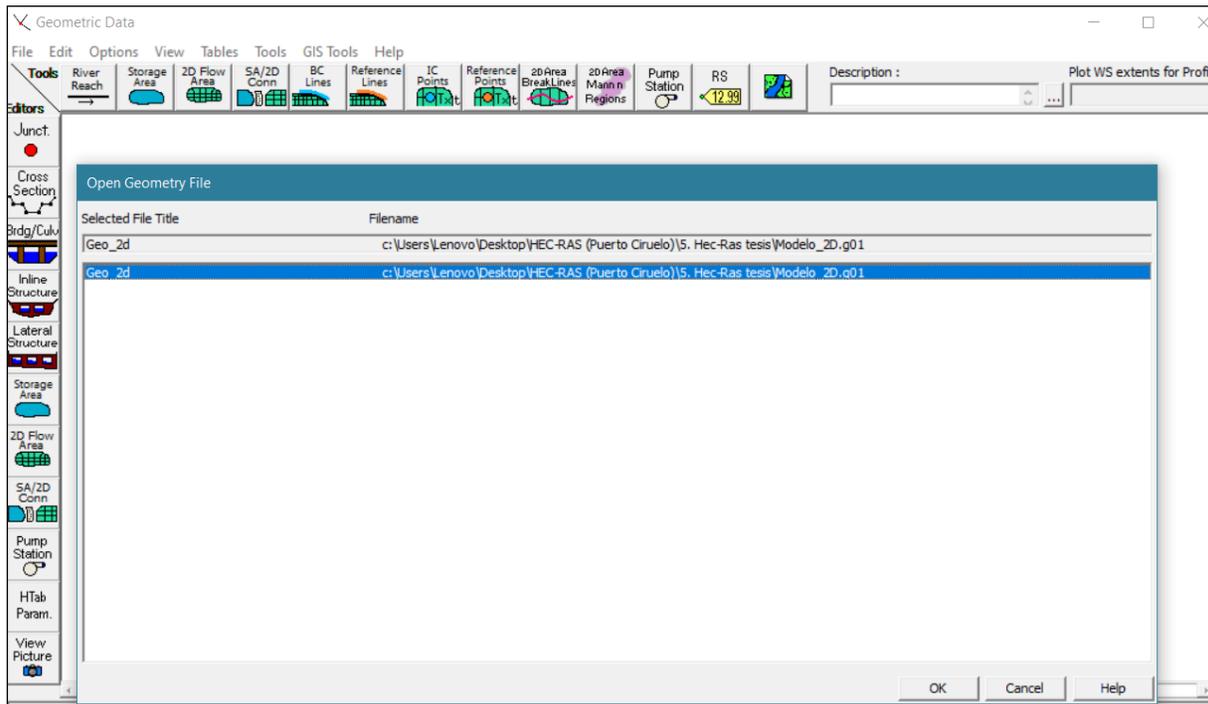


Figura 37. Abrimos nuestra Geometría.

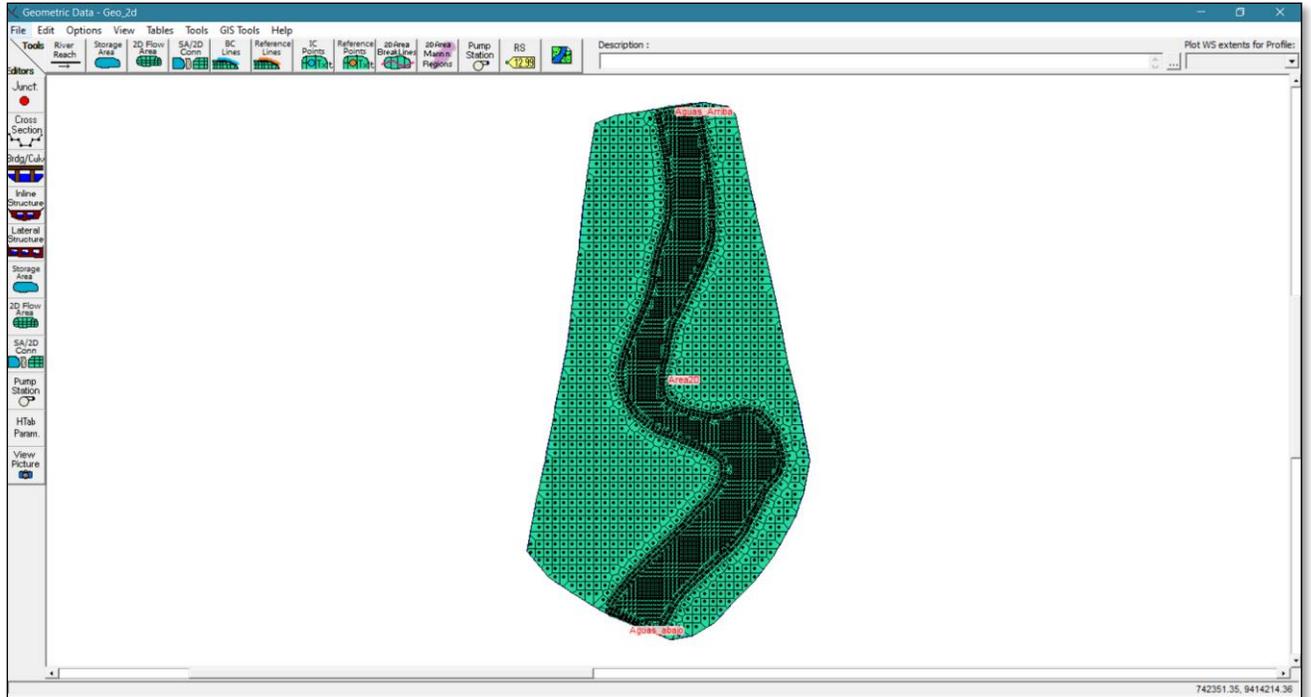


Figura 38. Verificamos errores.

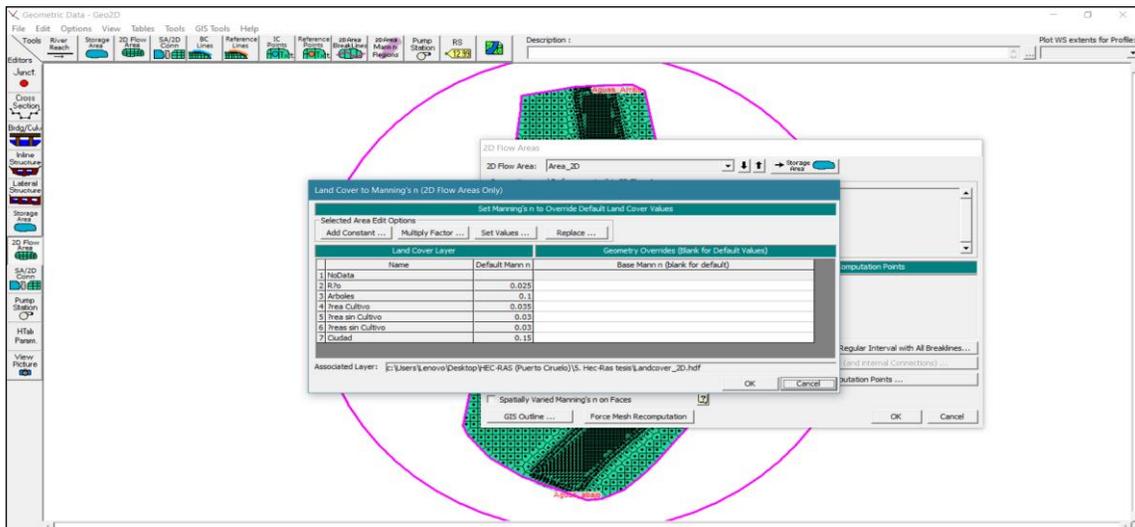


Figura 39. Verificamos los Coeficientes de Rugosidades Manning.

## Condiciones de Aguas Arriba y Aguas Abajo

Para crear estas condiciones nosotros tenemos un Hidrograma en la Tabla 42, con avenidas diseñadas para períodos de retorno de 50 años, 100 años, 200 años y 500 años con intervalo de 10 minutos, que las vamos agregar en las condiciones de Aguas arriba con su pendiente respectiva y en Aguas abajo solo agregaremos la pendiente en esa parte. Entonces para agregar todos esos datos nos vamos a *View/Edit Unsteady Flow Data* y creamos las condiciones Aguas arriba y Aguas Abajo.

The screenshot shows the 'Unsteady Flow Data' window with the 'Flow Hydrograph' dialog box open. The dialog is configured for '2D: Area\_2D BCLine: Aguas Arriba' and is set to 'Enter Table' mode with a '10 Minute' data time interval. The 'Hydrograph Data' table is populated with the following information:

No. Ordinates	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	31Dec0999 2400	0:00:00	0
2	01Jan1000 0010	0:10:00	81.64
3	01Jan1000 0020	0:20:00	408.22
4	01Jan1000 0030	0:30:00	870.88
5	01Jan1000 0040	0:40:00	1524.03
6	01Jan1000 0050	0:50:00	2340.48
7	01Jan1000 0100	1:00:00	3265.78
8	01Jan1000 0110	1:10:00	4191.09
9	01Jan1000 0120	1:20:00	4844.24
10	01Jan1000 0130	1:30:00	5279.68
11	01Jan1000 0140	1:40:00	5442.97
12	01Jan1000 0150	1:50:00	5334.11
13	01Jan1000 0200	2:00:00	5007.53
14	01Jan1000 0210	2:10:00	4572.09
15	01Jan1000 0220	2:20:00	4082.23

Figura 40. Avenidas diseñadas para  $Tr = 200$  años en un intervalo de 10 minutos.

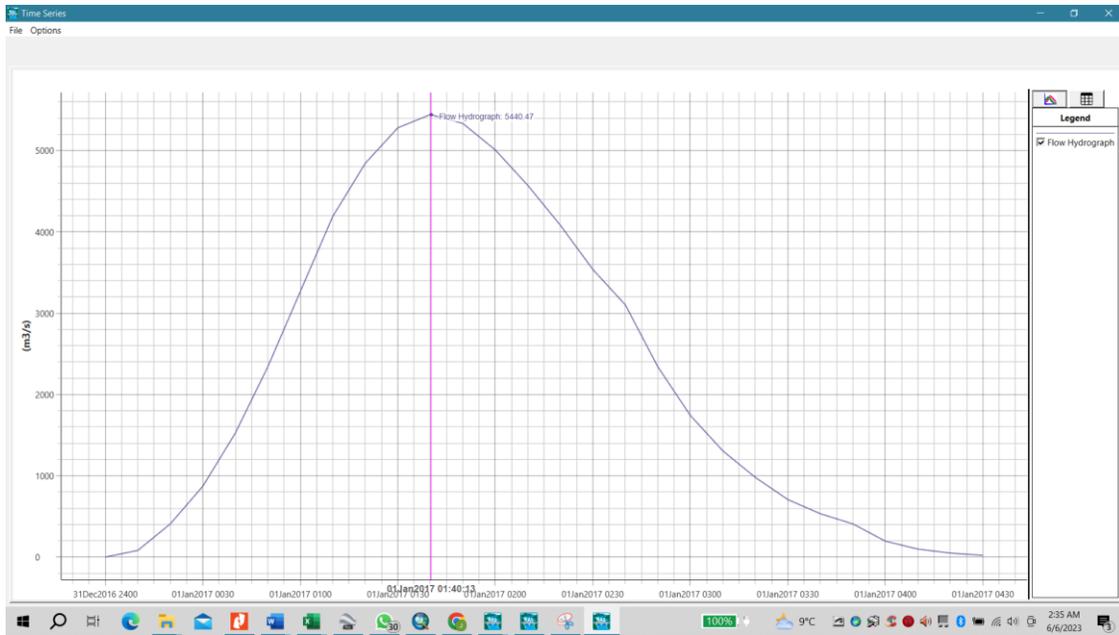


Figura 41. Histograma del  $T_r = 200$  años.

The software interface includes the following sections:

- Boundary Condition Types:**
  - Stage Hydrograph
  - Flow Hydrograph
  - Stage/Flow Hydr.
  - Rating Curve
  - Normal Depth
  - Lateral Inflow Hydr.
  - Uniform Lateral Inflow
  - Groundwater Interflow
  - T.S. Gate Openings
  - Elev Controlled Gates
  - Navigation Dams
  - IB Stage/Flow
  - Rules
  - Precipitation
- Add Boundary Condition Location:**
  - Add RS ...
  - Add SA/2D Flow Area ...
  - Add Conn ...
  - Add Pump Sta ...
  - Add Pipe Node ...
- Select Location in table then select Boundary Condition Type:**

River	Reach	RS	Boundary Condition
<b>Storage/2D Flow Areas</b>			
1	Area_2D	BCLine: Aguas_abajo	Normal Depth
2	Area_2D	BCLine: Aguas_Arriba	Flow Hydrograph

Figura 42. Condiciones de Aguas arriba y Aguas Abajo.

## Plan para Flujo no Permanente

Una vez ingresada las condiciones de Aguas arriba y Aguas Abajo, ahora procedemos a procesar esos datos para visualizar como quedó nuestro modelamiento hidráulico. Pero antes se tiene que crear un plan de análisis de flujo, donde vamos a programar velocidades, el tiempo de simulación y el intervalo de cálculo. Hacemos click en *Perform an unsteady Flow simulation* y configuramos.

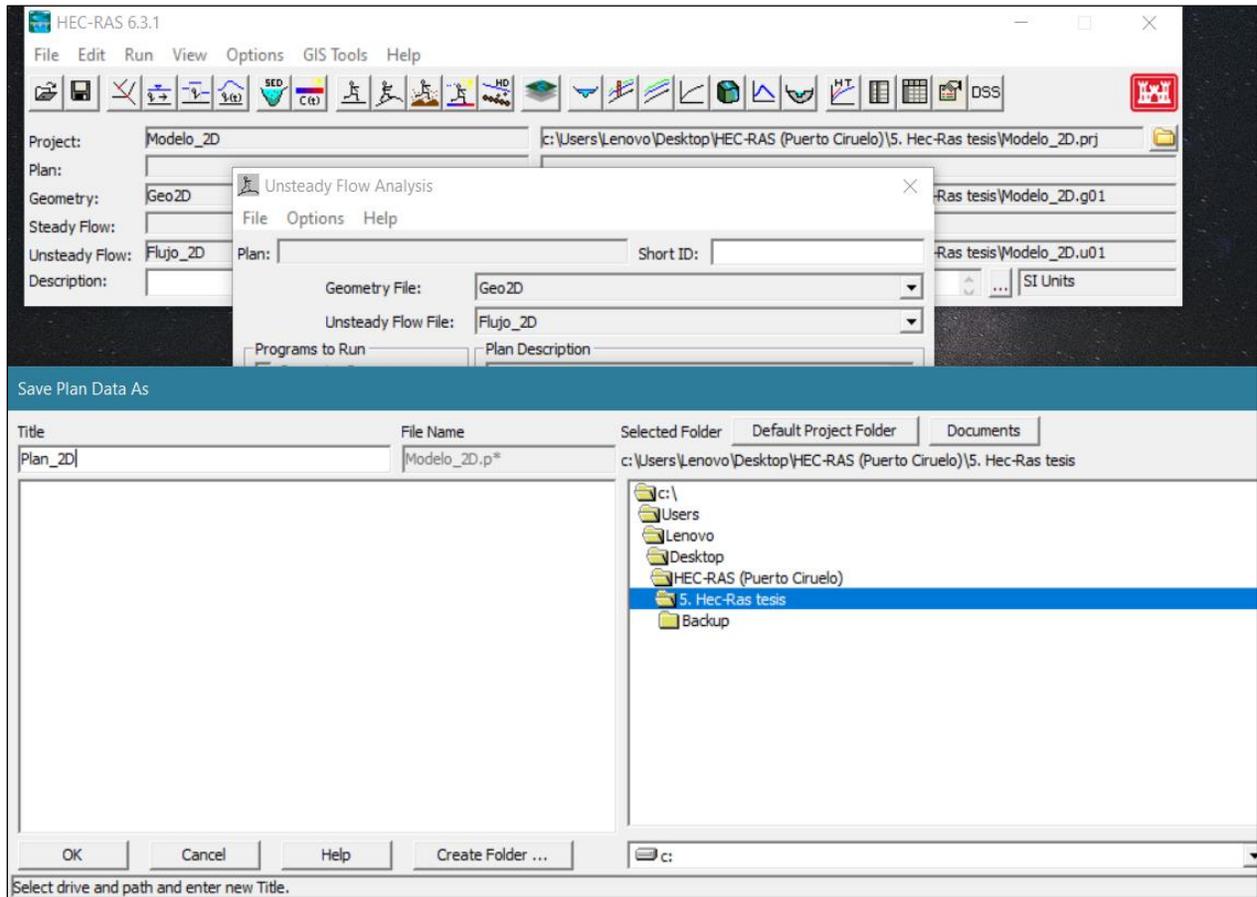


Figura 43. Se crea el Plan.

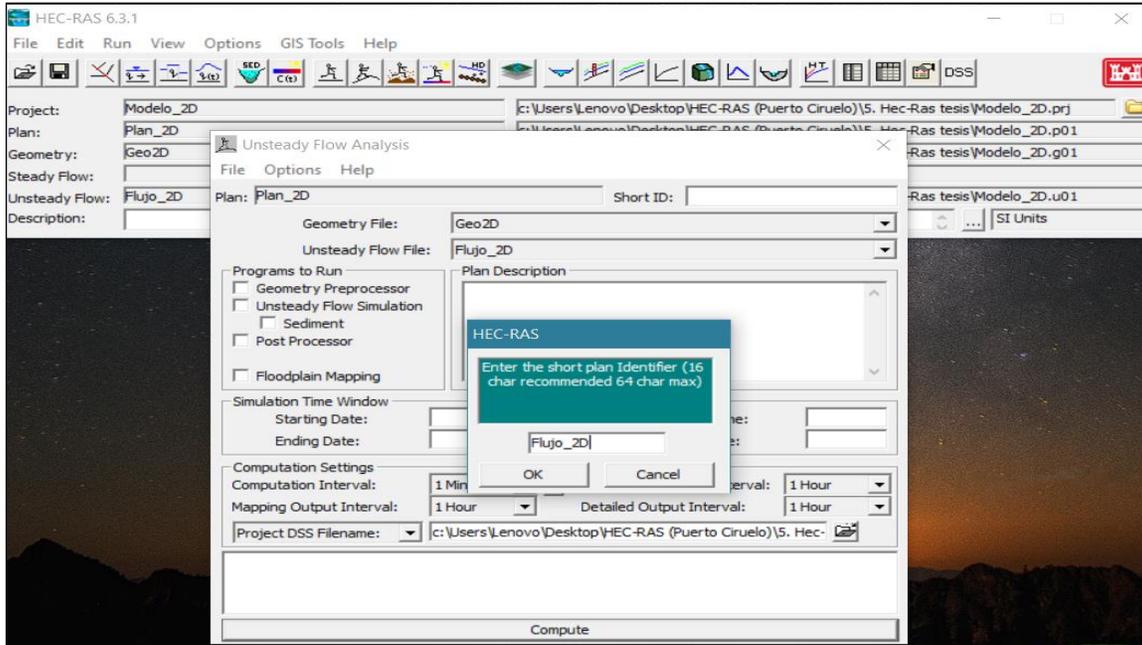


Figura 44. Ventana de Identificación.

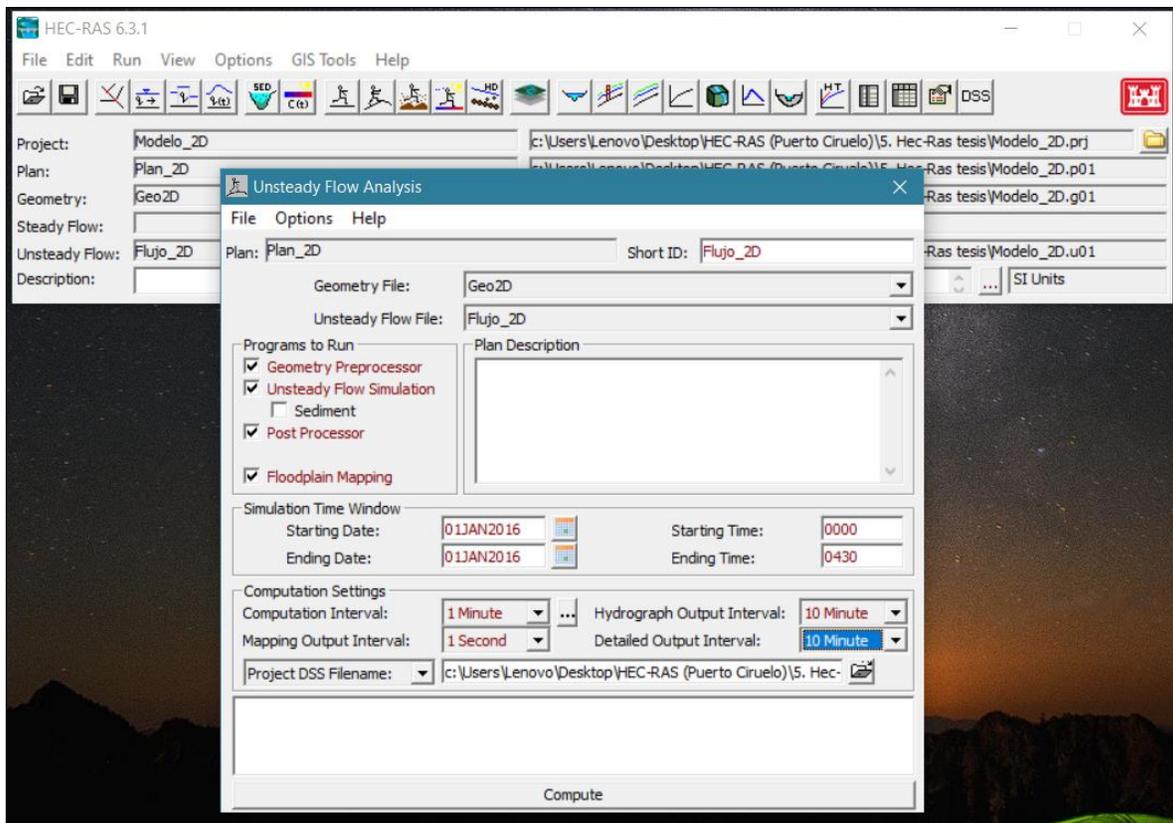
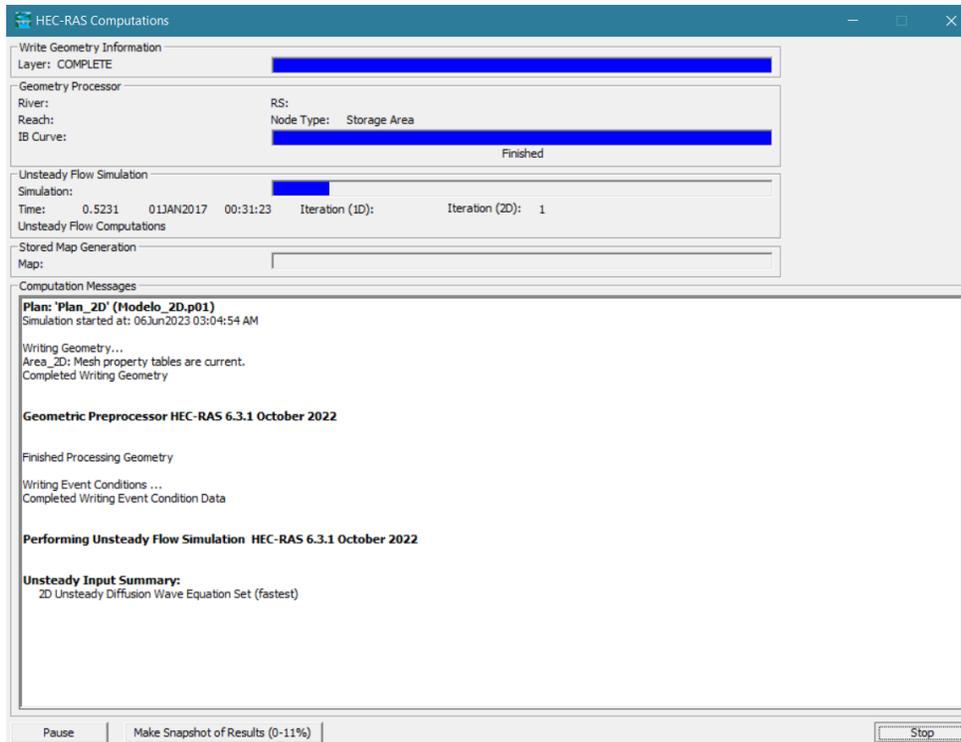


Figura 45. Programación de velocidades y tiempos de simulación.



**Figura 46.** *Procesando los datos para visualizar el resultado.*

## Resultados de la Modelación Hidráulica

Finalmente, se hizo el modelamiento hidráulico unidimensional con el programa HEC-RAS 6.3.1 para periodos de retornos de 50, 100, 200 y 500 años, y se comprueba después de haber analizado cuidadosamente cada uno de los datos que no existen errores, obteniendo una simulación satisfactoria, con los siguientes resultados:

**Tabla 53.** *Resumen de Tirantes y Velocidades.*

Periodos de retorno (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante máximo (m)	Velocidad máxima (m <sup>3</sup> /s)
50	4083.14	11.71	16.42
100	4493.68	12.06	17.06
200	4902.89	12.36	17.71
500	5442.97	12.84	18.53

### 3.4.4. Determinación del nivel o grado de Peligrosidad

#### a) Recopilación de información primaria – Encuestas

De las 157 viviendas en la zona de estudio, se seleccionó una muestra de 118 con un nivel de confianza del 95 % y un error estándar del 5 %. La muestra es de naturaleza probabilística. La longitud total del río es de 2300 m, según la zona urbana.

#### b) Determinación del Peligro de Inundación

El tirante determinado después de hacer la modelación en el Hec-Ras para un  $T_r = 200$  años fue de 12.36m, que corresponde a la zona más crítica en el área urbana recalando que el río Chinchipe está caracterizado por una inundación estática.

**Tabla 54.** *Determinación del nivel de intensidad.*

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Profundidad del río	$H > 1.5$	12.36 m	Muy Alta
Tipo de inundación fluvial	Estático		
NIVEL DE INTENSIDAD		$> 1.5$	Muy Alta

Después de realizar el análisis estadístico de los datos pluviométricos de la estación Chirinos, se llegó a la conclusión de que **Gamma 3** se ajusta mejor a los datos. Se encontró la tasa de inundación, que se muestra en la Tabla 54. La frecuencia de ocurrencia, que está determinada por el período de retorno, describe la cantidad de tiempo en que se puede producir una inundación fluvial.

**Tabla 55.** *Determinación de la frecuencia de ocurrencia*

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Tiempo de retorno	$50 < T < 200$	50	Bajo
FRECUENCIA DE OCURRENCIA			BAJO

El nivel de peligro de inundación se identificó en función de la intensidad y frecuencia de ocurrencia que se calculó con la Matriz de Peligro (Tabla 5), es necesario precisar que los datos tomados son rangos máximos en cada nivel para la determinación del nivel de intensidad, frecuencia de ocurrencia y promedio aritmético, como se muestra en la siguiente Tabla 55:

**Tabla 56.** *Determinación del peligro de inundación*

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Nivel de intensidad	0.75 – 1.00	1.00	Muy alta
Frecuencia de ocurrencia	00 – 0.25	0.25	Bajo
<b>Nivel de Peligro de Inundación</b>			<b>MEDIO</b>

### 3.4.5. Estimación del nivel de Vulnerabilidad ante una Inundación Pluvial

#### a) Vulnerabilidad Física

**Tabla 57.** *Nivel de Vulnerabilidad Física.*

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)
Material de construcción utilizada en las viviendas de la zona de estudio.	72
Localización de viviendas frente al peligro.	59
Cumplimiento con la normativa técnica vigente en los procedimientos constructivos.	72
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	83

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 57** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad Física la cual nos da un promedio de 71.5%.

## b) Vulnerabilidad Económica

**Tabla 58.** Nivel de Vulnerabilidad Económica.

<b>Variable</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Nivel de ingresos	87
Actividad Económica	71
Acceso al mercado laboral	100
Situación de pobreza	87

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 58** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad económica la cual nos da un promedio de 86.25%.

## c) Vulnerabilidad Social

**Tabla 59.** Nivel de Vulnerabilidad Social.

<b>Variable</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Participación de los habitantes en los trabajos comunales (mínima participación)	74
Nivel de Organización (escasamente organizada)	87
Grado de relación entre Instituciones y organizaciones locales (Débil relación)	94
Tipo de integración entre las organizaciones e instituciones locales. (Baja integración)	82

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 59** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad social la cual nos da un promedio de 84.25%.

#### d) Vulnerabilidad Educativa

**Tabla 60.** Nivel de vulnerabilidad Educativa.

<b>Variables.</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Programas educativos formales sobre PAD (Prevención y atención en desastres)	100
Programas de capacitación (PAD).	72
Programas educativos sobre grupos estratégicos (PAD).	84

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 60** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad educativa la cual nos da un promedio de 85.33%.

#### e) Vulnerabilidad cultural e ideológica

**Tabla 61.** Nivel de Vulnerabilidad Cultural e ideológica.

<b>Variables</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres.	61
Percepción de la población sobre los desastres.	93
Actitud frente a la ocurrencia de desastres.	100

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 61** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad cultural e ideológica la cual nos da un promedio de 84.67%.

#### f) Vulnerabilidad Política Institucional

**Tabla 62.** *Nivel de Vulnerabilidad Política Institucional.*

<b>Variabes</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Autonomía Local.	86
Liderazgo Político.	74
Participación Ciudadana.	100

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 62** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad política institucional la cual nos da un promedio de 86.67%.

#### g) Vulnerabilidad Científica y tecnológica

**Tabla 63.** *Nivel de Vulnerabilidad Científica y Tecnológica.*

<b>Variabes.</b>	<b>Nivel de Vulnerabilidad (%)</b>
Existencia de trabajos de investigación.	86
Participación de la población en los trabajos comunales.	75
Conocimientos sobre algún estudio en la localidad.	43

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 63** se muestra el resultado obtenido de las variables analizadas para una vulnerabilidad científica y tecnológica: 68.00%.

**Tabla 64.** Nivel de vulnerabilidad total.

Tipo	Nivel de Vulnerabilidad				TOTAL
	VB	VM	VA	VMA	
	<2 5%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%	
Física			71.50		71.50
Económica				86.25	86.25
Social				84.25	84.25
Educativa				85.33	85.33
Cultural e ideológica				84.67	84.67
Política e Institucional				86.67	86.67
Científica y Técnica			68.00		68.00
<b>Nivel de Vulnerabilidad total</b>		<b>80.95%</b>			

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 64** se muestra un grado de vulnerabilidad de 80.95%. Dicho porcentaje representa el promedio de las diferentes amenazas poblacionales estudiadas según el INDECI, que se encuentra dentro del rango de 76% al 100% de acuerdo a la Tabla 17 y se clasifica con una **VULNERABILIDA MUY ALTA**.

## CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El bachiller Sánchez y el bachiller Barreda (2020) realizaron la tesis titulada “Análisis de Riesgo de inundaciones en el río Tunjuelito en el Municipio de Bosa, Bogotá D.C.”, cuyo objetivo principal de este proyecto fue identificar las zonas con mayor riesgo de inundaciones en el tramo del río Tunjuelito que atraviesa la ciudad de Bosa. Para ello utilizaron el software especializado ArcGis 10.5. Con ello realizaron la creación de mapas de riesgos, el cual fue esencial y fundamental para la toma de decisiones preventivas. Este proyecto describe información respaldada por análisis creados a partir de información geográfica y cómo las herramientas desarrolladas con el software ArcGis 10.5. Su trabajo fue sencillo y no realizaron modelamiento hidrológico ni hidráulico para poder realizar los niveles de inundación, sino que se basaron en estudios de terceros (información existente).

El ingeniero Olín en el año 2017, en su investigación para obtener el grado de maestro, Vulnerabilidad por inundaciones, de la Universidad Autónoma del Estado de México, menciona que las inundaciones son un problema que usualmente se ven agravados a medida que aumentan los niveles de la vulnerabilidad social, pues ello repercute en crear un ambiente de riesgo al afectar la vida de los humanos, con los daños o perjuicios que se ocasiona en el entorno que ellos han construido y al mismo tiempo también del entorno natural al que tiene acceso el hombre mediante su explotación para obtener algunos beneficios, entonces para ellos en la investigación el autor se planteó como objetivo principal determinar el nivel de la vulnerabilidad social por el efecto de inundaciones en la localidad estipulada en la investigación, para ello se utilizó una metodología que integra todas las características y también integra las condiciones de vida de todas las personas de esta localidad. El autor utilizó información del índice de marginación por sección electoral y también la cercanía que tienen estos con el desarrollo de las inundaciones que se han registrado por parte de la comisión del agua del Estado de México desde el año 2000 hasta el año 2010, luego de recoger la información y realizar el procesamiento de datos con herramientas estadísticas y también utilizando sistemas de información de manera geográfica se pudieron llegar a las conclusiones de que, el 43% de las secciones llamadas electorales son afectadas por las inundaciones, 47% de la población que habita en estas secciones electorales también son afectadas por este fenómeno, todo ello los ocupantes representan el 50% del municipio en el que están asentados estas secciones. En cuanto a la metodología usada en esta investigación el grado de vulnerabilidad social nos resultó un 84.25%

siendo una vulnerabilidad muy alta.

En el trabajo de investigación de Percy Mondragón Delgado que realizó en el año 2013, determinó el nivel de riesgo de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén, que luego de desarrollar su estudio para un Tr de 200 años encontró un tirante máximo de 3.20m con un caudal de 288 m<sup>3</sup>/s, concluyendo que el peligro de inundación es muy alto. La razón por la que en ese entonces el tesista trabajó con el Software de modelización hidráulica unidimensional (HEC-RAS) misma que en nuestro caso hemos usado para determinar el tirante y el caudal en un Tr de 200 años, del cual obtuvimos un tirante de 12.36m y un caudal de 4,902.89 m<sup>3</sup>/s, resultándonos un peligro de inundación medio.

El bach. Aguirre Segura y el bach. Max Anderson en el año 2021, en su trabajo de investigación titulada “Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de Namballe como consecuencia del desborde del río Namballe en épocas de fuertes lluvias mediante el uso de modelos matemáticos, San Ignacio”, usaron el Manual de hidrología, Hidráulica y Drenaje para obtener las distribuciones probabilísticas, las curvas IDF y el hieogramas para distintos tiempos de retorno. La modelización hidrológica ambos investigadores lo realizaron en el programa matemático HEC-HMS del cual obtuvieron un caudal de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50,100, 200 y 500 años. Para el análisis hidráulico del río Namballe se apoyaron de los programas ARCGIS e IBER, los cuales les arrojaron áreas de inundación para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50,100, 200 y 500 años. Su resultado con respecto al nivel de vulnerabilidad fue alta para el área urbana del distrito de Nambal, además que el análisis hidráulico del río Namballe en el área urbana de esta ciudad les resultó que para periodos de 100 años a más la inundación es bastante considerable. Cabe precisar que en la presente investigación no se utilizó el mismo método para determinar el grado de vulnerabilidad.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Se logró delimitar la cuenca Chinchipe mediante el software ArcGIS, y se obtuvo los parámetros geomorfológicos siguientes:

**Tabla 65.** *Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Chinchipe.*

PARAMETRO		UNIDAD	VALOR
Área de la cuenca		km <sup>2</sup>	7174.47
Perímetro		km	396.87
Tiempo de concentración		hr	15.54
Parámetros de Forma	Longitud de máximo recorrido	km	171.00
Parámetros de Relieve	Cota máxima	msnm	3900.00
	Cota mínima	msnm	400.00
	Altitud media	msnm	1765.00
	Pendiente del cauce principal	%	2.32

Se obtuvo un caudal de 4,902.89 m<sup>3</sup>/s a partir de la información pluviométrica de la estación Chirinos con un periodo de retorno de 200 años para el modelamiento hidrológico. Para un caudal de diseño de 4,902.89 m<sup>3</sup>/s, se ejecutó el modelamiento hidráulico unidimensional con el software HEC-RAS 6.3.1. Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 66.** *Resumen de Tirantes y Velocidades (TR 200 años)*

Periodos de retorno (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Tirante máximo (m)	Velocidad máxima (m <sup>3</sup> /s)
200	4,902.89	12.36	17.71

Se determinó que el nivel de peligro de inundación es medio, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 67.** Nivel de inundación de C.P Puerto Ciruelo

Descripción del evento	Rango	Rango estimado	Nivel
Nivel de intensidad	0.75 – 1.00	1.00	Muy alta
Frecuencia de ocurrencia	00 – 0.25	0.25	Bajo
<b>Nivel de Peligro de Inundación</b>		0.25	<b>MEDIO</b>

Se determinó que el grado de vulnerabilidad es Muy alta, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 68.** Grado de vulnerabilidad total.

Tipo	Grado de Vulnerabilidad				TOTAL
	VB	VM	VA	VMA	
	<25 %	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%	
Física			71.50		71.50
Económica				86.25	86.25
Social				84.25	84.25
Educativa				85.33	85.33
Cultural e ideológica				84.67	84.67
Política e Institucional				86.67	86.67
Científica y Técnica			68.00		68.00
<b>Grado de Vulnerabilidad total</b>		<b>80.95%</b>			

Se determinó que el riesgo de inundación causado por el Río Chinchipe en el centro urbano de Puerto Ciruelo tendría un impacto en algunas personas que viven cerca del margen izquierdo del río con dirección aguas abajo, así como en el centro turístico Puerto Ciruelo que se encuentra en ese mismo margen, así como en alrededor de 1 ha de áreas agrícolas y algunos accesos.

## **5.2. Recomendaciones**

Difundir campañas de prevención para que la población sepa reaccionar ante ocurrencias de fenómenos naturales.

Concientizar a los pobladores de Puerto Ciruelo del nivel de riesgo y las implicancias de exponer sus viviendas en las fajas marginales del río Chinchipe.

A las autoridades provinciales y locales hacer cumplir con las normas establecidas para las fajas marginales del río Chinchipe, de esa manera evitar el riesgo de las vidas de los pobladores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR PUENTE, S. (2014). *Gestión integral del riesgo de desastres, hacia una resiliencia urbana*. Siglo XXI editores.
- AYALA CARCEDO, F. J., & OLCINA CANTOS, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel.
- CARDOZO FERREIRA, X. (2021). *Inundaciones urbanas: propuesta para una gestión de riesgos con enfoque en la prevención de daños*. Universidad de Alicante.
- CHASTAGNARET, G. (2006). *Diario de inundaciones en el mediterráneo*.
- DÍAZ BRIONES, O. E. (2019). *Determinación de zonas de inundación mediante modelamiento hidráulico del río Chonta en el caserío Tartar Chico, distrito de Baños del Inca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- CENEPRED (2013). *Manual Básico para la estimación del Riesgo*. Lima, Perú.
- FAGAN, B. (2010). *Corriente del niño y el destino de las civilizaciones*. Gedisa.
- FIORITO, D. (2020). *Gestión de riesgos*. DUNKEN.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2006). *Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales*. INDECI.
- KELLER, E. (2007). *Riesgos naturales, proceso de la tierra*. Carter.
- MALLQUI CARRILLO, J. L. (2021). *Nivel de riesgo por inundación en la cuenca del río Huallaga sector San Rafael - Huánuco 2019*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- MENDOZA SOLIS, M. Á. (2017). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada Romero del distrito de Cajamarca, período 2011 - 2016*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- MORALES HIERREZUELO, M. (2019). *Orientación educativa y gestión de riesgos de desastres naturales*.
- NATIONAL SEVERE STORM LABORATORY. (2021). *Los efectos de las inundaciones en*

*latinoamérica.*

ÑOPO OTINIANO, D. A., & RIGUETTI VÍLCHEZ, J. (2022). *Estimación de daños causadas por precipitaciones máximas en el centro urbano de la ciudad de Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.

OLCINA CANTOS, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel.

OLÍN FABELA, L. A. (2017). *Vulnerabilidad por inundaciones*. Universidad Autónoma del Estado de México.

PEÑA VALDIVIA, J. A. (2021). *Zonificación del riesgo por inundación en el tramo urbano del río Piura en situaciones de FEN*. Universidad de Piura.

RODRÍGUEZ VÁSQUEZ, H. G. (2012). *Inundaciones en zonas urbanas, medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales*. Universidad Nacional Autónoma de México.

SÁNCHEZ FIGUEROA, D. B. (2021). *Vulnerabilidad ante inundaciones de las viviendas de la parte baja de los Baños del Inca - Cajamarca 2021*. Universidad Privada del Norte.

MTC (2008). *Manual de Hidrología y Drenaje*. Lima, Perú.

CHOW, V; MAIDMENT, DR; MAYS, LW. 1994. *Hidrología Aplicada*. 1 ed. Santa Fe de Bogotá, Colombia, Mc Graw-Hill. 584 p.

MONDRAGÓN D, ERIKSON (2013) “*Evaluación del nivel de riesgo de inundación por el río Amaju en la parte baja de la ciudad de Jaén*. [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de Cajamarca.

NUÑEZ S, JILDIBRAN (2017). “*Identificación de zonas urbanas propensas a riesgos por inundación ante máximas avenidas del río Utcubamba en el centro poblado Naranjitos, Amazonas*” [Tesis para optar título profesional]. Universidad Nacional de Cajamarca.

INDECI Lima, 2011. *Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales*. Editorial Litigraf E.I.R.L., Lima, Perú.

## ANEXOS

### ANEXO 01: FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO REALIZADO EN CAMPO.



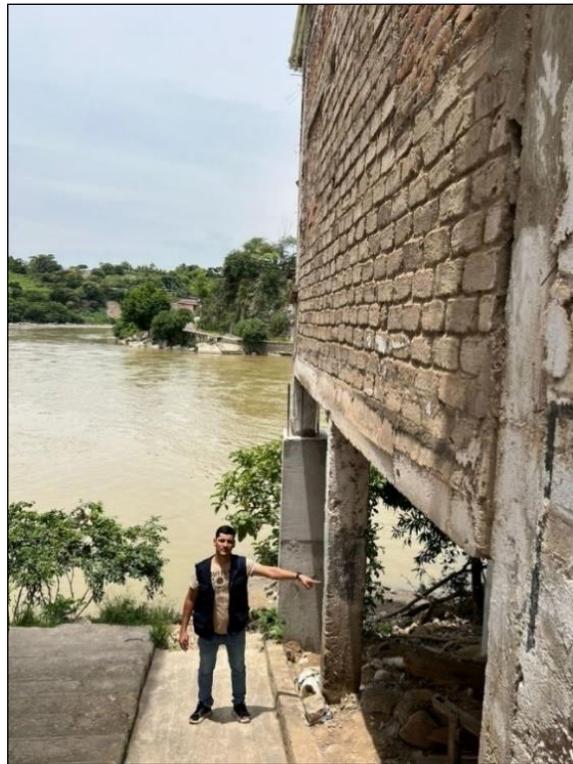
**Figura 47.** Levantamiento topográfico en la ribera del río.



**Figura 48.** Tipo de material de las viviendas cerca de la ribera del río Chinchipe.



**Figura 49.** Viviendas ubicadas a la margen izquierda del río Chinchipe y expuestas a máximas avenidas, foto tomada con un dron.



**Figura 50.** Elementos estructurales cerca al margen del río Chinchipe.



**Figura 51.** Encuesta al señor Zenobio, parte urbana del CC. PP Puerto Ciruelo.



**Figura 52.** Conversación con el habitante César Núñez Limo, que nos manifestó de una inundación del año 2000.



**Figura 53.** *Fotografía del centro poblado Puerto Ciruelo al margen izquierdo del río Chinchipe en dirección aguas abajo - foto tomada con un dron.*



**Figura 54.** *Fotografía del margen del río en zona de inundación del año 2000.*



**Figura 55.** *Planicies de inundación margen derecha, tomadas en cuenta para la determinación del coeficiente de Manning.*



**Figura 56.** *Zonas erosionadas por la fuerza hidrodinámica del agua.*

## ANEXO 02: PROCESAMIENTO DE DATOS HIDROLÓGICOS

**Tabla 69.** *Parámetros Muestrales, precipitaciones de 24 hrs*

Parámetros Estadísticos	Pp 24hr
Precip. Media	59.927
Varianza	359.649
Desv. Standar	18.964
Coef. Varianza	0.316
Coef. Sesgo	0.642
Coef. Curtosis	3.417

**Tabla 70.** *Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Normal.*

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.1110	0.1023	0.0832
2	39.4	0.0556	0.1486	0.1395	0.0931
3	40.2	0.0833	0.1586	0.1494	0.0753
4	41.76	0.1111	0.1793	0.1702	0.0682
5	41.76	0.1389	0.1793	0.1702	0.0404
6	41.76	0.1667	0.1793	0.1702	0.0126
7	41.76	0.1944	0.1793	0.1702	0.0152
8	41.76	0.2222	0.1793	0.1702	0.0429
9	41.8	0.2500	0.1798	0.1707	0.0702
10	43.4	0.2778	0.2028	0.1938	0.0750
11	45.0	0.3056	0.2274	0.2187	0.0782
12	45.5	0.3333	0.2354	0.2269	0.0980
13	48.0	0.3611	0.2777	0.2701	0.0834
14	50.0	0.3889	0.3140	0.3074	0.0749
15	52.1	0.4167	0.3542	0.3488	0.0625
16	53.0	0.4444	0.3720	0.3672	0.0725
17	53.0	0.4722	0.3720	0.3672	0.1003
18	54.3	0.5000	0.3981	0.3943	0.1019
19	54.3	0.5278	0.3981	0.3943	0.1297
20	59.1	0.5556	0.4977	0.4976	0.0578
21	62.1	0.5833	0.5605	0.5628	0.0229
22	62.3	0.6111	0.5646	0.5671	0.0465
23	62.6	0.6389	0.5708	0.5735	0.0681
24	63.1	0.6667	0.5811	0.5842	0.0855
25	63.3	0.6944	0.5852	0.5885	0.1092
26	63.5	0.7222	0.5893	0.5927	0.1329
27	73.5	0.7500	0.7740	0.7826	0.0240
28	74.6	0.7778	0.7910	0.7999	0.0132
29	77.3	0.8056	0.8294	0.8386	0.0239
30	78.6	0.8333	0.8462	0.8554	0.0129
31	78.7	0.8611	0.8475	0.8566	0.0137
32	83.5	0.8889	0.8994	0.9078	0.0105
33	86.7	0.9167	0.9260	0.9335	0.0093
34	100.1	0.9444	0.9843	0.9873	0.0398
35	118.5	0.9722	0.9991	0.9994	0.0269

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 71.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad  
Log Normal 2 Parámetros.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0626	0.0646	0.0348
2	39.4	0.0556	0.1098	0.1122	0.0542
3	40.2	0.0833	0.1231	0.1256	0.0397
4	41.76	0.1111	0.1513	0.1538	0.0402
5	41.76	0.1389	0.1513	0.1538	0.0124
6	41.76	0.1667	0.1513	0.1538	0.0154
7	41.76	0.1944	0.1513	0.1538	0.0432
8	41.76	0.2222	0.1513	0.1538	0.0709
9	41.8	0.2500	0.1521	0.1546	0.0979
10	43.4	0.2778	0.1839	0.1864	0.0939
11	45.0	0.3056	0.2183	0.2207	0.0873
12	45.5	0.3333	0.2294	0.2318	0.1039
13	48.0	0.3611	0.2879	0.2899	0.0733
14	50.0	0.3889	0.3367	0.3383	0.0522
15	52.1	0.4167	0.3889	0.3900	0.0278
16	53.0	0.4444	0.4112	0.4122	0.0332
17	53.0	0.4722	0.4112	0.4122	0.0610
18	54.3	0.5000	0.4434	0.4440	0.0566
19	54.3	0.5278	0.4434	0.4440	0.0844
20	59.1	0.5556	0.5574	0.5568	0.0018
21	62.1	0.5833	0.6224	0.6212	0.0391
22	62.3	0.6111	0.6266	0.6253	0.0154
23	62.6	0.6389	0.6327	0.6314	0.0062
24	63.1	0.6667	0.6428	0.6414	0.0239
25	63.3	0.6944	0.6468	0.6453	0.0477
26	63.5	0.7222	0.6507	0.6492	0.0715
27	73.5	0.7500	0.8112	0.8086	0.0612
28	74.6	0.7778	0.8245	0.8219	0.0467
29	77.3	0.8056	0.8538	0.8512	0.0482
30	78.6	0.8333	0.8663	0.8638	0.0330
31	78.7	0.8611	0.8673	0.8647	0.0061
32	83.5	0.8889	0.9056	0.9032	0.0167
33	86.7	0.9167	0.9252	0.9231	0.0086
34	100.1	0.9444	0.9730	0.9718	0.0286
35	118.5	0.9722	0.9938	0.9933	0.0215

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 72.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Log Normal 3 Parámetros.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	36.0	0.0278	-2.0616	0.0196	0.0082
2	39.4	0.0556	-1.4307	0.0763	0.0207
3	40.2	0.0833	-1.3118	0.0948	0.0115
4	41.76	0.1111	-1.1019	0.1352	0.0241
5	41.76	0.1389	-1.1019	0.1352	0.0036
6	41.76	0.1667	-1.1019	0.1352	0.0314
7	41.76	0.1944	-1.1019	0.1352	0.0592
8	41.76	0.2222	-1.1019	0.1352	0.0870
9	41.8	0.2500	-1.0969	0.1363	0.1137
10	43.4	0.2778	-0.9068	0.1823	0.0955
11	45.0	0.3056	-0.7363	0.2308	0.0748
12	45.5	0.3333	-0.6865	0.2462	0.0871
13	48.0	0.3611	-0.4577	0.3236	0.0375
14	50.0	0.3889	-0.2950	0.3840	0.0049
15	52.1	0.4167	-0.1399	0.4444	0.0277
16	53.0	0.4444	-0.0777	0.4690	0.0246
17	53.0	0.4722	-0.0777	0.4690	0.0032
18	54.3	0.5000	0.0083	0.5033	0.0033
19	54.3	0.5278	0.0083	0.5033	0.0245
20	59.1	0.5556	0.2918	0.6148	0.0592
21	62.1	0.5833	0.4470	0.6726	0.0892
22	62.3	0.6111	0.4568	0.6761	0.0650
23	62.6	0.6389	0.4715	0.6814	0.0425
24	63.1	0.6667	0.4956	0.6899	0.0233
25	63.3	0.6944	0.5052	0.6933	0.0012
26	63.5	0.7222	0.5147	0.6966	0.0256
27	73.5	0.7500	0.9313	0.8242	0.0742
28	74.6	0.7778	0.9713	0.8343	0.0565
29	77.3	0.8056	1.0656	0.8567	0.0511
30	78.6	0.8333	1.1091	0.8663	0.0330
31	78.7	0.8611	1.1124	0.8670	0.0059
32	83.5	0.8889	1.2636	0.8968	0.0079
33	86.7	0.9167	1.3572	0.9126	0.0040
34	100.1	0.9444	1.7000	0.9554	0.0110
35	118.5	0.9722	2.0782	0.9812	0.0089

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 73.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad  
Gamma de 2 Parámetros.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0736	0.1844	0.0459
2	39.4	0.0556	0.1178	0.2354	0.0622
3	40.2	0.0833	0.1300	0.2480	0.0466
4	41.76	0.1111	0.1556	0.2729	0.0445
5	41.76	0.1389	0.1556	0.2729	0.0167
6	41.76	0.1667	0.1556	0.2729	0.0111
7	41.76	0.1944	0.1556	0.2729	0.0388
8	41.76	0.2222	0.1556	0.2729	0.0666
9	41.8	0.2500	0.1563	0.2736	0.0937
10	43.4	0.2778	0.1851	0.2997	0.0927
11	45.0	0.3056	0.2162	0.3262	0.0894
12	45.5	0.3333	0.2263	0.3346	0.1070
13	48.0	0.3611	0.2795	0.3765	0.0816
14	50.0	0.3889	0.3246	0.4100	0.0643
15	52.1	0.4167	0.3733	0.4450	0.0433
16	53.0	0.4444	0.3945	0.4598	0.0499
17	53.0	0.4722	0.3945	0.4598	0.0777
18	54.3	0.5000	0.4252	0.4810	0.0748
19	54.3	0.5278	0.4252	0.4810	0.1025
20	59.1	0.5556	0.5369	0.5566	0.0186
21	62.1	0.5833	0.6029	0.6009	0.0196
22	62.3	0.6111	0.6071	0.6038	0.0040
23	62.6	0.6389	0.6134	0.6081	0.0254
24	63.1	0.6667	0.6239	0.6151	0.0428
25	63.3	0.6944	0.6280	0.6179	0.0664
26	63.5	0.7222	0.6321	0.6207	0.0901
27	73.5	0.7500	0.8036	0.7443	0.0536
28	74.6	0.7778	0.8182	0.7558	0.0404
29	77.3	0.8056	0.8506	0.7826	0.0450
30	78.6	0.8333	0.8645	0.7946	0.0311
31	78.7	0.8611	0.8655	0.7955	0.0044
32	83.5	0.8889	0.9078	0.8354	0.0189
33	86.7	0.9167	0.9293	0.8583	0.0127
34	100.1	0.9444	0.9792	0.9272	0.0347
35	118.5	0.9722	0.9969	0.9732	0.0247

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 74.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Log-Pearson tipo III.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0410	0.0325	0.0132
2	39.4	0.0556	0.0949	0.0922	0.0393
3	40.2	0.0833	0.1110	0.1104	0.0276
4	41.76	0.1111	0.1455	0.1493	0.0344
5	41.76	0.1389	0.1455	0.1493	0.0066
6	41.76	0.1667	0.1455	0.1493	0.0212
7	41.76	0.1944	0.1455	0.1493	0.0489
8	41.76	0.2222	0.1455	0.1493	0.0767
9	41.8	0.2500	0.1465	0.1503	0.1035
10	43.4	0.2778	0.1856	0.1938	0.0922
11	45.0	0.3056	0.2274	0.2396	0.0781
12	45.5	0.3333	0.2409	0.2542	0.0925
13	48.0	0.3611	0.3099	0.3274	0.0513
14	50.0	0.3889	0.3655	0.3849	0.0234
15	52.1	0.4167	0.4228	0.4428	0.0061
16	53.0	0.4444	0.4467	0.4666	0.0023
17	53.0	0.4722	0.4467	0.4666	0.0255
18	54.3	0.5000	0.4804	0.4997	0.0196
19	54.3	0.5278	0.4804	0.4997	0.0474
20	59.1	0.5556	0.5936	0.6086	0.0381
21	62.1	0.5833	0.6544	0.6657	0.0711
22	62.3	0.6111	0.6582	0.6692	0.0471
23	62.6	0.6389	0.6638	0.6744	0.0249
24	63.1	0.6667	0.6729	0.6829	0.0063
25	63.3	0.6944	0.6765	0.6863	0.0179
26	63.5	0.7222	0.6801	0.6896	0.0421
27	73.5	0.7500	0.8188	0.8174	0.0688
28	74.6	0.7778	0.8299	0.8277	0.0521
29	77.3	0.8056	0.8545	0.8503	0.0489
30	78.6	0.8333	0.8650	0.8601	0.0316
31	78.7	0.8611	0.8658	0.8608	0.0046
32	83.5	0.8889	0.8981	0.8912	0.0093
33	86.7	0.9167	0.9152	0.9074	0.0015
34	100.1	0.9444	0.9598	0.9515	0.0154
35	118.5	0.9722	0.9847	0.9785	0.0125

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 75.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Gumbel.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0680	0.0694	0.0402
2	39.4	0.0556	0.1180	0.1197	0.0624
3	40.2	0.0833	0.1320	0.1337	0.0487
4	41.76	0.1111	0.1616	0.1634	0.0505
5	41.76	0.1389	0.1616	0.1634	0.0227
6	41.76	0.1667	0.1616	0.1634	0.0051
7	41.76	0.1944	0.1616	0.1634	0.0328
8	41.76	0.2222	0.1616	0.1634	0.0606
9	41.8	0.2500	0.1624	0.1642	0.0876
10	43.4	0.2778	0.1956	0.1973	0.0822
11	45.0	0.3056	0.2312	0.2328	0.0744
12	45.5	0.3333	0.2427	0.2443	0.0907
13	48.0	0.3611	0.3023	0.3037	0.0588
14	50.0	0.3889	0.3516	0.3528	0.0373
15	52.1	0.4167	0.4037	0.4046	0.0130
16	53.0	0.4444	0.4259	0.4266	0.0186
17	53.0	0.4722	0.4259	0.4266	0.0464
18	54.3	0.5000	0.4575	0.4581	0.0425
19	54.3	0.5278	0.4575	0.4581	0.0703
20	59.1	0.5556	0.5680	0.5680	0.0125
21	62.1	0.5833	0.6301	0.6298	0.0467
22	62.3	0.6111	0.6340	0.6337	0.0229
23	62.6	0.6389	0.6398	0.6395	0.0009
24	63.1	0.6667	0.6493	0.6490	0.0173
25	63.3	0.6944	0.6531	0.6527	0.0413
26	63.5	0.7222	0.6569	0.6565	0.0654
27	73.5	0.7500	0.8073	0.8065	0.0573
28	74.6	0.7778	0.8198	0.8189	0.0420
29	77.3	0.8056	0.8474	0.8465	0.0418
30	78.6	0.8333	0.8592	0.8584	0.0259
31	78.7	0.8611	0.8601	0.8592	0.0010
32	83.5	0.8889	0.8967	0.8959	0.0078
33	86.7	0.9167	0.9159	0.9152	0.0007
34	100.1	0.9444	0.9651	0.9646	0.0206
35	118.5	0.9722	0.9898	0.9896	0.0176

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 76.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad

*Log – Gumbel o de Fréchet.*

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0181	0.0268	0.0097
2	39.4	0.0556	0.0664	0.0823	0.0109
3	40.2	0.0833	0.0833	0.1003	0.0000
4	41.76	0.1111	0.1217	0.1400	0.0106
5	41.76	0.1389	0.1217	0.1400	0.0172
6	41.76	0.1667	0.1217	0.1400	0.0450
7	41.76	0.1944	0.1217	0.1400	0.0728
8	41.76	0.2222	0.1217	0.1400	0.1005
9	41.8	0.2500	0.1227	0.1411	0.1273
10	43.4	0.2778	0.1683	0.1868	0.1095
11	45.0	0.3056	0.2181	0.2356	0.0875
12	45.5	0.3333	0.2342	0.2512	0.0992
13	48.0	0.3611	0.3163	0.3300	0.0448
14	50.0	0.3889	0.3813	0.3917	0.0075
15	52.1	0.4167	0.4465	0.4532	0.0298
16	53.0	0.4444	0.4730	0.4783	0.0286
17	53.0	0.4722	0.4730	0.4783	0.0008
18	54.3	0.5000	0.5097	0.5130	0.0097
19	54.3	0.5278	0.5097	0.5130	0.0181
20	59.1	0.5556	0.6271	0.6243	0.0716
21	62.1	0.5833	0.6864	0.6809	0.1030
22	62.3	0.6111	0.6899	0.6844	0.0788
23	62.6	0.6389	0.6952	0.6895	0.0564
24	63.1	0.6667	0.7039	0.6978	0.0372
25	63.3	0.6944	0.7073	0.7010	0.0128
26	63.5	0.7222	0.7106	0.7043	0.0116
27	73.5	0.7500	0.8343	0.8252	0.0843
28	74.6	0.7778	0.8438	0.8347	0.0661
29	77.3	0.8056	0.8646	0.8554	0.0590
30	78.6	0.8333	0.8734	0.8643	0.0401
31	78.7	0.8611	0.8741	0.8650	0.0129
32	83.5	0.8889	0.9011	0.8925	0.0122
33	86.7	0.9167	0.9154	0.9072	0.0013
34	100.1	0.9444	0.9537	0.9475	0.0093
35	118.5	0.9722	0.9775	0.9734	0.0053

Fuente: Hidroesta 2.

**Tabla 77.** Ajuste de precipitaciones a Distribución de Probabilidad Gamma 3 parámetros.

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	36.0	0.0278	0.0544	0.0249	0.0266
2	39.4	0.0556	0.1152	0.1007	0.0597
3	40.2	0.0833	0.1319	0.1217	0.0486
4	41.76	0.1111	0.1665	0.1644	0.0554
5	41.76	0.1389	0.1665	0.1644	0.0276
6	41.76	0.1667	0.1665	0.1644	0.0002
7	41.76	0.1944	0.1665	0.1644	0.0279
8	41.76	0.2222	0.1665	0.1644	0.0557
9	41.8	0.2500	0.1674	0.1655	0.0826
10	43.4	0.2778	0.2051	0.2106	0.0727
11	45.0	0.3056	0.2442	0.2560	0.0614
12	45.5	0.3333	0.2566	0.2702	0.0767
13	48.0	0.3611	0.3194	0.3396	0.0417
14	50.0	0.3889	0.3696	0.3930	0.0193
15	52.1	0.4167	0.4213	0.4463	0.0046
16	53.0	0.4444	0.4429	0.4683	0.0015
17	53.0	0.4722	0.4429	0.4683	0.0293
18	54.3	0.5000	0.4736	0.4988	0.0264
19	54.3	0.5278	0.4736	0.4988	0.0542
20	59.1	0.5556	0.5787	0.6006	0.0232
21	62.1	0.5833	0.6370	0.6553	0.0537
22	62.3	0.6111	0.6407	0.6587	0.0296
23	62.6	0.6389	0.6461	0.6638	0.0073
24	63.1	0.6667	0.6551	0.6721	0.0116
25	63.3	0.6944	0.6586	0.6754	0.0358
26	63.5	0.7222	0.6622	0.6786	0.0601
27	73.5	0.7500	0.8047	0.8086	0.0547
28	74.6	0.7778	0.8167	0.8195	0.0389
29	77.3	0.8056	0.8435	0.8439	0.0380
30	78.6	0.8333	0.8552	0.8545	0.0218
31	78.7	0.8611	0.8560	0.8553	0.0051
32	83.5	0.8889	0.8924	0.8887	0.0035
33	86.7	0.9167	0.9118	0.9068	0.0048
34	100.1	0.9444	0.9629	0.9563	0.0185
35	118.5	0.9722	0.9895	0.9850	0.0172

Fuente: Hidroesta 2.

## ANEXO 03: ENCUESTA A LOS POBLADORES DEL C.P PUERTO CIRUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Académica Profesional Ingeniería Civil-Sede Jaén



**Tesis:** “Riesgo por Inundación del Río Chinchipe en el centro poblado Puerto Ciruelo, San Ignacio 2022”

**Evaluador:** Bach. Jorge Armando Cueva Elera.

**Fecha:** 11/02/2022

**Asesor:** Dr.Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

**Lugar:** CC.PP. Puerto Ciruelo

### Vulnerabilidad Física.

#### Material de Construcción utilizada en viviendas

- |   |      |
|---|------|
| A) Adecuada técnica constructiva (de concreto y acero)          | (4)  |
| B) Sin adecuada técnica constructiva (concreto, acero o madera) | (11) |
| C) Sin refuerzos estructurales (adobe, piedra o madera)         | (85) |
| D) En estado precario (adobe o cañas)                           | (18) |

#### Localización de Viviendas

- |                                |      |
|--------------------------------|------|
| A) Muy alejada > 5 km          | ( )  |
| B) Medianamente cerca 1 – 5 km | ( )  |
| C) Cercana 0.2 – 1 km          | (48) |
| D) Muy cercana 0.2 – 0 km      | (70) |

#### Cumplimiento con la normativa técnica vigente en los procedimientos constructivos

- |   |      |
|---|------|
| A) Con normativa vigente estrictamente cumplidas          | ( )  |
| B) Con normativa vigente medianamente cumplidas           | (13) |
| C) Con normativa vigente sin cumplimiento                 | (20) |
| D) Desconocimiento e incumplimiento con normativa vigente | (85) |

### Características geológicas, calidad y tipo de suelo

- ¿Qué características geotécnicas tiene el terreno del área de estudio?

A) Buenas características geotécnicas	( )
B) Suelos de mediana capacidad portante	(20)
C) Suelos de baja capacidad portante	(98)
D) Suelos colapsables	( )

### Vulnerabilidad Económica

#### Nivel de ingresos

- ¿Qué cantidad de ingreso mensual reciben?

A) Alto nivel de ingresos	( 5)
B) Suficiente nivel de ingresos	( )
C) Ingreso que cubre las necesidades básicas	(103)
D) Nivel de ingreso menores que el salario básico	(10)

#### Actividad Económica

- ¿Qué nivel de producción de recursos tienen los pobladores en la localidad?

A) Altamente productiva	(8)
B) Mediamente productiva	(84)
C) Escasamente productiva	(26)
D) Sin producción	( )

#### Acceso al mercado laboral

- ¿Cuál es la situación sobre la oferta laboral en la localidad?

A) Con oferta laboras > demanda	( )
B) Oferta laboral =demanda	( )
C) Oferta laboral <demanda	(118)
D) Sin oferta laboral	( )

#### Situación de pobreza

- ¿Qué nivel de pobreza tienen los pobladores?

A) Población sin pobreza	( )
B) Población con poca pobreza	(10)
C) Población con mediana pobreza	(103)
D) Población con pobreza total	(5)

## Vulnerabilidad Social

### Participación de la población en los trabajos comunales

- ¿Los habitantes de esta vivienda participan en trabajos comunales de la localidad?

A) Participación total	( 2 )
B) Participación de la mayoría	( 25 )
C) Mínima participación	( 88 )
D) sin participación	( 3 )

### Nivel de organización

- ¿Cuál es el nivel de Organización de la población en la localidad?

A) Población totalmente organizada.	( 1 )
B) Población organizada	( 11 )
C) Población escasamente organizada	( 103 )
D) Población no organizada.	( 3 )

### Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales

- ¿Qué grado de relación existe entre la comunidad y las instituciones?

A) Fuerte relación	( )
B) Medianamente relacionados	( 7 )
C) Débil relación	( 111 )
D) No existe	( )

### Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales

- ¿Qué nivel de integración existe entre las organizaciones e instituciones locales?

A) Integración total.	( )
B) Integración parcial	( 21 )
C) Baja integración	( 97 )
D) No existe integración	( )

## Vulnerabilidad Educativa

### **Programas educativos formales sobre PAD**

1. ¿Con qué frecuencia recibe la población programas de capacitación?
- A) Desarrollo permanente de temas ( )
  - B) Desarrollo con regular permanencia ( )
  - C) Insuficiente desarrollo de temas (118)
  - D) No están incluidos los temas de PAD ( )

### **Programas de Capacitación (PAD)**

2. ¿Qué porcentaje de la población está realmente capacitada?
- A) La totalidad está preparada ante desastres ( )
  - B) La mayoría de la población está preparada (24)
  - C) La población está escasamente preparada (9)
  - D) La población no está capacitada (85)

### **Programas educativos sobre grupos estratégicos**

3. ¿Qué cantidad del área total recibe programas de capacitación?
- A) Cobertura total ( )
  - B) Cobertura mayoritaria ( )
  - C) Cobertura insuficiente (18)
  - D) Cobertura desfocalizada (100)

## Vulnerabilidad cultural e ideológica

### **Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres**

1. ¿Qué cantidad de la población tiene conocimiento sobre la ocurrencia de desastres?
- A) Conocimiento total de la población ( )
  - B) Conocimiento de la mayoría (45)
  - C) Escasos conocimientos (73)
  - D) Desconocimiento total ( )

### **Percepción de la población sobre los desastres**

2. ¿Qué percepción tienen los pobladores sobre los desastres?
- A) La totalidad ( )
  - B) La mayoría ( )
  - C) La minoría (110)
  - D) Percepción totalmente irreal –místico – religioso (8)

### **Actitud frente a la ocurrencia de desastres**

3. ¿Qué actitud presentara la población frente a los desastres?
- A) Actitud parcialmente previsoras ( )
  - B) Actitud escasamente previsoras (118)
  - C) Actitud fatalista, conformista y con desidia. ( )

## Vulnerabilidad Política Institucional

### **Autonomía local**

1. ¿Qué nivel de autonomía presenta las instituciones locales?
- A) Total autonomía ( )
  - B) Autonomía parcial (16)
  - C) Escasa autonomía (102)
  - D) No existe autonomía ( )

### **Liderazgo político**

2. ¿Qué cantidad de respaldo presenta la población frente a las instituciones?
- A) Aceptación y respaldo total ( )
  - B) Aceptación y respaldo parcial ( )
  - C) Aceptación y respaldo Minoritario (88)
  - D) No hay aceptación ni respaldo (30)

### **Participación ciudadana**

3. ¿Qué nivel de participación tiene la población frente a un desastre?
- A) Participación total ( )
  - B) Participación mayoritaria ( )
  - C) Participación minoritaria (118)
  - D) No hay participación ( )

## Vulnerabilidad Científica y Tecnológica

### **Existencia de trabajos de investigación**

1. ¿Qué cantidad de peligros fueron estudiados en el sector?
- A) La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados ( )
  - B) La mayoría de peligros fueron estudiadas ( )
  - C) Existen pocos estudios (101)
  - D) No existen estudios (17)

### **Participación de la población en los trabajos comunales**

2. ¿Qué cantidad de instrumentos de medición existe?
- A) Totalmente instrumentada ( )
  - B) Parcialmente instrumentada ( )
  - C) Escasos instrumentos (29)
  - D) Sin instrumentos (89)

## ANEXO 04: CARACTERISTICAS GENERALES, GEOLOGICAS Y TIPO DE SUELO.

El centro poblado Puerto Ciruelo presenta las siguientes características:

**Tabla 78.** Datos Generales del centro Poblado

Ubicación y Descripción General			
<b>Región:</b> Cajamarca	<b>Provincia:</b> San Ignacio	<b>Distrito:</b> Huarango	<b>Centro poblado:</b> Puerto Ciruelo
<b>Servicios Básicos:</b>	Si hay Agua	Si hay Electricidad	Si existe Desagüe

**Tabla 79.** Ficha técnica de las características geológicas y del tipo de suelo del centro poblado Puerto Ciruelo.

<b>Geología</b>	El centro poblado Puerto Ciruelo se enmarca en la edad geológica del Cuaternario.
<b>Unidades lito Estratigráficas</b>	Depósitos fluviales, son de escaso espesor y se ubican en la ribera del río, de litología muy heterogénea, conformada por gravas arenosas y arenas limosas, con escaso a buen porcentaje de cantos y bolones.  Deposito coluvio - aluviales, conforman las terrazas y en parte cubren a las rocas calcáreas muy cerca al eje del puente; consistente en gravas arenosas gruesas, limosas, con buen porcentaje de cantos y bolones.
<b>Clasificación SUCS</b>	CL, SC
<b>Descripción del suelo.</b>	<b>CL:</b> Predominan las arcillas inorgánicas de color beige de consistencia semi dura de mediana a baja plasticidad Predominan arenas y limos poco consolidados, exentos a baja plasticidad.  <b>SC:</b> Predominan arenas arcillosas de color beige de consistencia semi suelta de mediana a baja plasticidad.
<b>Cohesión de suelos</b>	0.15 kg/cm <sup>2</sup> y 0.22kg/cm <sup>2</sup>
<b>Capacidad portante.</b>	0.8 – 1.2 kg/cm <sup>2</sup>

**ANEXO 05: FICHA DE INTERVENCIÓN DE ZONAS VULNERABLES PARA EL C.P  
PUERTO CIRUELO, AVALADO POR EL CENEPRED EN EL AÑO 2016.**

ANA	FOLIO N°
DEPHM	4811

ANA	FOLIO N°
PARA VIGILANCIA	128

**FICHA DE INTERVENCIÓN DE ZONAS VULNERABLE**

**I.- NOMBRE DE INTERVENCIÓN:**

Construcción de Gaviones y roca en la Margen Izquierda del Rio Chinchipe L=600m en el C.P. Ciruelo Distrito de Huarango Provincia de San Ignacio.

**II.- UBICACIÓN:**

Región  Provincia  Distrito  Sector   
 AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA   
 ADMINISTRACION LOCAL DE AGUA

**III.- UBICACIÓN GEOGRAFICA EN COORDENADAS UTM-DATUM: WGS.84-ZONA 17S**

NORTE  ESTE

**IV.- EVALUACION:**

4.1.- ZONA EXPUESTA:

**4.2.- NIVEL DE EXPOSICION:**

MODERADO  FUERTE



**DESCRIPCION DEL EVENTO Y DAÑOS OCURRIDOS**

El proyecto está ubicado en el C.P Puerto Ciruelo y se encuentra situado en la provincia de San Ignacio Distrito de Huarango Región Cajamarca, su geografía es muy accidentada. Su extensión de este grupo de C.P se encuentra situado en un promedio 462 m.s.n.m, nivel del fondo del Rio de Chinchipe, lo cual conlleva que al ocurrir las avenidas propias de la épocas de lluvias (que a ocurren anualmente o por la ocurrencias de eventos extremos), el cauce del Rio no tenga capacidad de transportar el incremento del caudal, provocando el desborde, erosión e inundación de las Viviendas, terrenos aledaños.

En la zona de estudio, por tratarse de tramos con pendientes desde 5% hasta 7% es que se produce la socavación y erosión produciéndose la deposición de sedimentos que generan cambios bruscos del cauce, es decir que al estar sedimentado se reduce la sección hidráulica generando una mayor velocidad de erosión, tal como se puede ver en el cálculo de tirante máximo con el programa Hcanales.

LEP/HA 148/12

ANA	FOLIO N°
	129

#### VI.- ACCESOS Y VIAS DE COMUNICACIÓN:

DESDE	HACIA	LONGITUD(KM)	TIPO DE VIA	TIEMPO (Hr.)	MEDIO DE TRANSPORTE
Jaén	C.P. Ciruelo	65	Asfalto	01	Camioneta

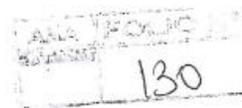
#### VII.- GEOLOGIA:

La geología del ámbito de estudio a un nivel de la región Cajamarca, se esboza los aspectos lito-estructurales; así como de los episodios y procesos geológicos ocurridos. Morfoestructuralmente en la zona referida se distinguen tres elementos centrales, la cordillera central, oriental y los valles interandinos, siendo el valle Utcubamba - Chinchipe el que separa la cordillera central de la oriental, el sistema de las cordilleras, en el área es cortada abruptamente formando los pongos de Rentema y Manseriche. Regionalmente, a fines del Cretáceo la secuencia preterciaria fue plegada, fallada y subsecuentemente hubo una intensa actividad volcánica; sin embargo estas rocas han sido poco deformadas en la depresión tectónica Utcubamba-Chinchipe. En el área de estudio se distinguen afloramiento de rocas ígneas (volcánicas y plutónicas), rocas sedimentarias y metamórficas, las cuales varían en edad desde el paleozoico hasta períodos geológicos recientes (Cenozoico), la estratigrafía de la cuenca se describe en el ítem 2.6.7 Según el estudio –Problemática del Deslizamiento de la Ciudad Huancabamba – Propuesta para su posible Atenuación – Edinson Jesús Sánchez Velasquez – Universidad Nacional de Piura 1998. La geología que presenta la Intercuenca alto Huancabamba (Dpto Piura), contiene rocas del Paleozoico inferior, Terciario inferior, medio y superior y materiales poco consolidados del cuaternario. El Paleozoico está constituido por dos secuencias epimetamórficas Hercinianas: en la base el Grupo Salas constituido por alternancia de esquistos, filitas y cuarcitas; en la parte superior la formación río Seco constituido predominantemente por cuarcítica. En marcada discordancia angular sobre terrenos paleozoicos, afloran las formaciones terciarias constituidas por los volcánicos Llama, Porculla y Shimbe; caracterizadas por ser de tipo tobáceo los primeros y lávico el tercero. La formación Huancabamba está compuesta por depósitos lagunares Plio-Pleistocénicos, que cubren a los anteriores en discordancia angular y erosional. Los depósitos cuaternarios están representados por una amplia gama de tipos de suelos, los cuales a pesar de la heterogeneidad y diversidad litológica aparente, tienen una misma particularidad en su composición, predominan material de fragmentos de rocas, con relleno preferentemente arcilloso (arenas arcillosas y arcillas arenosas).

#### VIII.- GEOMORFOLOGIA:

Una cuenca se caracteriza por una serie de parámetros físicos - geomorfológicos que definen su comportamiento hidrológico. Las características físicas, geomorfológicas e hidrológicas de la cuenca, no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y, cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca. Los parámetros geomorfológicos para el ámbito de estudio son analizados por cuencas parciales, la cuenca del río Chinchipe de naturaleza binacional, nace en el sur del país del Ecuador en la cordillera Sabanilla y recorre con dirección Sureste hasta entregar sus aguas al río Marañón, atravesando las provincias San Ignacio y Jaén en el ámbito peruano. La cuenca Chamaya, está formado por el río Huancabamba que corre de Norte a Sur, cuya naciente se comparte entre la Región Piura al Oeste y la Región Cajamarca al Este, con sus respectivos afluentes que desembocan en el río Marañón

ANA	FOLIO N°
LEPHM	4113



por la margen izquierda. La cuenca Chinchipe posee un cauce principal que desemboca al río Marañón por su margen derecha, mientras que la cuenca Chamaya está compuesta por 9 sub cuencas, de las cuales 4 son de transición como: la Intercuenca Medio Alto Chamaya (498967), Intercuenca Medio Chamaya (498965), Intercuenca bajo Chamaya (498961) y la Intercuenca Alto Marañón III (49895); y la 5 subcuencas restantes son aportantes al cauce principal como: Intercuenca Alto Huancabamba (498969), cuenca Yerma (498968), cuenca Santa Cruz (498964) e Intercuenca Medio Bajo Chamaya (498963). Asimismo, las cuencas están delimitadas en base a criterios técnicos que toman en cuenta las características topográficas e hidrológicas. a).sirve de base para la determinación de otros elementos (parámetros, coeficientes, relaciones, etc.); } b). por lo general los caudales de escurrimiento crecen a medida que aumenta la, superficie de la cuenca; Cuenca Chinchipe (ámbito peruano)= 6621.52 Km2

#### IX.-HIDROLOGIA:

La hidrogeología es una rama de las ciencias geológicas (dentro de la geodinámica externa), que estudia las aguas subterráneas en lo relacionado con su circulación, sus condicionamientos geológicos y su captación, así su definición dice «La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación» (Mijailov, L. 1985. Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 285 p). A continuación se muestra en el cuadro N° 2.16, las formaciones de acuíferos que existen en el ámbito de estudio, según la carta hidrogeológica del Perú, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú – INGEMMET (2000), se identificó 4 tipos de acuíferos, las mismas que se detallan según su sistema, litología y simbología. (Ver mapa N° 2.21). Asimismo, se tomó en cuenta el estudio de la ZEE – OT de la región Cajamarca para el desarrollo del estudio. Los acuíferos identificados son: DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS Y CONFLICTOS EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA CHINCHIPE - CHAMAYA. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Pag. 60 de 317 } Acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (permeabilidad elevada), tiene una extensión en el ámbito de estudio de 1,677.37 Km2 . } Acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media). (no excluye la existencia en profundidad de otros acuíferos cautivos y más productivos); tiene una extensión en el ámbito de estudio de 5,808.37 Km2 . } Acuíferos locales en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin excluir acuíferos cautivos más productivos (permeabilidad baja a muy baja); tiene una extensión en el ámbito de estudio de 3,208.63 Km2 . } Formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad muy baja), tiene una extensión en el ámbito de estudio de 3,052.33 Km2

#### X.-PROPUESTA TECNICA:

Después de observar el comportamiento del cauce y la topografía del río Chinchipe insitu y en gabinete; se plantea como alternativa de solución Construcion de Gabieones y Roca en la margen izquierda del Río Chinchipe en una longitud de e 600m como propuesta, teniendo en cuenta lo que se menciona en la ficha de intervenciones elaborada por la Administracion Local de Agua Chinchipe Chamaya.

XII.- IMAGEN SATELITAL DE ZONA VULNERABLE (GOOGLE EARTH)



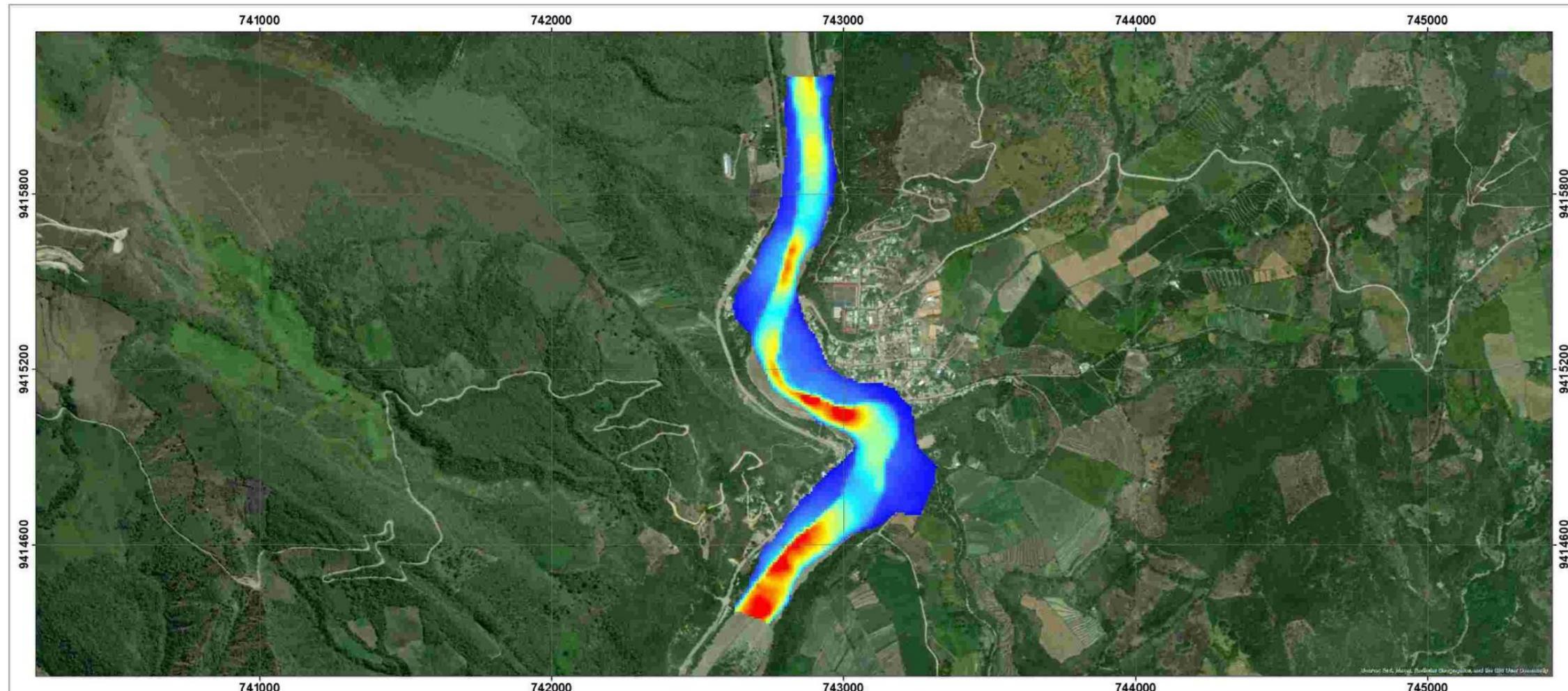
XIII.-PANEL FOTOGRAFICO DE LA ZONA VULNERABLE



ANEXO 06: PLANO DE TIRANTES PARA UN TR = 200 AÑOS



ANEXO 07: PLANO DE VELOCIDADES PARA UN TR = 200 AÑOS



**LEYENDA**

**VELOCIDAD MÁXIMA Tr=200**

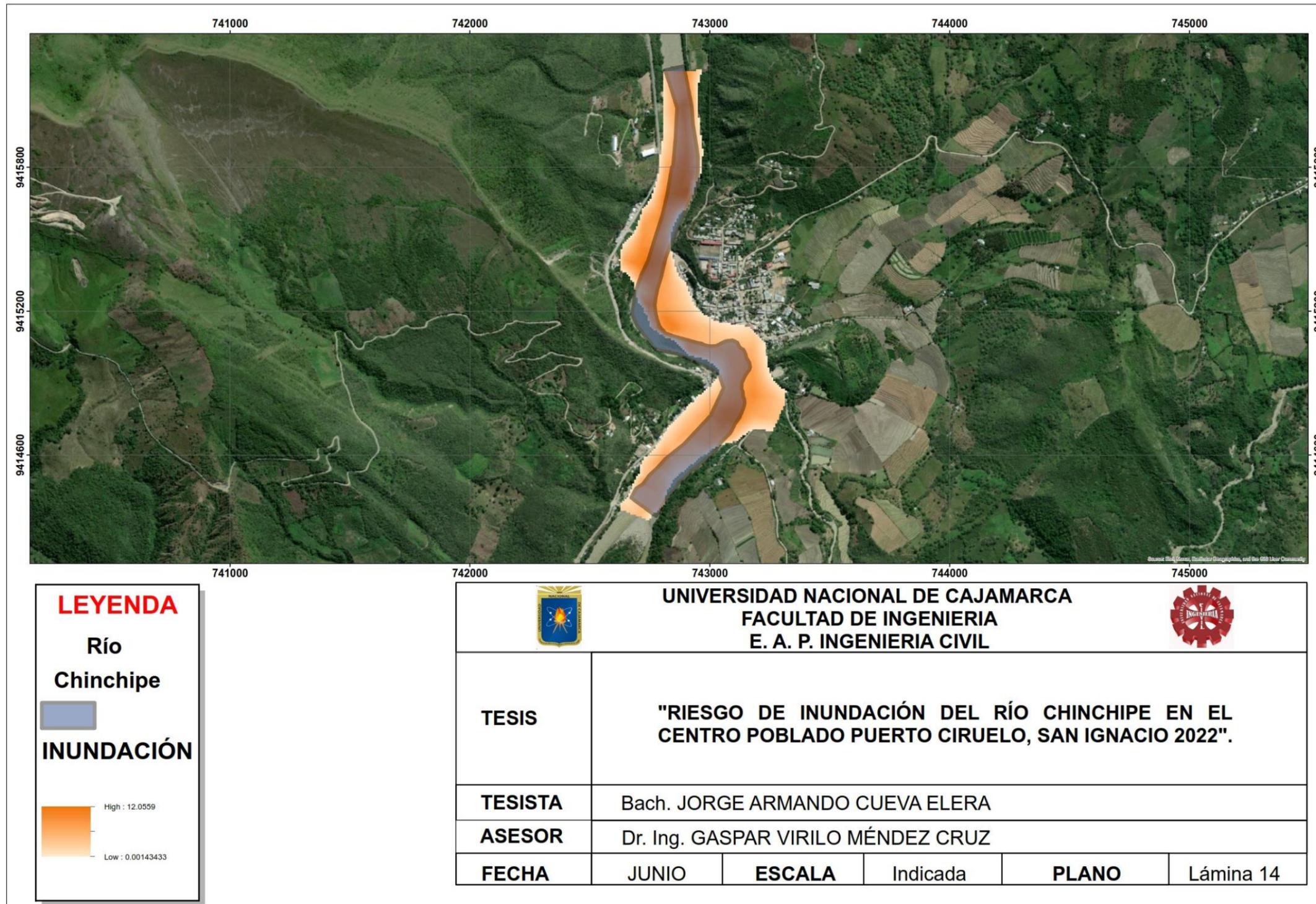
Value

High: 17.7127

Low : 0.0846072

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>				
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>				
	<b>E. A. P. INGENIERIA CIVIL</b>				
<b>TESIS</b>	<b>"RIESGO DE INUNDACIÓN DEL RÍO CHINCHIPE EN EL CENTRO POBLADO PUERTO CIRUELO, SAN IGNACIO 2022".</b>				
<b>TESISTA</b>	Bach. JORGE ARMANDO CUEVA ELERA				
<b>ASESOR</b>	Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ				
<b>FECHA</b>	JUNIO	<b>ESCALA</b>	Indicada	<b>PLANO</b>	Lámina 05

**ANEXO 08: PLANO DE INUNDACIÓN**



**ANEXO 09: PLANO TOPOGRÁFICO**

