

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Diseño de estructura de encausamiento para la mitigación de los efectos de inundación causados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo - Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORA: Reyes Callhuanca, Jhanny Samanta

ASESOR: Valdivieso Echevarria, Martin Cesar

HUÁNUCO - PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74903827

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:30 horas del día **miércoles 01 de octubre de 2025**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

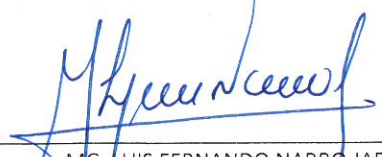
❖ MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA	PRESIDENTE
❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA	SECRETARIO
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1982-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ENCAUSAMIENTO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DE INUNDACIÓN CAUSADOS POR EL RÍO COZO EN EL DISTRITO DE YARUMAYO - HUÁNUCO - 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Jhanny Samanta REYES CALLHUANCA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

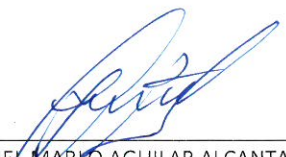
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobada por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 2.5 y cualitativo de Bueno (Art. 47).

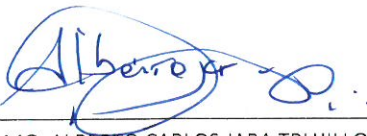
Siendo las 18:45 horas del día **01 del mes de octubre** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633
PRESIDENTE



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
SECRETARIO (A)



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JHANNY SAMANTA REYES CALLHUANCA, de la investigación titulada "Diseño de estructura de encausamiento para la mitigación de los efectos de inundación causados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo - Huánuco - 2024", con asesor(a) MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0096-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 12 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 12 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

14. JHANNY SAMANTA REYES CALLHUANCA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

vsip.info

Fuente de Internet

1%

4

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis amados padres, quienes han sido mi luz y mi fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por sus sacrificios, por su amor infinito y por enseñarme a afrontar la vida con valentía y perseverancia. Todo lo que he logrado es un reflejo de su apoyo incondicional y sus enseñanzas.

A mis queridos hermanos, por ser mis cómplices, mis aliados y mi fuente constante de alegría. Gracias por su fe en mí y por estar presente en cada momento, recordándome que nunca estoy sola.

A ti, que estuviste presente en cada etapa, compartiendo mis alegrías y mis dificultades. Gracias por tu amor, paciencia y por ser mi mayor motivador. Tu compañía constante y tu fe en mí fueron claves para superar cada obstáculo.

A mis seres queridos, que con sus palabras de aliento, consejos y apoyo, marcaron mi trayectoria universitaria de manera especial. Cada gesto suyo ha sido un pilar fundamental en este logro.

También la dedico a los habitantes del distrito de Yarumayo, con la esperanza de contribuir a la mejora de sus condiciones de vida y a la mitigación de los riesgos de inundación.

A todos ustedes, dedico este logro con todo mi corazón. Gracias por caminar a mi lado y ser parte de esta historia.

Con todo mi cariño y gratitud,

AGRADECIMIENTO

Con el corazón lleno de gratitud, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que hicieron posible este importante logro en mi vida.

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia. Gracias por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles y por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de este camino.

A mis hermanos, por su apoyo constante, su compañía y por ser mi refugio emocional. Ustedes son una parte esencial de mi fortaleza y mi motivación.

Y a ti, mi compañero fiel, que estuvo a mi lado en cada paso, compartiendo mis logros y consolándome en mis caídas. Gracias por tu paciencia, tu entrega constante y por ser mi mayor fuente de ánimo.

A mis seres queridos, que con su respaldo, palabras de aliento y gestos generosos, estuvieron presentes en los momentos en que más los necesité. Cada uno de ustedes ha sido un pilar importante en esta trayectoria.

A mis amigos y compañeros, gracias por su solidaridad, sus palabras de aliento y por demostrarme que el camino se recorre mejor en equipo.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos y por exigirme siempre dar lo mejor de mí. Sus enseñanzas no solo me formaron como profesional, sino también como persona.

Agradezco a la Universidad de Huánuco por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación, y a mi asesor por su invaluable guía.

A todos ustedes, les agradezco de corazón por ser parte de este viaje, por su apoyo y por confiar en mí. Este logro no es solo mío, sino de todos los que caminaron conmigo.

Con todo mi cariño y gratitud,

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	17
1.3 OBJETIVO GENERAL	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	20
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	25
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	28
2.2 BASES TEÓRICAS	32
2.2.1 PARÁMETROS DE HIDROLOGÍA	32
2.2.2 CICLO HIDROLÓGICO	33
2.2.3 BALANCEO HIDROLÓGICO	35

2.2.4 SISTEMA HIDROLÓGICO	36
2.2.5 MODELOS HIDROLÓGICOS	37
2.2.6 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	38
2.2.7 PRECIPITACIÓN	44
2.2.8 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES.....	55
2.2.9 ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....	55
2.2.10 ESTRUCTURAS DE ENCAUZAMIENTO	56
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES	57
2.4 HIPÓTESIS	59
2.5 VARIABLES	59
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	59
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	59
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	60
CAPÍTULO III.....	62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1 ENFOQUE	62
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	62
3.1.3 DISEÑO	62
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	62
3.2.1 POBLACIÓN	62
3.2.2 MUESTRA.....	63
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	64
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	66
CAPÍTULO IV.....	70
RESULTADOS.....	70
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	70
4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	103
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	107
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES.....	111

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Investigación hidrológica para proyectos diversos	32
Tabla 2	Clasificación de pendientes	40
Tabla 3	Clasificación del valor del coeficiente de correlación.....	47
Tabla 4	Distribución de probabilidad aplicado en la hidrología.....	55
Tabla 5	Operacionalización de variables.....	60
Tabla 6	Ficha pluviométrica.....	64
Tabla 7	Fichas de caracterización de cuenca	65
Tabla 8	Ficha de diseño de dique.....	65
Tabla 9	Ficha de caudales	68
Tabla 10	Ficha de tirantes	68
Tabla 11	Identificación de parámetros geométricos	71
Tabla 12	Identificación de parámetros topográficos	72
Tabla 13	Caracterización de la red Hídrica	73
Tabla 14	Geomorfología de la cuenca.....	74
Tabla 15	Áreas de cobertura de suelo.....	75
Tabla 16	Áreas de uso de suelo de la cuenca.....	77
Tabla 17	Estimación del número de curva	78
Tabla 18	Identificación de estaciones históricas.....	78
Tabla 19	Identificación de datos faltantes – Estación Milpo	79
Tabla 20	Datos completos de registro de lluvias – Estación Milpo	82
Tabla 21	Datos pluviométricos interpolados para la cuenca	87
Tabla 22	Análisis de distribuciones – Prueba Smirnov Kolmogorov	92
Tabla 23	Estimación de lluvias proyectadas.....	93
Tabla 24	Factores de estimación de ecuación de intensidad	94
Tabla 25	Intensidades en diferentes duraciones	94
Tabla 26	Caudales estimados para la cuenca del río Cozo	97
Tabla 27	Determinación de tirantes críticos para los periodos de retorno	99
Tabla 28	Diseño de muro de protección	100
Tabla 29	Caudales estimados para la cuenca del río Cozo	103
Tabla 30	Parámetros de diseño de dique	104
Tabla 31	Caudales estimados para la cuenca del río Cozo	107

Tabla 32 Matriz de Consistencia	116
Tabla 33 Rangos de alturas.....	119
Tabla 34 Caracterización Red Hídrica.....	119
Tabla 35 Rangos de pendiente de cuenca	119
Tabla 36 Registro Incompleto – Estación Huánuco.....	120
Tabla 37 Registro completo – Estación Huánuco.....	122
Tabla 38 Prueba Outlier – Estación Huánuco	126
Tabla 39 Prueba Outlier – Estación Milpo	126
Tabla 40 Registro Incompleto – Estación Oyón.....	127
Tabla 41 Registro Completo – Estación Oyón.....	130
Tabla 42 Prueba Outlier – Estación Oyón	132
Tabla 43 Prueba Outlier – Estación Centroide	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo hidrológico.....	34
Figura 2	Esquema de proceso hidrológico.....	34
Figura 3	Proceso de ciclo hidrológico en una región.....	35
Figura 4	Diagrama de SH	36
Figura 5	Cuenca como sistema hidrológico	37
Figura 6	Entradas y salidas de SH.....	37
Figura 7	Tipos de divisoria	38
Figura 8	Curva hipsométrica de la cuenca	42
Figura 9	Rectángulo equivalente.....	42
Figura 10	Clasificación de orden de drenaje	43
Figura 11	Tipos de lluvias	45
Figura 12	Análisis de doble masa	49
Figura 13	Curva de masa de estación pluviométrica	50
Figura 14	Hietograma del río Napo	51
Figura 15	Curvas IDF de la estación Izobamba	52
Figura 16	Generalización del método aritmético	53
Figura 17	Polígonos de Thiessen.....	54
Figura 18	Isoyetas.....	54
Figura 19	Muro gavión	56
Figura 20	Servidor SENAMHI	63
Figura 21	Información satelital	63
Figura 22	Modelo GIS	64
Figura 23	Modelo Hidroesta 2	66
Figura 24	Modelo Hec-HMS.....	67
Figura 25	Modelo Hec-RAS	68
Figura 26	Mapa de delimitación de cuenca.....	70
Figura 27	Mapa de pendientes de la cuenca	71
Figura 28	Mapa de identificación de red hídrica de la cuenca	73
Figura 29	Cobertura vegetal de la cuenca	74
Figura 30	Mapa de uso de suelo de la cuenca	76
Figura 31	Mapa de rangos de número de curva	77
Figura 32	Análisis de valores dudosos – Estación Milpo	85

Figura 33 Análisis de valores dudosos – Estación Huánuco.....	86
Figura 34 Análisis de valores dudosos – Estación Oyón	86
Figura 35 Análisis de valores dudosos – Estación Interpolada	91
Figura 36 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Normal.....	91
Figura 37 Curvas de precipitación con valores proyectados	94
Figura 38 Curva IDF de la cuenca del río Cozo	95
Figura 39 Hietograma de diseño para 100 años de periodo de retorno	96
Figura 40 Estimación de caudales de diseño PR=100.....	97
Figura 41 Mapa de identificación de área de interés.....	97
Figura 42 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 100 años	98
Figura 43 Sección de dique de protección	101
Figura 44 Áreas de inundación para 100 años.....	103
Figura 45 Sección de dique de protección	106
Figura 46 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 100 años	108
Figura 47 Sección de dique de protección	109
Figura 48 Ubicación de la zona de investigación	118
Figura 49 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log-Normal 2P	134
Figura 50 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log-Normal 3P	134
Figura 51 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gamma 2P	135
Figura 52 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gamma 3P	135
Figura 53 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log Pearson T3	136
Figura 54 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gumbel.....	136
Figura 55 Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log - Gumbel ..	137
Figura 56 Hietograma de diseño para 10 años de periodo de retorno	137
Figura 57 Hietograma de diseño para 25 años de periodo de retorno	138
Figura 58 Hietograma de diseño para 50 años de periodo de retorno	138
Figura 59 Hietograma de diseño para 500 años de periodo de retorno	138
Figura 60 Estimación de caudales de diseño PR=10.....	139
Figura 61 Estimación de caudales de diseño PR=25.....	139
Figura 62 Estimación de caudales de diseño PR=50.....	140
Figura 63 Estimación de caudales de diseño PR=500.....	140
Figura 64 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 10 años	141
Figura 65 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 25 años	142

Figura 66 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 50 años	143
Figura 67 Modelo Hec-RAS – Inundación PR 500 años	144

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal diseñar una estructura de encauzamiento para mitigar los efectos de las inundaciones causadas por el río Cozo en el distrito de Yarumayo, Huánuco. Se identificaron y analizaron los valores de pluviometría y meteorología que influyen en el caudal del río Cozo, determinando los valores de precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, que fueron de 33.25 mm, 41.16 mm, 48.22 mm, 56.42 mm y 81.11 mm, respectivamente. Los caudales críticos calculados para los mismos periodos de retorno fueron de 51.20 m³/s, 63.3 m³/s, 74.30 m³/s, 87.20 m³/s y 161.60 m³/s. Se determinó que el ancho estable del cauce del río Cozo es de 30 metros en promedio. Para el diseño del dique, se consideró una relación de talud de 1.5, un borde libre de 1.05 metros y un tirante de 2.45 metros. Además, se calculó un ancho de corona de 2.30 metros, una altura del dique de 2.50 metros y una altura de enrocado también de 2.50 metros. Para el enrocado de protección, se planteó una altura de uña de 1.50 metros, con un ancho de 2.20 metros y un ancho de protección de 1.70 metros. La caracterización cartográfica de las inundaciones permitió identificar las zonas urbanas ubicadas en la parte final del cauce izquierdo y la parte central del cauce derecho como puntos críticos de inundación. Estas áreas requieren la implementación de medidas de protección para reducir el riesgo de desbordamientos.

Palabras clave: Inundaciones, encauzamiento, río Cozo, Yarumayo, caudales críticos, precipitación máxima, cartografía de inundaciones, estructura de dique, enrocado de protección.

ABSTRACT

The primary objective of this research was to design a channelization structure to mitigate the effects of flooding caused by the Cozo River in the district of Yarumayo, Huánuco. The study identified and analyzed the pluviometry and meteorological values that influence the flow rate of the Cozo River, determining the maximum 24-hour precipitation values for the return periods of 10, 25, 50, 100, and 500 years, which were 33.25 mm, 41.16 mm, 48.22 mm, 56.42 mm, and 81.11 mm, respectively. The critical flow rates calculated for the same return periods were 51.20 m³/s, 63.3 m³/s, 74.30 m³/s, 87.20 m³/s, and 161.60 m³/s. It was determined that the stable width of the Cozo River channel averages 30 meters. For the design of the dike, a slope ratio of 1.5, a freeboard of 1.05 meters, and a depth of 2.45 meters were considered. Additionally, a crown width of 2.30 meters, a dike height of 2.50 meters, and a riprap height of 2.50 meters were calculated. For the protective riprap, a toe height of 1.50 meters, a width of 2.20 meters, and a protection width of 1.70 meters were proposed. The cartographic characterization of the floods identified the urban areas located at the end of the left bank and the central part of the right bank as critical flooding points. These areas require the implementation of protective measures to reduce the risk of overflow.

Keywords: Flooding, channelization, Cozo River, Yarumayo, critical flow rates, maximum precipitation, flood cartography, dike structure, protective riprap.

INTRODUCCIÓN

La investigación se llevó a cabo con el propósito de diseñar una estructura de encauzamiento que mitigara los efectos de las inundaciones causadas por el río Cozo en el distrito de Yarumayo, Huánuco, surgió ante la necesidad de encontrar soluciones eficaces y sostenibles para los problemas de inundación que afectan periódicamente a esta región, poniendo en riesgo la seguridad y el bienestar de sus habitantes. Para alcanzar el objetivo principal, se realizaron varias actividades clave. Primero, se identificaron y analizaron los valores de pluviometría y meteorología que influyen directamente en el caudal del río Cozo en el distrito de Yarumayo. Posteriormente, se calcularon los valores de caudal crítico para diferentes periodos de retorno: 5, 25, 100 y 500 años. Estos cálculos permitieron estimar la magnitud de las inundaciones en función de la frecuencia con la que ocurren, proporcionando datos esenciales para el diseño de la estructura de encauzamiento. Finalmente, se elaboraron mapas de caracterización para identificar los puntos críticos de inundación en Yarumayo. Estos mapas ofrecieron una visión detallada de las áreas más vulnerables, facilitando la planificación y ejecución de medidas de mitigación específicas. Con lo presentado se estructuró la presente investigación de la siguiente manera:

Capítulo I: En este capítulo se consideró el planteamiento del problema general y el contexto en el que se basa esta investigación, teniendo en cuenta también las limitantes y viabilidades de la investigación.

Capítulo II: En este capítulo se plantearon la información teórica que fungió como base intelectual para la aplicación de métodos de estimación y caracterización hidrológica e hidráulica.

Capítulo III: En este capítulo se consideraron los procedimientos metodológicos en las cuales se basó la ejecución práctica de la investigación, teniendo así técnicas e instrumentos aplicados en la investigación.

Capítulo IV: En este capítulo se presentaron los resultados obtenidos en la investigación de manera detallada a fin de poder analizar cada uno de los valores obtenidos y contrastar la hipótesis planteada.

Capítulo V: En este capítulo se ahondo en la contratación de los resultados obtenidos con informes similares y la presentación de las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para la Organización Meteorológica Mundial para el 2021 se pudo estimar que los eventos de inundaciones y sequías a nivel mundial han incrementado de manera considerable en los últimos 20 años, en el estudio presentado se pudo cuantificar que las inundaciones conformaron alrededor del 40% de los causales de desastres entre los años 2000 a 2019, esto afectó considerablemente a casi 2000 millones de habitantes en zonas afectadas por este fenómeno, en la comparativa estadística de los registros de inundaciones se pudo determinar que este tipo de desastres se incrementaron alrededor del 135% en comparativa con los 10 años precedentes al informe, de la base de información recolectada se pudo determinar que para el 2020 se presentaron un incremento del 23% más de inundaciones y con ello un incremento del 18% de efectos mortales en la población a comparación del 2019. (Organización Meteorológica Mundial, 2021)

Por las características geográficas que presenta el Perú este presenta un amplio espectro de condiciones climáticas, para la zona costera del país se tiene presencia de los fenómenos naturales denominados como “El Niño” y “La Niña” quienes generan un efecto en el comportamiento meteorológico de la zona costera del país, los efectos que más se evidencian en el periodo de dichos fenómenos son el incremento de lluvias anómalas y por consecuencia un incremento en los caudales de cauces los cuales rebasan la capacidad de transporte de los mismos y generan un efecto de inundaciones en los márgenes de los ríos que componen el país, según los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú para el primer trimestre del 2023 se tuvieron incrementos en los registros de temperatura superficial del mar peruano lo cual alertaba de la ocurrencia del fenómeno El Niño, lo cual se confirmó para la mitad del mes de marzo el cual generó un cambio abrupto en las ocurrencias de lluvias incrementándose de manera anómala. Adicionalmente a los eventos del niño el estado peruano dio una alerta roja ocasionada por la llegada del ciclón Yaku en las zonas costeras del Perú, por la confluencia de ambos eventos se obtuvo como resultados trágicos el

fallecimiento de 71 personas y alrededor de 112 mil personas damnificadas por dichos eventos naturales. (Aponte, 2023)

En la región de Huánuco por la morfología que presenta es vulnerable a inundaciones y a erosiones fluviales. Estas áreas donde las zonas fueron anteriormente afectadas por inundaciones fueron encajonados por enrocados y muros de tierra permitieron que los efectos de las inundaciones no sean tan recurrentes en las zonas urbanas, con dichas medidas estructurales de encauzamiento se mitigaron los efectos adversos de las inundaciones pero esto no ha sido ejecutado a lo largo de todo el río Cozo ni en los ríos que recorren sobre la región Huánuco, generando así zonas con falta de medidas de prevención frente a incrementos de caudales anómalos. (INGEMET, 2012)

De lo identificado en los estudios realizados por el INGEMET se pudo identificar que una zona con alto valor de riesgo frente a inundaciones es el cauce del río Cozo, es por ello por lo que para la presente investigación se tomará en cuenta el cauce de río Cozo en un tramo que comprende al distrito de Yarumayo a fin de mitigar los efectos adversos en la población que habita los márgenes del río Cozo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las dimensiones adecuadas para una estructura de encauzamiento a fin de mitigar los efectos de inundaciones ocasionados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuáles son los valores de pluviometría y meteorología que afectan directamente al caudal de río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?

¿Cómo afectan los valores de caudal crítico para periodos de retorno de 5, 25, 100 y 500 años para el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?

¿En qué medida ayudan los mapas de caracterización para identificación de puntos críticos causados por inundación del río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Calcular las dimensiones adecuadas para una estructura de encauzamiento a fin de mitigar los efectos de inundaciones ocasionados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los valores de pluviometría y meteorología que afectan directamente al caudal de río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.

Calcular los valores de caudal crítico para periodos de retorno de 5, 25, 100 y 500 años para el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.

Elaborar mapas de caracterización para identificación de puntos críticos causados por inundación del río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Basándonos en la necesidad que existe en la prevención de efectos dañinos de las inundaciones en la región y los constantes cambios climáticos que a su vez generan lluvias anómalas que incrementan los caudales se hizo necesaria la aplicación de medidas de encauzamiento y protección a la población que vive en las cercanías de los márgenes del río Cozo, con ello en la investigación se elaboró un diseño de encauzamiento adecuado para la mitigación del desplazamiento anómalo de las aguas del río Cozo. Se pudo identificar que la región de Huánuco al tener particularidades en su morfología del terreno se encuentra propensa a inundaciones, adicionalmente a ello se pudo identificar que si bien existen estudios de precipitaciones anómalas e inundaciones en la región de Huánuco estas están generalizadas y no toman las particularidades de cada una de las zonas que comprende el cauce del río Cozo, con ello se identificó un vacío de información enfocada a los puntos específicos del cauce, para la presente investigación se planteó una aplicación específica para el distritito de Yarumayo ya que en la zona no hay una aplicación previa ni una delimitación de las zonas de inundación que puedan verse comprometidas por el crecimiento anómalo del caudal del río Cozo, con ello se pretendió mitigar los efectos adversos

en la población tanto como en las viviendas y las zonas agrícolas que se puedan ver comprometidas. Con dicho planteamiento se pretendió llenar la ausencia de modelos de inundación en el cauce del río Cozo para el distrito de Yarumayo y beneficiar a la población cercana al cauce.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Con el incremento en las estadísticas de inundaciones a nivel nacional se identificó la necesidad de establecer medidas de mitigación a los efectos adversos que se generan dentro del área afectada, con esta investigación se pretendió establecer un diseño adecuado para el encausamiento de las aguas que recorren el cauce del río Cozo en el distrito de Yarumayo para lo cual se pretendió calcular las medidas adecuadas de corona, base, uña y talud del muro de encauzamiento ya sea mediante espigones, muros gaviones o diques de contención de acuerdo a la naturaleza del proyecto y a las exigencias que demanda el caudal de interés, Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación sirvieron de base para el modelo adecuado no solo en el distrito de Yarumayo sino que también podrán ser aplicados a lo largo del cauce del Río Cozo en la región de Huánuco con la salvedad de la altura y estabilidad de la estructura, ya que los caudales del Cozo en la mayoría de sus recorridos mantiene un valor de caudal casi constante y en épocas de crecidas variarían dependiendo de la topografía de cada zona. Con la generación de un diseño estructural de encauzamiento se pretendió estabilizar y proteger a la población circundante al cauce tanto como a la población y a las actividades agrícolas que se encontraron en la zona de interés. La población circundante a la zona se vio altamente beneficiada desde la perspectiva de seguridad ya que con esto se pretendió establecer las bases para una cultura de prevención frente a inundación que puedan ocasionarse en la zona. La investigación como se demuestra tuvo beneficios no solo estructurales para su aplicación, sino que en adición hubo un beneficio social tanto en la integridad humana como en la integridad financiera de la zona ya que si el evento llegase a darse esto afectaría a la población en cuanto a afectaciones en los hogares que habitan y en las actividades agrícolas que realizan.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La investigación pretendió aplicar un enfoque cuantitativo de los valores de caudal de río Cozo y con ello se elaboró una simulación bidimensional que establezca las áreas más críticas que se vean afectadas por las inundaciones de la zona de interés, con ello se estableció un diseño estructural a partir de la adecuación del encauzamiento del río Cozo, esto se determinó con el cálculo adecuado de dimensiones para la estabilidad física, hidrológica e hidráulica de la zona de interés. La investigación pretendió determinar un adecuado encauzamiento del cauce del río Cozo el cual se determinó a partir de procesos numéricos no experimentales ya que los valores de precipitación identificado no fueron manipulado a fin de establecer la mayor verosimilitud en el proceso de estimación de valores críticos, el enfoque cuantitativo se justificó a partir del cálculo estructural, hidrológico e hidráulico que presenta la investigación. Desde el enfoque de la ética se aseguró la confidencialidad de los habitantes de la zona, ya que la información personal no fue relevante para la aplicación de la investigación. El análisis de los datos recolectados se hizo a partir de la caracterización estadística y de probabilidades ajustada a la serie de datos de muestra, con ello se pretendió determinar una proyección cercana a la realidad de los valores de caudales críticos y por ende un ajuste adecuado del modelo de simulación hidráulica para el distrito de Yarumayo.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación pretendió abordar solo los aspectos estructurales, hidrológicos, hidráulicos y parcialmente los temas sociales ya que no se elaboró una completa caracterización social frente a las inundaciones que se generarían ya que el tiempo que demanda este tipo de análisis superaría a los límites establecidos para el desarrollo de la investigación, sin embargo si se abordó una caracterización socioeconómica superficial para determinar las capacidades de resiliencia que se presentó frente a inundaciones que se ocasionen en la zona. Con relación a los datos de pluviometría la investigación pretendió controlar los sesgos y errores generados por la falta de una estación en el distrito de Yarumayo, pero se

compensó con una interpolación de Krigging con la cual se estimaron los valores para la zona en específico. Del análisis de limitaciones se pudo determinar que la investigación se pudo realizar ya que las limitaciones no fueron restrictivas para su elaboración.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se caracterizó por la practicidad de su ejecución ya que al lograr determinar los parámetros adecuados para el diseño del encauzamiento se logró beneficiar no solo a la población directa de la zona, sino que también se pudo beneficiar a los investigadores de la rama y a la población en la cual se pueda extrapolar los métodos que se apliquen en la investigación. Los recursos necesarios para la investigación se encontraron de libre acceso, la información recopilada en la investigación fue netamente de instituciones nacionales como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entidades validadas a nivel internacional ya que los datos son de lectura de las estaciones ubicadas a lo largo del Perú. La metodología aplicada en la investigación fue la cuantitativa ya que en la investigación se procesaron una gran parte de valores numéricos que tuvieron relación directa con el objetivo de diseñar una estructura de encauzamiento a fin de mitigar los efectos de las inundaciones en el distrito de Yarumayo. El monto de inversión de la ejecución de la investigación fue asumido únicamente por el tesista debido a que el monto no requiere de una inversión externa. El tiempo de ejecución de la investigación se encontró dentro de los límites establecidos por la casa de estudios superiores para el cual se realizó. Teniendo en cuenta todos estos factores la investigación se consideró viable en su financiamiento y ejecución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para Gómez (2019), en la tesis que titula “Diseño de obras de mitigación y encauzamiento mediante modelaciones hidráulicas para disminuir la condición por vulnerabilidad de inundaciones en un tramo de 3 km de río comprendido en la cuenca media baja del Río Corredor”, elaborado para el Instituto Tecnológico de Costa Rica. En dicha tesis se plantearon los siguientes objetivos: Disminuir la vulnerabilidad a efectos de inundación en la zona de interés a partir de un planteamiento estructural en un tramo que comprende 3 km del río Corredor, elaborar una caracterización morfológica de la cuenca que conforma el río Corredor a partir de la utilización de los sistemas de información cartográfica, calcular los hidrogramas de crecidas para el río Corredor en diferentes periodos de retorno a fin de aplicarlas en simulaciones hidráulicas según los valores de pluviometría obtenidos para la zona de interés y aplicar modelos matemáticos a fin de obtener valores de parámetros hidráulicos que sean necesarios para la definición de las medidas estructurales adecuadas para la sección del encausamiento proyectado. A partir de ello el investigador pudo concluir lo siguiente: La información obtenida de la caracterización morfológica de la cuenca servirá de base para los proyectos que se generen a futuro en la zona de interés, los valores obtenidos del modelo CHA III para un periodo de retorno de 2 años con relación a la tormenta Otto se obtuvo un valor de caudal pico de 665.80 m³/s, para un análisis de 100 años con el mismo modelo con la metodología del bloque alterno se obtuvo un valor de 1954.02 m³/s. Con dicha información se lograron determinar herramientas para la generación de modelos hidrológicos e hidráulicos para la zona de interés. Del modelo hidráulico se pudo observar que con la generación de la tormenta Otto las inundaciones se centraron en la margen izquierda del río. Se estableció así que la zona del margen izquierdo requiere de un dique que cumpla la función de barrera de protección a fin de mitigar los

efectos de las inundaciones posibles en un futuro. Aplicando un periodo de retorno de 100 años con el modelo CHA III se pudo determinar que ambos márgenes del río necesitan un encauzamiento ya que con un mayor periodo de retorno los valores de caudal incrementan y esto conlleva a que los valores de tirante hidráulico del cauce incrementen. Con el modelo se pudo determinar que el valor de calado máximo en las cercanías del dique fue de 6.19 m y un borde libre de 1 m, con ello se justifica la aplicación de un modelo de dique de 7 m es correcto para la zona de inundación. Con el modelo realizado se pudo determinar 2 tipos de secciones con baterías conformadas por 7 espigones y con ello reduciendo las velocidades aguas abajo de los espigones y generando un aumento en los márgenes opuestos a estos.

Según Gil (2019), en la tesis que titula “Estrategias para la gestión del riesgo ante inundaciones en zonas localizadas del Municipio de Tunja, Colombia”, en dicha investigación se plantearon los siguientes objetivos: Determinar las herramientas para mejorar la gestión del riesgo y mitigar la vulnerabilidad frente a eventos de inundación en zonas que presentan un alto valor de amenaza en la ciudad de Tunja, con ello también se planteó la identificación de las debilidades existentes en la planificación y el mejoramiento de la zona de correspondencia al municipio de Tunja, aplicar encuestas de vulnerabilidad que se presentan en la zona del municipio de Tunja a fin de estimar el valor de vulnerabilidad desde la percepción social de las zonas con mayor amenaza a inundaciones en la zona y con ello estipular los lineamientos que promuevan la aplicación local de la gestión del riesgo frente a inundaciones en la ciudad de interés. A partir del cumplimiento de dichos objetivos el investigador pudo concluir lo siguiente: A partir de la selección de 5 barrios de muestra para la investigación se tomaron las encuestas a un promedio de 60 hogares con un promedio de 214 habitantes, con ello se estimaron que el 5% de no respuesta y con ello se reajustó la muestra estando dentro de los límites aceptables para la ejecución de la población. Con las encuestas se logró identificar que el 72% de población dentro del sector I no recuerda ser afectado por eventos de inundación entre los años 2010 y 2012, a partir del análisis de vulnerabilidades se pudo estimar que la vulnerabilidad

física en el sector I se encuentra en una escala de 9 y en cambio al sector 2 se le pudo determinar que el valor en la escala es de 10, la vulnerabilidad ambiental en ambos sectores es un valor de 10, la vulnerabilidad económica es de 6 y 5 en los sectores 1 y 2 respectivamente, para el análisis de vulnerabilidad social en ambos sectores se caracterizó un valor de 9, del análisis consolidado de la zona se pudo identificar que la vulnerabilidad total en ambos sectores se caracteriza como Media. Dentro de la investigación se analizaron tanto propuestas estructurales como reforzamiento de estructuras u obras de protección en cauces nacionales y adicionalmente se tomaron en cuenta las medidas no estructurales orientadas a la regulación del uso de suelo y la implementación de alertas tempranas enfocados en la sociedad habitante de esa zona. Del análisis hidráulico para el primer punto de análisis el calado se estimó en 1.3 m con una velocidad promedio de 0.8 m/s, en el punto final del cauce se pudo estimar que el tirante hidráulico se encuentra por 1.5 m por encima de la cota del terreno natural, dicha inundación podría alcanzar a la avenida Universitaria y las zonas que se encuentran en un desarrollo urbanístico.

Para Peñazola (2021), en la tesis que titula “Diseño de un sistema de alerta temprana para prevención de inundaciones en la zona de Yautepec, Morelos” elaborada para el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En la cual el autor plantea los siguientes objetivos: Descripción de los elementos que componen el sistema de alerta temprana contra inundaciones y con ello prevenir la ocurrencia de peligros debido a los eventos hidrometeorológicos anómalos en la cuenca del río Yautepec, para la caracterización del río Yautepec se requiere de la delimitación de la cuenca, realizar el análisis hidrometeorológico, determinar los hidrogramas de las avenidas anómalas, generar la información cartográfica del peligro para la zona urbana cercana al margen del río Yautepec, elaborar las propuestas de instrumentación del sistema de alerta temprana contra inundaciones y calcular el costo beneficio que genera el establecimiento del SATI. Con el desarrollo de la investigación el autor pudo concluir lo siguiente: De la información meteorológica de la cuenca se tuvo en cuenta un total de 10 estaciones con años de operación

entre los 18 a 90 años, de la relaciones de estaciones posibles a aplicar para el modelo hidrológico de la cuenca se determinó que la estación de Yautepec era la única que presentaba datos aceptables para el modelo, identificada la estación se logró determinar que para el modelo hidrológico la calibración se realizó con 3 eventos de inundación, la información fue tratada a partir de la aplicación de los softwares HEC-HMS e IBER. Para la delimitación de la subcuenca con base a la estación Yautepec se estimó que el área de la cuenca es de 989 km² aproximadamente, con características exorreicas, densidad de corrientes alto y un tiempo de concentración de 3.45 hrs. Con la caracterización del suelo se pudo determinar que la mayor presencia del suelo se caracteriza por el andosol con un porcentaje de 28.39%, el uso de suelo se caracteriza por una mayor presencia de bosque de pino con un porcentaje de 34.24%. El tiempo de respuesta para el sistema de alerta temprana es de aproximadamente 207 min. El tirante hidráulico del modelo elaborado va desde 0.25 a 1.25 m.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Según Bazán (2021), en la tesis que titula “Efectos del comportamiento de caudales máximos con fines de encauzamiento de avenidas en el sector puente Careaga, Río Chicama”, elaborado para la obtención de grado de titulado en ingeniería civil. La investigación planteó los siguientes objetivos: Identificar qué consecuencias se generan al realizar un encauzamiento de avenidas por efecto de caudales extremos en el sector Puente Careaga, adicionalmente a ello se determinaron los valores de caudal de diseño para los periodos de retorno 10, 25 y 50 años, con dichos valores de caudal se investigaron los efectos que generan los caudales críticos en la topografía del cauce dicho modelo se estimó a partir de un modelo bidimensional aplicado en el software HEC-RAS y con la identificación de las zonas con un alto grado de peligro y con el valor del tirante del cauce se establecieron los parámetros y el diseño de las defensas ribereñas estimados a partir de la utilización del software River teniendo en cuenta el efecto de socavación que generan caudales a altas velocidades. De la investigación se pudo concluir: Que aplicando la metodología de estimación de caudales a partir de la teoría de

probabilidad de Nash y Gumbel dentro de los valores de máximas avenidas por el fenómeno del niño costero en un registro histórico de 50 años se obtuvieron valores de caudal de 842.74, 1068.31 y 1238.95 m³/s estos para los periodos de retorno de 10, 25 y 50 años respectivamente. Con el modelo elaborado en el software HEC-RAS se lograron identificar que en el cauce del río dentro de las progresivas 0+000, 0+880, 0+300, 1+780, las áreas de inundación comprenden los valores de 5.17, 6.08 y 6.66 has para los periodos de retorno de 10, 25, 50 años respectivamente, dando así la identificación de dichas progresivas como puntos críticos. Con los valores del tirante hidráulico de inundación se pudo estimar a partir del uso del software River la estimación de los parámetros de diseño de una defensa ribereña de 140 m de largo de cauce. Con el modelo hidráulico estimado se pudo determinar que para la zona de protección aguas arriba en un periodo de retorno de 50 años se diseña un enrocado de piedra de 60 cm de diámetro e identificando que el suelo presenta un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.045 y un peralte hidráulico de 2.37 m con velocidades de aproximadamente 3.20 m/s con una profundidad de socavación de 0.68 m en zonas rectas y en zonas curvas un valor de 3.23 m. Con la información obtenida en el modelo hidráulico plantea finalmente que para la protección de los márgenes del cauce del río una estructura de espigones con un ancho estable de 140 m para un flujo de velocidad de 3.77 m/s y un valor de altura hidráulica de 2.32 m estos parámetros estimados para un periodo de retorno de 50 años, dicho modelo produce una socavación de alrededor a los 1.10 m en el inicio de la estructura de espigón y un valor de socavación de 3.69 en el extremo del espigón, dichas estructuras se proyectan para ambos márgenes del cauce analizado a fin de restaurar los márgenes del cauce.

Para Reque (2019), en la tesis que titula “Estudio de encauzamiento y diseño de defensas ribereñas en el río Reque-Sector Ciudad Eten” que se elaboró para la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en dicha tesis se plantearon los siguientes objetivos: Asegurar las defensas ribereñas con la finalidad de mitigar los efectos del desborde del río en las zonas agrícolas y vías de comunicación e infraestructura que circundan el río, identificar y establecer los parámetros de las defensas ribereñas con

enrocados para una adecuada protección del cauce considerando los efectos de erosión y destrucción de las zonas circundantes, elaborar los estudios de ingeniería adecuados para el diseño hidráulico que requiere la estructura a fin de encauzar por un periodo de retorno amplio las aguas del río Reque, identificar la sección más adecuada del dique con material enrocado que mitiguen los efectos de inundación en la población circundante y elaborar un informe técnico-económico para su ejecución en un tiempo relativo. En dicha investigación se concluyó lo siguiente: Para un periodo de retorno de 50 años el valor del caudal 682 m³/s estimado a partir de la aplicación de la distribución de Pearson Tipo III, con una probabilidad de ocurrencia del 98%, con la finalidad de generar una estructura para un periodo de vida útil de 20 años y con un valor estimado de riesgo de falla del 33%. A partir del de un análisis de reservorios que se ven abastecidos por el río Reque se pudo estimar que el valor de caudal neto de la zona a partir de la sumatoria con los reservorios que captan parte de su volumen de agua es de 570 m³/s y con fines de diseño el valor se aproxima a un caudal de 600 m³/s. De la caracterización del cauce para la estimación de los valores de rugosidad de Manning se pudo estimar que el cauce presenta una superficie limpia con orillas rectas y con presencia de piedras y vegetación, con lo cual el valor se estima en 0.030. A partir del modelo hidráulico obtenido se pudo estimar los parámetros estructurales de diseño de un dique de contención, con ello se determinó que el talud presenta una inclinación $Z=1.5$, una sección estable de cauce de 72.40 m, una altura de tirante hidráulico de 3.137 m y con un borde libre de 0.86 m. Finalmente se determinó que el cauce requiere adicionalmente al encauzamiento una descolmatación de cauce.

Para Cruz (2019), en la tesis que titula “Análisis de zonas vulnerables a inundación y sus alternativas de encauzamiento en el río Tumilaca, tramo Malecón Ribereño del Distrito de Moquegua”, elaborado para la obtención del grado de ingeniero civil, el autor planteó los siguientes objetivos: Determinar las zonas con alto grado de vulnerabilidad frente a eventos de inundación en el río Tumilaca, a partir de ello calcular y determinar las alternativas más adecuadas de encauzamiento a fin de

mitigar los efectos negativos generados por las inundaciones, adicionalmente a ello determinar los valores de tirante hidráulico para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años y finalmente estimar la profundidad máxima de los valores de socavación en los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años. Con ello el autor pudo concluir lo siguiente: El análisis morfológico de la cuenca se elaboró a partir de la disponibilidad de cartografía del Instituto Geofísico del Perú dicha información sirvió de base para la delimitación de la cuenca que conforma el río Tumilaca del cual se estimó un área de 607 km² aproximadamente. El modelo hidrológico para estimación de caudales se realizó en el software HEC-HMS a partir de la aplicación del modelo SCS, con lo cual se determinaron los siguientes caudales 73.6, 111.7, 156.9, 226.1 y 285.6 m³/s para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500, 1000 respectivamente. Los valores estimados como caudales de diseño fueron cargados en el modelo de simulación hidráulica, dicha simulación fue directamente modelada en el software HEC-RAS, obteniendo así un modelo de incrementos de tirantes hidráulicos dando como resultado llanuras de inundación desde las 49 ha hasta los 207 has en los casos más críticos de diseño. La simulación que se estima en el software HEC-RAS tiene que venir acompañado de un modelo topográfico de la zona de interés, dicho modelo fue obtenido en campo y tratado con el software Civil3D con la finalidad de obtener una superficie sobre la cual determinar el recorrido del cauce del río Tumilaca. El modelo hidráulico fue calibrado a partir del registro de inundación generado el 08 de febrero del 2019 en el cual se presentó un valor de 80.80 m³/s, dicho valor está muy próximo a los valores obtenidos de manera proyectada en su investigación.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Para García (2021), en la tesis que titula “Niveles de riesgo por inundación en el centro poblado Santa Rosa de Shapajilla por desborde de la quebrada “Alimonia”, Tingo María”, que se elaboró para la obtención del grado de titulado en ingeniería civil. El autor plantea los siguientes objetivos: Identificar los niveles y las áreas con un alto riesgo causado por inundaciones en el caserío de interés, Determinar los valores de nivel de peligro causado por inundaciones, evaluar la vulnerabilidad de la

población frente a inundaciones y calcular los valores de riesgo por inundaciones en la zona de influencia. Con ello el tesista pudo concluir lo siguiente: Los valores de profundidad de inundación para la investigación arrojaron valores de 3.38 m en su estado crítico para un caudal de 123.18 m³/s, esta información comparada con los valores estimados aguas arriba se pudo verificar la información ya que los valores se encuentran cercanos a los 3.72 m de tirante con un caudal de 134.18 m/s dando así valores de profundidad cercanos para ambos casos de investigación. Con la información cartográfica identificada se pudo determinar que los lotes dañados son aproximadamente 180 en ambos márgenes del río esto comparado con los valores estimados para el río Huallaga no son tan impactantes debido a que en el caserío de investigación no se cuenta con la misma densidad poblacional. De la caracterización de la vulnerabilidad física en la zona de investigación se tuvo como resultado que un 26.7% de las viviendas identificadas se encuentran en un mal estado, aproximadamente un 53.3 viviendas cuentan con paredes de madera y un 23.4% presentan piso de tierra y cemento. Los valores de fragilidad del análisis de la población evidencian que la totalidad de la población no presenta discapacidades en lo que se refiere a la dependencia física, por otro lado de la estadística de la población se pudo determinar que el 18% de la población son menores de 5 años y mayores de 65 dando así que esta población etaria es altamente vulnerable, los valores de resiliencia determinados para la investigación son de aproximadamente un 88% evidencia que los ingresos monetarios son menores a los 1500 y que un 9% aproximadamente basa su economía en un monto menor al sueldo mínimo establecido para el 2019 en el Perú, los valores económicos que presentan evidencian una baja probabilidad de que se recuperen frente a un eventual daño estructural en las viviendas en las que habitan, en la caracterización de salud se evidencia que el 96% de la población se encuentra afiliado al SIS, lo que evidencia que frente a cualquier evento dañino la población cuenta con un centro de salud al cual acudir. De la caracterización frente a eventos de inundación un 46.7% presenta a una población fatalista y poca actitud previsoras frente a eventos de riesgo. De análisis de la educación se pudo estimar que el 42% de la población

cuenta con un nivel inicial o primaria completa, con la caracterización completa del caserío se pudo determinar que el caserío de Santa Rosa presenta un nivel de vulnerabilidad alta. Con relación a la caracterización del riesgo en la zona de interés se pudo determinar que de los 180 lotes identificados como muestra la contabilización final quedo como sigue, 107 con un nivel de riesgo medio, 55 con un nivel de riesgo alto y 18 lotes con un nivel de riesgo muy alto, con ello se estimó que para los 180 lotes identificados la probabilidad crítica es de 31,34% de que por lo menos una persona resulte herida y una probabilidad máxima de 9.72% de que una persona resulte muerta por efectos de la inundaciones en la zona del caserío de Santa Rosa.

Para Castro (2022), en la tesis que titula “Modelación hidráulica e hidrológica del Río Huallaga a fin de reducir la vulnerabilidad ante inundaciones en la urbanización Huayopampa, Distrito de Amarilis, Huánuco”, para la obtención del grado de ingeniero civil. El investigador planteó los siguientes objetivos: Elaborar un modelo hidráulico e hidrológico aplicado en el río Huallaga con la finalidad de mitigar los efectos adversos de las inundaciones en la zona de Huayopampa, estimar los caudales críticos para variados periodos de retorno y con ello ejecutar una simulación de niveles de inundación, identificar los puntos críticos de desborde ejecutando un modelo HEC-RAS con tirantes críticos en el cauce del río Huallaga y plantear medidas de mitigación del riesgo a partir de planteamientos estructurales en la zona de Huayopampa. Con dichos objetivos el autor logró concluir lo siguiente: La investigación tuvo como base de datos las estaciones de Jacas Chico y Canchán en el periodo temporal de 1994 a 2018, de ambas estaciones se elaboró un análisis de doble masa para el cual se estimó que la estación más adecuada para la aplicación de los datos meteorológicos son los de la estación de Jacas Chico. Con la estación seleccionada se determinó que el modelo de distribución que mejor se ajusta es el de Log-Normal 3 Parámetros con un valor de variabilidad de 0.072 siendo el menor de todos los analizados. De la caracterización de intensidades y con el modelo de Dyck y Peschke, con lo cual se determinaron los valores de caudales de 157, 363, 467 y 839 m³/s para los periodos de retorno de 5, 50, 100 y 500 años

respectivamente. Para la caracterización hidráulica del cauce del río Huallaga en la zona de interés se estimaron los valores de rugosidad de 0.1 para la rugosidad en los márgenes del cauce y para la parte central del cauce un valor de 0.04. Con dicha información recolectada se estimaron del modelo hidráulico elaborado en el software HEC-RAS, en los perfiles 603 y 768 son los puntos críticos del modelo, para un periodo de retorno de 300 años el área de inundación fue de aproximadamente 31244 m² generado netamente por la morfología de la zona.

Para Jesús (2022), en la tesis que titula “Simulación hidráulica para la determinación de llanuras de inundación del río Chinobamba en el sector caserío de Vado, Churubamba, Huánuco” para la obtención del grado de ingeniero civil. En dicha investigación se plantearon los siguientes objetivos: La determinación a partir de la simulación hidráulica de la zona, las llanuras de inundación en el cauce del río Denominado Chinobamba, estimar el valor de la superficie que se genera en la llanura de inundación a los márgenes del río Chinobamba, calcular los valores de caudal crítico que presenta el río de interés, caracterizar los parámetros de cálculo que afectan directamente a la simulación hidráulica, ubicar las zonas crítica que son altamente afectadas por la generación de inundaciones anómalas en la zona y establecer medidas no estructurales con la cual se pueda disminuir los efectos adversos generados por las inundaciones en la zona de interés. Con ello el autor pudo concluir lo siguiente: Para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años las áreas de inundación determinadas son de 7.78, 7.88, 7.96, 8.03 y 8.21 ha para los periodos de retorno ya mencionados. Los valores de caudal máximo son de 15.73, 16.38, 16.90, 17.42 y 18.72 para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente. Las áreas más susceptibles a inundaciones se ubicaron a lo largo de ambas orillas del río Chinobamba, especialmente en la parte baja de su curso. En esta región es donde se han establecido comunidades urbanas y se llevan a cabo actividades agrícolas por parte de la población residente en la zona. Es posible crear puntos de alerta temprana con el propósito de advertir a la población con anticipación sobre posibles inundaciones. La realización de sesiones

informativas por parte de las entidades estatales desempeña un papel crucial en la prevención de desastres.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PARÁMETROS DE HIDROLOGÍA

Partiendo de la perspectiva de la ingeniería civil la concepción de la hidrología se basa en la determinación del caudal, dicho valor sirve como punto de partida para el cálculo del diseño de elementos hidráulicos que se ven directamente relacionados con su uso, aprovechamiento y control del agua. La aplicación de la hidrología en la ingeniería se ve directamente ligado en estos últimos años a los eventos de cambios climáticos presentados a nivel mundial como es el denominado “El Niño” este tipo de eventos generan que los valores de caudal se incrementen de manera considerable y a partir de ello se origina la necesidad de establecer estructuras hidráulicas para el control de los caudales anómalos que se presentan en temporadas de lluvias anómalas. (Gutiérrez, 2014)

Tabla 1

Investigación hidrológica para proyectos diversos

Finalidad	Precipitación	Evaporación	Infiltración	Caudales	Aguas subterráneas
Acción erosiva en los suelos	Duración e Intensidad	Porcentaje de hidratación del suelo	Capacidad de infiltración		
Control de incremento de caudales	Altitud de precipitación en tormenta		Porcentaje de infiltración	Frecuencia de caudales críticos Hidrograma Curvas IDF Caudales mínimos Valores críticos y promedios Hidrogramas de crecidas	Valores de infiltración entrante Infiltración de agua por canales Infiltración por presas
Navegación					
Aprovechamiento energético	Precipitación	Evaporación del área de drenaje y acopio			
Drenaje	Análisis IDF	Altitud de drenaje año	Porcentaje de infiltración por actual		Nivel freático

Riego	Variabilidad de precipitación mensual y anual	Valor crítico de evaporación, transpiración	Perdidas por infiltración	Periodos anuales húmedo y secos en bocatoma	Perdidas por efecto de la percolación, nivel de tabla de agua
Distribución de agua	Precipitación	Evaporación del área de drenaje y acopio		Periodos anuales húmedo y secos	Rendimiento o adecuado
Acopio de agua subterránea	Valores de precipitación al año en la zona de abastecimiento	Evaporación del área de drenaje y acopio	Infiltración por año, recarga	Infiltración que ingresa y sale	Acopio

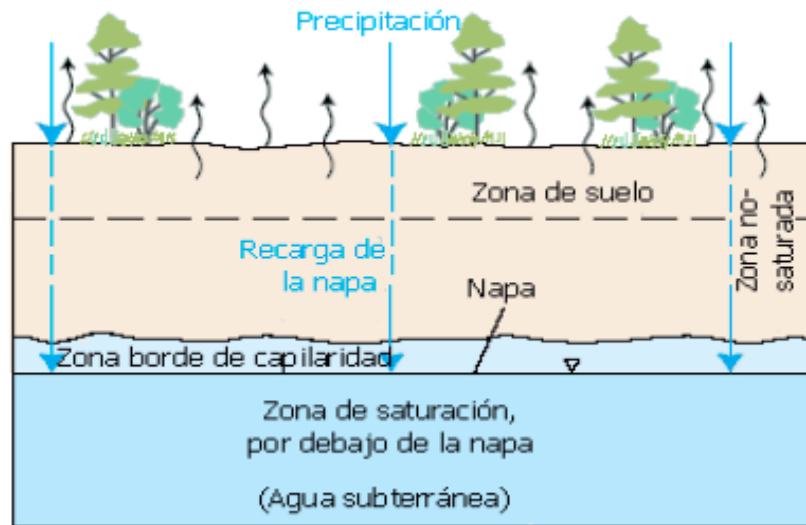
Nota. Tabla de relaciones entre tipos de problemas relacionados con los tipos de investigación. Monsalve, 1999.

2.2.2 CICLO HIDROLÓGICO

Se define a partir del traslado del agua desde la evaporación y en forma de precipitación y escorrentía tanto superficial como subterránea. Dicho ciclo se evidencia desde la evaporación de las aguas de los océanos, el agua que se evapora se transporta por el aire en movimiento y en específicas condiciones se forman nubes que en paralelo pueden generar algún tipo de precipitación. El volumen de agua evaporada regresa a nivel de suelo de 3 diferentes maneras: la primera regresa a los océanos, otra parte precipitada en el recorrido se volverá a evaporar sin llegar al suelo y la tercera parte llega a caer al suelo, de la porción que llega a caer al suelo parte se queda absorbida por la vegetación y no llega a tener contacto directo con la tierra ya que se vuelve a evaporar por los factores climáticos, otra parte se evapora directamente a la atmósfera y finalmente otra parte llega a infiltrarse en el suelo. El caso en que el volumen de precipitación supere a la tasa de evaporación e infiltración estos generan los charcos sobre los terrenos irregulares los cuales se conocen como almacenamientos en depresiones.

Figura 1

Ciclo hidrológico



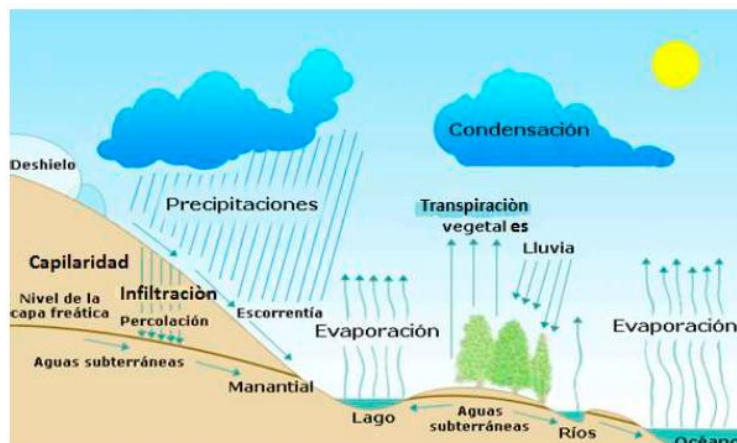
Nota. Esquema generalizado para un ciclo hidrológico. Gutiérrez, 2014.

De los conceptos de hidrología se puede identificar de manera las 5 fases que influyen en los estudios hidrológicos:

- Precipitación
- Evaporación y evapotranspiración
- Escorrentía superficial
- Escorrentía subsuperficial
- Escorrentía subterránea

Figura 2

Esquema de proceso hidrológico



Nota. Formación del ciclo hidrológico visto desde la generación de las lluvias. Gutiérrez, 2014.

Con todo lo presentado lo que es importante para el especialista en hidrología es la representación cuantitativa del ciclo y definir las cantidades de agua que se desplazan durante todo el proceso del ciclo hidrológico.

2.2.3 BALANCEO HIDROLÓGICO

Las cantidades de agua involucradas en uno o varios procesos del ciclo hidrológico generalmente pueden analizarse mediante la ecuación diferencial que se presenta a continuación:

$$I - Q = dS / dt$$

En la cual:

I = Aporte o afluente en unidad de tiempo

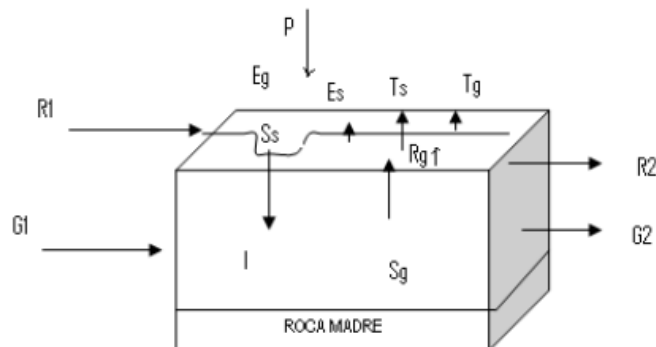
Q = Descarga o efluente en unidad de tiempo

dS/dt = Variación en almacenaje en unidad de tiempo

Con la ecuación se facilita el planteamiento del balance hidrológico a partir de variables como se presenta en la siguiente figura:

Figura 3

Proceso de ciclo hidrológico en una región



Nota. Cubo en representación de un ciclo hidrológico. Gutiérrez, 2014.

En la estimación del balance hidrológico en una cuenca con gran valor de área y en un periodo de tiempo considerable, el caudal promedio forma parte de la siguiente ecuación:

$$P - Q - ET = \Delta S$$

En el cual:

P = Lluvia total

Q = Caudal medio

ET = Evapotranspiración

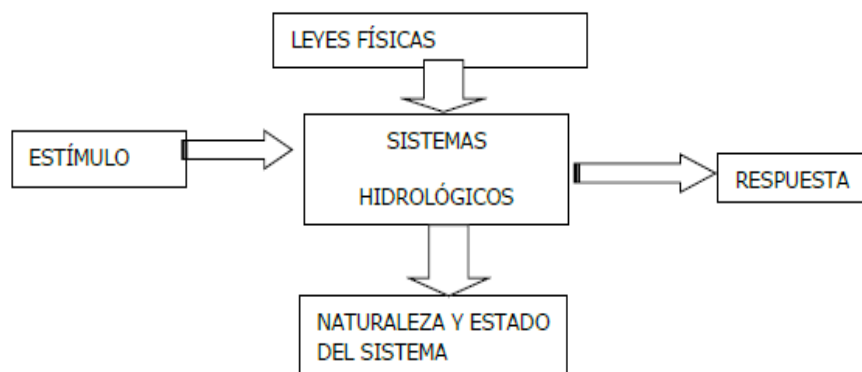
ΔS = Variación de almacenaje

2.2.4 SISTEMA HIDROLÓGICO

El sistema hidrológico puede ser simplificado en los conceptos de análisis según el siguiente diagrama:

Figura 4

Diagrama de SH



Nota. Topología de un sistema hidrológico generalizado. Gutiérrez, 2014.

El esquema fundamental con el que trabaja el denominado ciclo hidrológico es la cuenca u hoya hidrográfica, esta unidad es básicamente delimitada por la topografía de la zona, dentro de esta topografía cumple la característica de ser drenada por un punto en común para toda la superficie, otra característica que presenta es que todo el valor de escorrentía que se genera en la zona de interés está encerrado por una línea que se denomina como “divisoria”. (Gutiérrez, 2014)

En general una cuenca o cualquier subsistema hidrológico puede caracterizarse a partir de la ecuación del balance hidrológico que no es una cosa diferente a la ecuación de balance de masa cuya expresión se formula de la siguiente manera:

$$I = Q + \frac{dS}{dT}$$

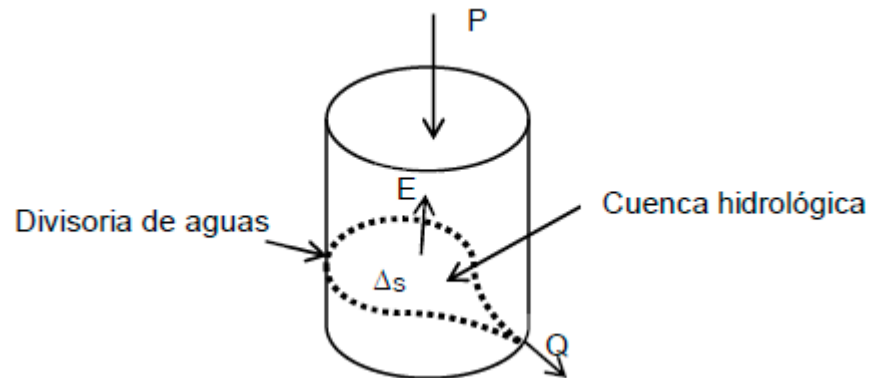
En la cual el factor “I” representa los ingresos de caudal en una unidad de tiempo, el factor “Q” son los valores de salida en una unidad de tiempo y el factor diferencial representa a la tasa de variación en el periodo de tiempo de análisis. (Gutiérrez, 2014)

El denominado ciclo hidrológico puede presentarse como un sistema en el cual los componentes son la precipitación (P), la evaporación E y el valor de escurrimiento (Q). En una cuenca el análisis puede ser

seccionado por componentes y al final ser adicionado al modelo completo que se está analizando. En la siguiente figura se presenta un esquema generalizado para la cuenca. (Gutiérrez, 2014)

Figura 5

Cuenca como sistema hidrológico



Nota. Representación de una cuenca desde la perspectiva de un sistema hidrológico simplificado. Monsalve, 1999.

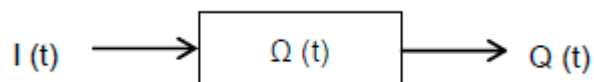
En el sistema se puede determinar que las entradas y salidas pueden ser expresadas en función al tiempo, quedando la expresión de la siguiente manera:

$$Q(t) = \Omega I(t)$$

O de la misma manera se puede representar al partir de la siguiente figura:

Figura 6

Entradas y salidas de SH



Nota. Esquema para la estimación de caudales. Gutiérrez, 2014.

2.2.5 MODELOS HIDROLÓGICOS

2.2.5.1 Modelos físicos

Dichos modelos se basan en la representación del sistema del sistema en escala reducida, tal como si fuesen un modelo hidráulico representado por el vertedero de excesos en una presa. (Chereque, 1989)

2.2.5.2 Modelo matemático

Este tipo de modelos representa al sistema hidrológico de manera abstracta, partiendo de la formulación de ecuaciones que se ajusten a las variables de ingreso y salida de caudales, dichas variables están generalmente en función al tiempo en que se analiza el evento. (Chereque, 1989)

2.2.5.3 Modelo determinístico

Este tipo de modelos analizan los fenómenos hidrológicos tomando en cuenta las relaciones exactas entre la causa y su respectivo efecto sin considerar los factores aleatorios que se presenten en el fenómeno. (Chereque, 1989)

2.2.5.4 Modelo probabilístico

Un modelo probabilístico se basa en las leyes del azar o probabilidad formulado a partir del análisis de la regresión – correlación, análisis estadístico de la información y aplicación del método estocástico. Este modelo se aplica en el método de Gumbel para el análisis de recurrencia de inundaciones. (Chereque, 1989)

2.2.6 CUENCA HIDROGRÁFICA

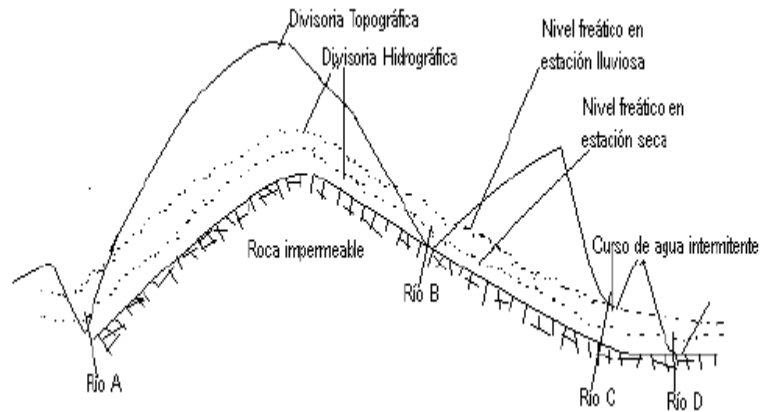
Una cuenca hidrográfica se define como la superficie topográfica que es drenada por un curso de agua o un sistema concentrado de cursos de agua, de tal forma que todo el caudal de salida es descargado en un punto de salida en común. (Monsalve, 1999)

2.2.6.1 Divisoria

La divisoria es la línea imaginaria que delimita a la cuenca generalmente estas encierran a los cursos de agua superficial que efluyen en un punto en común. Las divisorias pueden ser clasificadas como topográficas e hidrográficas, la primera se basa en la delimitación superficial de la cuenca mientras que la otra se fundamenta a partir de la existencia de aguas subterráneas en una cuenca subsuperficial. (Monsalve, 1999)

Figura 7

Tipos de divisoria



Nota. Sección de una cuenca en la parte de su divisoria. Gutiérrez, 2014.

2.2.6.2 Características físicas de la cuenca hidrográfica

Las características físicas de la cuenca son dependientes de la morfología, el tipo de suelo, las actividades de agricultura que se hagan dentro del área de interés. Dichas características presentan un alto grado de importancia en la caracterización del estudio hidrológico como la evaporación, infiltración, flujo superficial y otros. (Monsalve, 1999)

Área de drenaje: Proyección horizontal que se encuentra dentro de la divisoria topográfica. (Monsalve, 1999)

Perímetro de cuenca: Longitud total de la divisoria de las aguas desde el inicio del punto de la superficie hasta finalizar el recorrido de la cuenca. (Monsalve, 1999)

Forma de cuenca: La caracterización de la forma de una cuenca tiene una relevancia en la formación de los hidrogramas de descarga del río principal debido a la que para la estimación del tiempo de concentración esta influye de manera directa. (Monsalve, 1999)

Índice de compacidad: Se denomina también como el índice de Gravelius, se determina a partir de la división del perímetro de la cuenca con la longitud de la circunferencia con un área igual al de la cuenca. Con el índice de compacidad se puede determinar que mientras la cuenca sea más irregular el índice de compacidad será mayor, si el coeficiente tiene un valor a 1 presenta características circulares, así mismo será

más propensa a crecientes mientras sea más cercano a la unidad. (Monsalve, 1999)

Factor de forma: Se define a partir de la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud axial de la misma. Si el valor del factor de forma es menor la cuenca presenta características que la hacen propensas a las crecientes. (Monsalve, 1999)

2.2.6.3 Características topográficas

Según Monsalve (1999), se identificaron las siguientes características relevantes de la cuenca, dichos parámetros sirvieron como base para la caracterización completa de una cuenca determinada.

Altitud media: Se define con la siguiente expresión matemática:

$$H = \frac{\sum(A_i \times H_i)}{\sum A}$$

De la cual se sabe:

H_i = Altitud media entre dos curvas

A_i = Superficie de la cuenca entre dos curvas

A = Superficie total de la cuenca

Pendiente de la cuenca: Se obtienen los valores de pendiente al hallar el promedio de las pendientes entre 2 curvas, o con la siguiente expresión matemática:

$$S = \frac{\Delta H L_{cm}}{A}$$

De la cual se sabe:

S = Pendiente media de la cuenca

ΔH = Equidistancia entre curvas de nivel

L_{cm} = Longitud de las curvas de nivel

A = Área total de la cuenca

Tabla 2

Clasificación de pendientes

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

Nota. Identificación de pendientes de cuenca con su respectiva clasificación. Gutiérrez, 2014.

Pendiente media del río: Diferencia total de la elevación entre el río seccionado por las longitudes, también se le denomina pendiente media.

$$Ir = \frac{C_{max} - C_{min}}{Lr} * 1000$$

Del cual se sabe:

Ir = Pendiente media

Cmax = Cota máxima

Cmin = Cota mínima

Lr = Longitud del río

Alejamiento medio: Coeficiente que relaciona el curso de agua máximo con el valor del área de la cuenca, se define con la siguiente ecuación:

$$Am = L/A$$

Del cual se sabe:

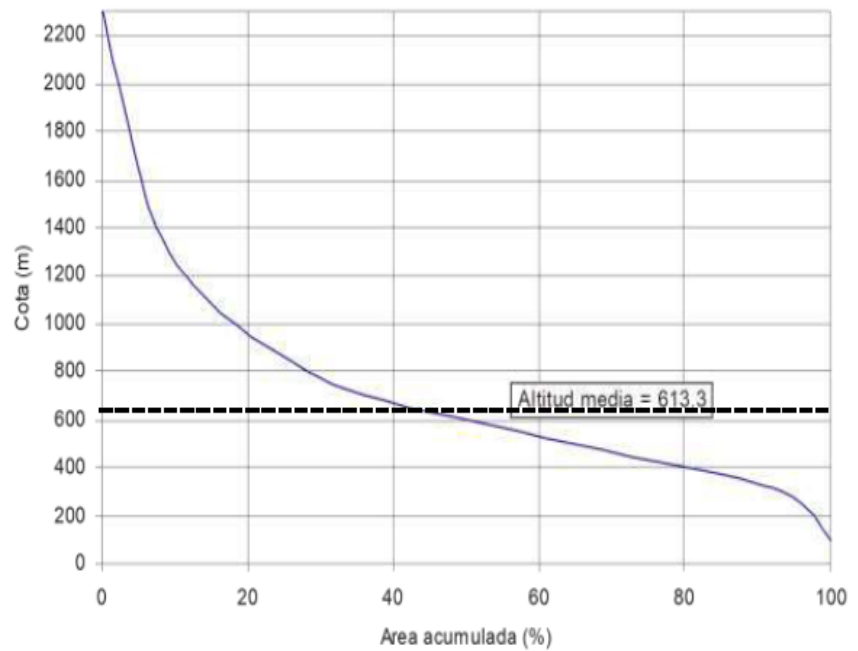
L = Longitud más largo del río

A = Superficie de la cuenca

Curva hipsométrica: Esta curva caracteriza a la superficie de la cuenca que se coloca por arriba de la cota de ella con ello de cierta forma se caracteriza al relieve de la cuenca.

Figura 8

Curva hipsométrica de la cuenca

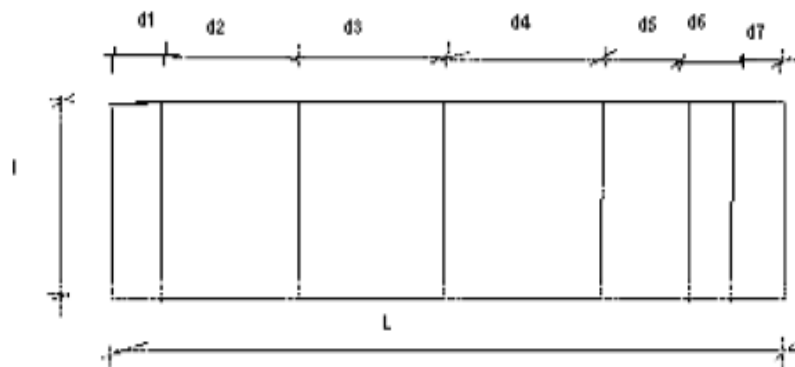


Nota. Identificación de la cuenca hipsométrica con la cual se evidencia el comportamiento de una cuenca. Gutiérrez, 2014.

Rectángulo equivalente: Con dicha característica se puede caracterizar de manera preliminar el comportamiento hidrológico de las cuencas, el fin de esto es convertir en líneas paralelas las curvas de nivel entre los lados menores, un rectángulo con un área que coincide con la superficie de la cuenca y el mismo perímetro.

Figura 9

Rectángulo equivalente



Nota. Idealización del rectángulo equivalente de una cuenca simulada.
Gutiérrez, 2014.

Radio de elongación: Se determina a partir de la siguiente expresión matemática:

$$R = \frac{D}{P}$$

Del cual se sabe:

D = Diámetro del círculo

P = Perímetro del círculo

2.2.6.4 Drenaje de una cuenca

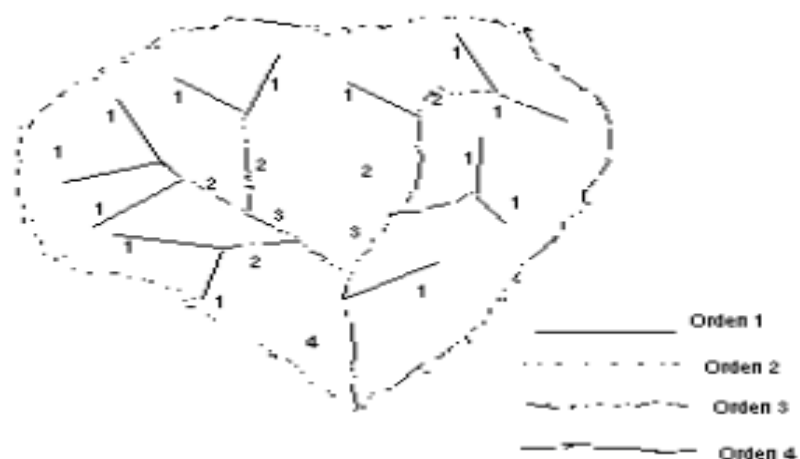
Estas características se analizan a partir de la caracterización de los ríos tributarios y su cauce principal.
(Monsalve, 1999)

Orden de las corrientes y relación de bifurcación: Los valores mínimos para la relación de bifurcación es 3 y los valores típicamente entre 2 a 2.8, la relación de bifurcación se estima con la siguiente expresión:

$$Rb = \frac{Ni}{Ni + 1}$$

Figura 10

Clasificación de orden de drenaje



Nota. Cuenca simulada en la cual se identifican el orden de los cauces que la conforman.
Monsalve, 1999.

Densidad de drenaje: El valor de la densidad va en 0.5 con un drenaje pobre y hasta 3.5 con cuencas excepcionalmente drenadas:

$$Dd = L/A$$

Del cual se sabe:

L = Longitud total de las corrientes de agua

A = Área de la cuenca

2.2.6.5 Tiempo de concentración

A esta definición también se le denomina tiempo de respuesta o de equilibrio, es el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya eficazmente a la generación del flujo de desagüe. Las siguientes fórmulas son aplicables para la determinación del tiempo de concentración:

Formula de Kirpich:

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

Fórmula Californiana:

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{J^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Fórmula Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{JL}} 34$$

Fórmula Ventura – Heras

$$T_c = \alpha \frac{A^{0.5}}{J}$$

Fórmula California Calvert Practice

$$T_c = \left(60 \left(\frac{11.9L^3}{H} \right) 38 \right)$$

2.2.7 PRECIPITACIÓN

Según Gutiérrez (2014), los eventos de precipitación se forman a partir de 4 condiciones, las cuales son:

- Movimiento que genere un enfriamiento del aire
- Factores que generen la condensación del aire

- Mecanismo que favorezca el incremento de volumen de las gotas de nube
- Factores climáticos que generen la acumulación de humedad la necesaria para ocasionar lluvias observables

2.2.7.1 Génesis de precipitaciones

Lluvias convectivas: Estas se originan al ascender el aire que fue calentado en el mismo lugar, dichas lluvias generalmente se originan en áreas con insolación y alto grado de humedad. (Gutiérrez, 2014)

Lluvias orográficas: Este tipo de lluvias se generan en zonas montañosas que son afectadas directamente por vientos húmedos. (Gutiérrez, 2014)

Lluvias frontales: Este tipo de lluvias agrupan a los que son generados por los frentes fríos, calientes y ocluidos. Generalmente se originan cuando dos cuerpos de aire con diferentes características físicas de movimiento se encuentran y al haber variaciones en las características se generan las lluvias. (Gutiérrez, 2014)

Figura 11

Tipos de Lluvias



Nota. Formación de precipitaciones. Gutiérrez, 2014.

2.2.7.2 Tratamiento de datos faltantes

Según Chereque (1989), para la caracterización de la lluvia en un punto en específico es necesario la aplicación de métodos para completar la serie de datos de las estaciones cercanas que se encuentren a la zona de interés, se sabe que la lluvia es el parámetro más aplicado en las investigaciones

hidrológicas y estas a su vez se registran con series continuas, si se evidencia la falta de datos es necesario aplicar alguno de los siguientes métodos:

Promedio aritmético: Se basa en la suposición de que el valor faltante de la estación X puede ser estimado a partir del promedio de los valores de estaciones cercanas, siempre y cuando la diferencia no sea mayor a un 10% entre ellas.

Proporción normal: Se aplica a partir del valor ponderado de las estaciones de análisis en proporción al valor normal de años de lluvia. Se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right]$$

Del cual se sabe:

P_x = Valor de precipitación faltante

N_A , N_B , N_C = Precipitación anual normal de estaciones

P_A , P_B , P_C = Precipitación de las estaciones en el periodo faltante

N_x = Precipitación anual normal de la estación

El método puede ser aplicado con más de 3 estaciones cercanas como mínimo.

2.2.7.3 Correlación y regresión

Para los parámetros hidrológicos que se ven analizados en las investigaciones generalmente se puede determinar una relación entre los parámetros analizados. Con ello también se puede plantear el relleno de datos faltantes para una determinada estación a partir de los valores recolectados de otra cercana, con dicha información se pueden facilitar las determinaciones de los pronósticos de lluvias y caudal, así como el nivel de tirante del río. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Regresión lineal simple: Analiza los cambios de variables no aleatorias y sus efectos en variables aleatorias dado el caso en que se puedan representar en una expresión lineal o

dicho de otra forma con la gráfica de una recta. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Estimación de correlación de Pearson: Se define a partir de la siguiente expresión matemática:

$$r = b \frac{Sx}{Sy}$$

De la cual se sabe:

b = Término independiente

Sx = Desviación estándar de la variable x

Sy = Desviación estándar de la variable y

Tabla 3

Clasificación del valor del coeficiente de correlación

Rango de r	Grado de correlación de Chaddock	Rango de r	Bondad de pronóstico de Appoliov
< 0.3	Muy bajo	-	-
0.3 - 0.5	Bajo	-	-
0.5 - 0.7	Medio	< 0.6	Insuficiente
0.7 - 0.9	Bueno	> 0.6	Bajo
0.9 - 1.0	Muy bueno	> 0.8	Suficiente
r=1	Funcional	> 0.9	Buena

Nota. Valores de aceptación en las pruebas de distribución. Gutiérrez, 2014.

En general para la estimación de información hidrológica de relleno es adecuado usar tanto las correlaciones simples como las múltiples, si el valor de correlación va desde $0.7 < r < 1.0$, dichos valores estimados serán bien ajustados para la serie de datos tomados en cuenta. (Gutiérrez, 2014)

Consideraciones para el uso de modelos de regresión:

La aplicación de modelos de regresión solo se deben dar si se cumplen los siguientes requisitos:

- La selección del modelo será la que mejor se asocie con los valores recolectados.

- Cada valor X podrá generar un grupo de valores de Y siempre y cuando se forme una distribución normal.
- De la cuantificación del error, estos deben promediar un valor de 0 con una distribución normal e independiente.
- Se identifique que en la serie exista homogeneidad en la varianza, o dicho de otra manera que los valores de Y para cada valor de X presente el mismo valor de varianza.
- La información tomada debe ser aleatoria.
- Los valores de X deben ser fijos y recolectados sin error.

Regresión lineal múltiple: Para la estimación lineal múltiple de una cantidad “n” de variables se aplica el método de los mínimos cuadrados. (Gutiérrez, 2014)

Estimación del coeficiente de correlación r: Se estima a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$r = \left[\frac{(bSx1y + cSx2y)}{Sy^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Para la aplicación en la hidrología no es justificable aceptar el modelo de regresión múltiple con más de 4 variables independientes, por practicidad se suele tomar como máximo 2. (Gutiérrez, 2014)

Regresión no lineal: Si al elaborar la gráfica de relación entre 2 variables se puede evidenciar que el comportamiento que tiene no es lineal entonces se tiene que analizar la posibilidad de tener una función parabólica, logarítmica u otras. (Gutiérrez, 2014)

2.2.7.4 Análisis de consistencia de registros pluviográficos

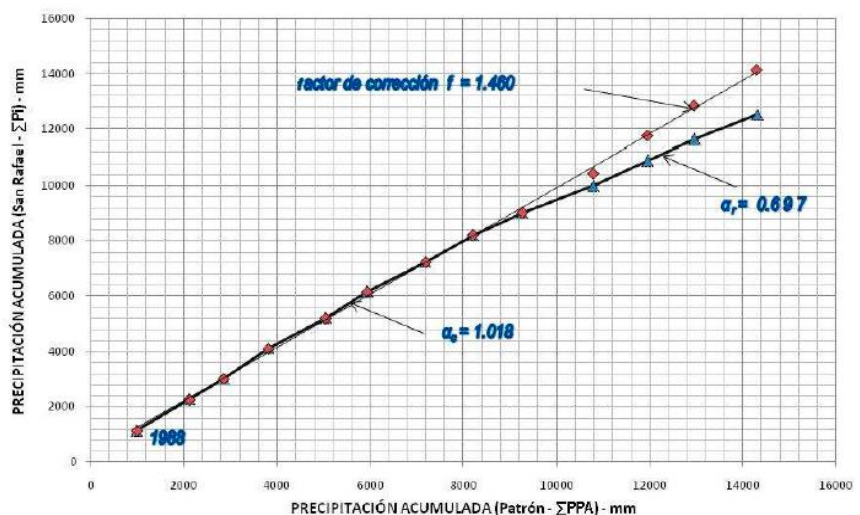
Generalmente la primera pregunta que nace de un análisis hidrológico es la necesidad de determinar si los valores con el cual se están trabajando son valores consistentes o

inconsistentes y con ello identificar el nivel de heterogeneidad que presenta la serie de datos de lluvia seleccionados para la aplicación de la investigación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Análisis de doble masa: Una de las formas visuales aplicables a una serie de precipitaciones es la de la aplicación de las acumulaciones con lo cual se valora una función en comparación con otra. La metodología es válida para su aplicación solo con valores de régimen pluviométrico semejante. Para aplicar esta metodología se debe graficar los valores de precipitación de manera acumulada de la estación que se pretende analizar su consistencia y compararla con los valores de la media acumulada de lluvia de estaciones que se aseveren que son datos consistentes a esto se le denomina patrón de precipitaciones. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Figura 12

Análisis de doble masa



Nota. Verificación de valores por la metodología de la doble masa. Gutiérrez, 2014.

2.2.7.5 Fajas pluviográfica

Los valores de precipitación en un punto determinado se realizan a partir de un proceso estocástico analizado a partir de

la periodicidad e intensidad variable (Monsalve, 1999), para un análisis de precipitación se tiene que considerar los siguiente:

- Duración de Lluvia
- Intensidad promedio de la lluvia
- Volumen de precipitación
- Periodo temporal entre lluvias sucesivas

La estimación de la precipitación en un punto determinado se puede dar a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$P = I \times t$$

De la cual se sabe:

P = Precipitación

I = Intensidad

t = Duración de intensidad

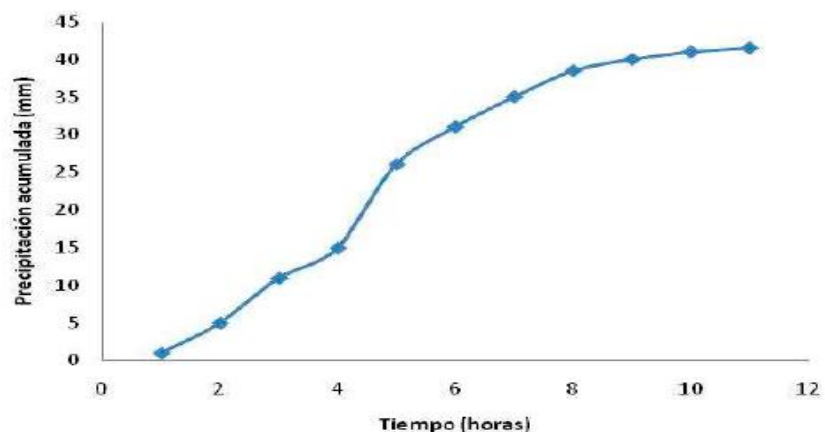
Siendo estos variables dependientes ya que a mayor intensidad la duración es menor y viceversa. (Monsalve, 1999)

2.2.7.6 Curvas de masa

Este tipo de gráficas evidencian la distribución de la lluvia en el periodo de tiempo determinado, representa la distribución temporal de la lluvia suscitada para cada una de las estaciones que se señalen. (Gutiérrez, 2014)

Figura 13

Curva de masa de estación pluviométrica



Nota. Representación de una cura masa de una estación mal calibrada.

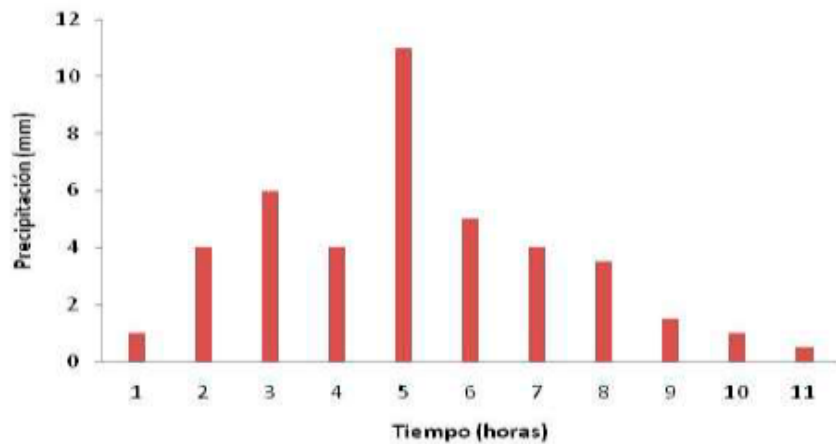
Gutiérrez, 2014.

2.2.7.7 Hietograma

Según Gutiérrez (2014), esta gráfica representa la distribución de la precipitación en tiempo a partir de intervalos, esta gráfica generalmente se presenta en formato de barras como se muestra a continuación:

Figura 14

Hietograma del río Napo



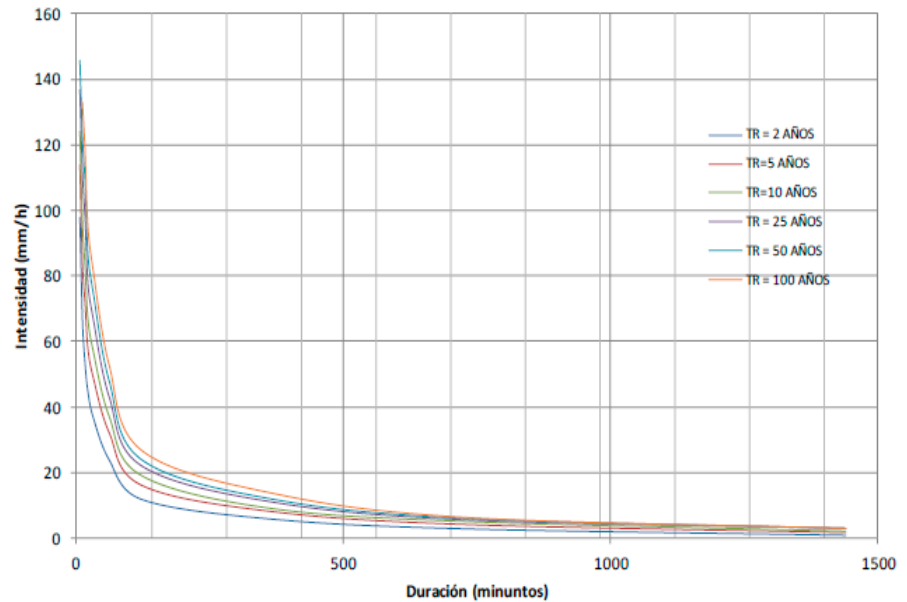
Nota. Valores de precipitación para un determinado tiempo en el río Napo. Gutiérrez, 2014.

2.2.7.8 Lluvias intensas

Para el planteamiento de medidas estructurales de control hidrológico e hidráulico es necesario elaborar un análisis de eventos de lluvias los cual deben realizarse a partir de la confiabilidad de los registros. Los valores de lluvia anual varían de acuerdo con el tiempo en que se hagan los registros de información. El análisis de las lluvias puntuales debe también incluir los valores altitudinales de precipitación duración y la frecuencia con la que ocurran dichos eventos, esta información se logra determinar a partir de una curva de Intensidad – Duración – Frecuencia (I-D-F). La información que se coloque en la curva IDF puede ser los valores observados al año, o por los n valores mayores observados en el periodo de información en años del periodo que se tuvo en consideración. (Gutiérrez, 2014)

Figura 15

Curvas IDF de la estación Izobamba



Nota. Elaboración de una curva de intensidad, duración y frecuencia.

Gutiérrez, 2014.

La intensidad se puede generalizar a partir de la siguiente expresión matemática:

$$I = \frac{aT^c}{(D + b)^d}$$

Del cual se sabe:

a y c = Parámetros regionales determinados

b = Se encuentra por aproximaciones sucesivas

d = Exponente que se obtiene de forma gráfica

K = Coeficiente que se presenta en función de T y se expresa como $K = aT^c$

2.2.7.9 Distribución de precipitaciones

Para Chereque (1989), si se quiere ejecutar un análisis de distribución de precipitaciones se pueden determinar a partir de la identificación de la red pluviométrica cercana y a partir de ello

identificar los valores interpolados, dicha interpolación se puede determinar de la siguiente forma:

Método de la media aritmética: Este método es el más simple en la estimación de valores de precipitación debido a la facilidad con que se aplica la siguiente expresión matemática:

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

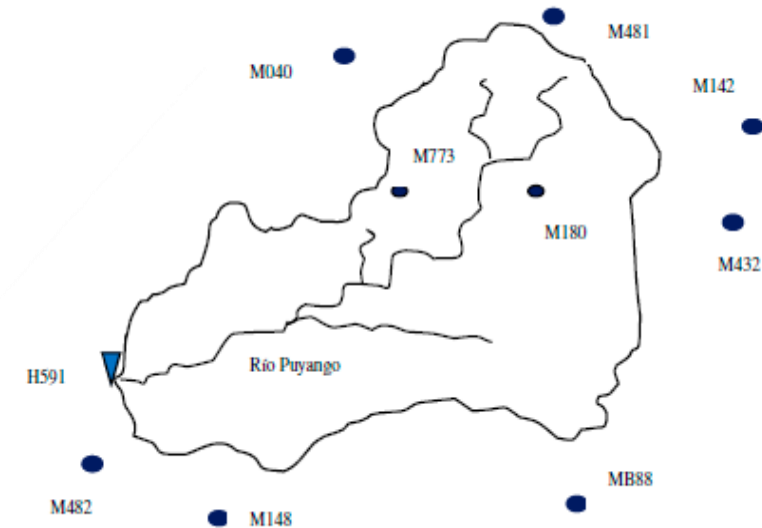
Del cual se sabe:

P_i = Precipitación media

n = Número de pluviómetros de la red pluviográfica

Figura 16

Generalización del método aritmético



Nota. Identificación de las estaciones pluviométricas para el método aritmético. Gutiérrez, 2014.

Media aritmética en función de la altitud: Para este método se ingresan los valores de orientación relativa y altitud de terreno, el método se puede expresar de la siguiente manera:

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

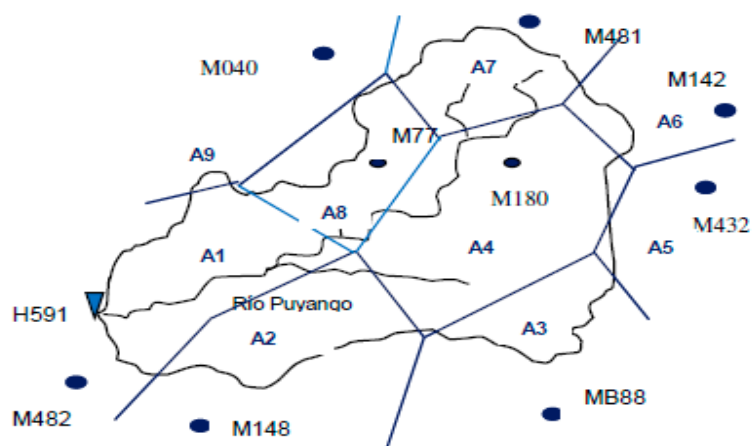
Siendo:

A = Área de la cuenca de análisis

Método de Thiessen: Este método se aplica a partir de la poligonación de la superficie de la cuenca, dicha división se genera a partir de la ubicación de los pluviómetros. (Chereque, 1989)

Figura 17

Polígonos de Thiessen

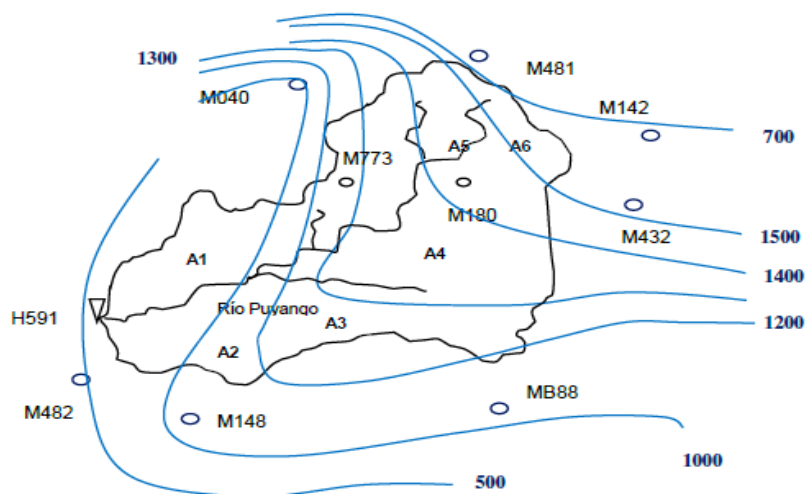


Nota. Polígonos formados para la determinación de precipitaciones promedios. Gutiérrez, 2014.

Método de Isoyetas: Se trazan las isoyetas simulando a números de curva partiendo de los valores registrados en los pluviómetros de investigación. (Chereque, 1989)

Figura 18

Isoyetas



Nota. Curvas de isoyetas con precipitaciones similares. Gutiérrez, 2014.

2.2.8 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES

Tabla 4

Distribución de probabilidad aplicado en la hidrología

DISTRIBUCIÓN	FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD	RANGO	ECUACIONES DE LOS PARÁMETROS EN TÉRMINOS DE LOS MOMENTOS DE LA MUESTRA
NORMAL	$f(x) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}, \sigma = s$
LOG-NORMAL	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln y - \bar{y})^2}{2\sigma_y^2}\right)$	$x > 0$	$\mu y = \bar{y}, \sigma_y = s_y$
GAMMA	$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{\beta-1} e^{-\lambda x}}{\gamma(\beta)}$	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{\bar{x}}{s_x^2}$
PEARSON TIPO III	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x-\epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\gamma(\beta)}$	$x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}}; \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$ $\epsilon = \bar{x} - s_x \sqrt{\beta}$
LOG PEARSON TIPO III	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y-\epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{xy(\beta)}$ Donde $y = \log x$	$\log x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_y}{\sqrt{\beta}}; \beta = \left(\frac{2}{C_s(y)}\right)^2$ $\epsilon = \bar{y} - s_y \sqrt{\beta}$
VALOR EXTREMO TIPO I	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right) - \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha$
GUMBEL	$f(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right]$	$\mu\alpha$	
EXPONENCIAL	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$

Nota. En la tabla se presentan las fórmulas aplicables para la determinación del ajuste de una serie. Gutiérrez, 2014.

2.2.9 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

2.2.9.1 Métodos empíricos

Fundamentado en la aplicación de fórmulas empíricas las cuales se relaciona con el caudal estimado a partir de los valores de superficie de la cuenca, este método simplifica los procesos de estimación. (Chereque, 1989)

2.2.9.2 Métodos hidrometeorológicos

Con esta aplicación se simula el proceso de precipitación-escorrimento con lo cual los modelos por el mismo hecho de la simulación se vuelven complejo en su proceso de

determinación. Para la aplicación de dicho modelo es muy necesario tener la información pluviométrica. (Chereque, 1989)

2.2.9.3 Métodos estadísticos

Se basa en el tratamiento de datos locales y valores regionales existentes, La aplicación de estos métodos se basa en la aplicación de los caudales máximos. (Chereque, 1989)

2.2.10 ESTRUCTURAS DE ENCAUZAMIENTO

2.2.10.1 Encauzamiento con gaviones

En las obras de protección contra las acciones de la naturaleza, muchas veces son construidas con poco conocimiento de la constitución del terreno obteniendo resultados poco satisfactorios. Uno de los principales métodos de solución son los gaviones. Los gaviones son elementos modulares con formas variadas, confeccionadas a partir de redes metálicas en malla, que son llenados con piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos. Estos forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. El montaje y el llenado de estos elementos puede realizarse de forma manual o con equipos mecánicos comunes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Figura 19

Muro gavión



Nota. Edificación de muro colchón reno para contención de ríos. Gutiérrez, 2014.

2.2.10.2 Encauzamiento con mampostería de piedra

En su esencia, el encauzamiento busca mantener la estabilidad hidráulica al resistir las fuerzas generadas por el flujo de agua. La disposición cuidadosa de las piedras juega un papel crucial al minimizar la erosión y el socavamiento. Además, actúa como barrera eficaz contra la erosión, protegiendo el suelo circundante y preservando la integridad de la infraestructura. La disposición estratégica de las piedras también contribuye al control del flujo, facilitando una gestión más efectiva de los recursos hídricos. (Aponte, 2023)

El diseño del encauzamiento considera la geometría del canal, incluyendo pendiente, ancho y profundidad, para optimizar la eficacia de la mampostería de piedra. La elección cuidadosa de piedras, teniendo en cuenta factores como resistencia y tamaño, es esencial para asegurar una construcción robusta y duradera. (Aponte, 2023)

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Aforo: “Medida del caudal (de un río, manantial, etc)” (Cabrera, 2010)

Avenida: “Incremento rápido y temporal del caudal de un río o arroyo.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

Caudal: “Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Creciente: “Aumento gradual del nivel de agua en un río, arroyo u otra corriente de agua. Esta elevación en el nivel del agua generalmente ocurre como resultado de factores como lluvias intensas, deshielo, o eventos climáticos que contribuyen al aumento del caudal del agua en un curso fluvial.” (Cabrera, 2010)

Desbordamiento: “Flujo o movimiento de agua que excede los límites normales de su cauce o contenedor, resultando en que el agua se derrame o salga de manera no controlada. Este fenómeno ocurre cuando la cantidad de agua que ingresa a un área excede la capacidad de los canales, ríos,

embalses, u otros cuerpos de agua para contenerla dentro de sus límites normales.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

Dique: “Estructura construida para retener, contener o regular el flujo de agua. Los diques son comúnmente utilizados para prevenir inundaciones, controlar caudales de ríos o para la creación de embalses y reservorios. Estos pueden ser contruidos con diversos materiales, como tierra, rocas, concreto o combinaciones de estos.” (Cabrera, 2010)

Encauzamiento: “Acción de dar forma y dirigir el curso natural de un cuerpo de agua, como un río o arroyo, mediante la construcción de estructuras o canales. El propósito principal del encauzamiento es controlar y regular el flujo del agua, evitando desbordamientos no deseados y proporcionando beneficios como la prevención de inundaciones, la protección de tierras adyacentes y la gestión eficiente de los recursos hídricos.” (Cabrera, 2010)

Estiaje: “La sequía o el estiaje es un rasgo recurrente del clima que se caracteriza por la escasez temporal de agua.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Erosión: “Proceso físico – químico de interperismo mediante la descomposición de las rocas por el clima y el desgaste causado por el viento, la lluvia y la escorrentía pluvial que remueven y transportan las partículas de suelo y rocas.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

Espigón: “Es una estructura alargada, por lo general construida en la costa o en el lecho de un río, para reducir la erosión y controlar el flujo del agua. Los espigones son construcciones diseñadas para influir en la distribución de sedimentos y minimizar la erosión costera al interrumpir el movimiento natural del agua.” (Cabrera, 2010)

Hidrología: “Ciencia que estudia las condiciones de los cuerpos de agua y la interrelación entre los elementos del ciclo hidrológico, incluyendo las aguas superficiales y subterráneas, su ocurrencia, movimiento, calidad y disponibilidad.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

Infiltración: “Se refiere al proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo o en otro material poroso en la superficie de la tierra. Cuando llueve o

se aplica agua en la superficie, parte de esa agua puede ser absorbida por el suelo, filtrándose hacia capas más profundas. Este proceso es esencial para la recarga de acuíferos, la alimentación de manantiales y la disponibilidad de agua para las plantas.” (Cabrera, 2010)

Inundación: “Desbordamiento del agua fuera de los confines del cauce legal de un cuerpo de agua o inundación por agua.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

Mitigación: “Se refiere a las acciones o estrategias diseñadas para reducir, minimizar o prevenir los impactos adversos de un fenómeno o problema específico. Este término se utiliza comúnmente en contextos relacionados con el medio ambiente, la gestión de riesgos y la planificación urbana.” (Cabrera, 2010)

Riesgo: “Probabilidad o proximidad de una ocurrencia de un evento que provoque un daño o peligro.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Sedimentación: “Proceso geológico por medio del cual materiales transportados por el viento o el agua se depositan sobre el fondo de un cuerpo de agua.” (Instituto Nacional de Hidrología , 2018)

2.4 HIPÓTESIS

Una estructura de encauzamiento con dimensiones óptimas mitigará los efectos de las inundaciones protegiendo áreas habitadas e infraestructuras críticas.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Efectos de inundaciones

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Estructura de encauzamiento

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 5

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS O TÉCNICAS
V. Independiente Estructura de encauzamiento	Conjunto de elementos físicos y constructivos diseñados e implementados para dirigir, controlar y regular el flujo de un cuerpo de agua, como un río. Esta estructura busca prevenir o mitigar los impactos negativos de eventos como inundaciones, ayudando a mantener el agua dentro de límites específicos y protegiendo áreas adyacentes.	Componentes como diques, espigones, muros, canales y otras infraestructuras diseñadas para gestionar el curso del agua de manera eficaz. La dimensión de estas estructuras, incluyendo longitud, altura y anchura, es crítica para su capacidad de controlar el flujo hídrico y minimizar los riesgos asociados con inundaciones.	Espigones	Longitud efectiva	m	Ficha de diseño
				Altura de tirante	m	Ficha de diseño
				Ancho de base	m	Ficha de diseño
						Ficha de diseño
		Diques	Dimensión de sección	Longitud efectiva	m	Ficha de diseño
				Altura de tirante	m	Ficha de diseño
				Ancho de base	m	Ficha de diseño
				Socavación	m2	Ficha de Velocidad
				Longitud crítica	m	Ficha de diseño
				Valor de tirante hidráulico	m	Ficha de Velocidad

		Anchura	Socavación de cauce	m2	Ficha de diseño
		Estructura	Peligro Riesgo Vulnerabilidad	Adim.	Ficha de caracterización
	Las consecuencias y Se evaluarán los daños repercusiones derivadas de materiales mediante la eventos de inundación en un cuantificación de la área determinada. Incluye la extensión y magnitud de evaluación de daños la depreciación o materiales, pérdidas destrucción de	Población	Peligro Riesgo Vulnerabilidad	Adim.	Ficha de caracterización
V. Dependiente	Efectos de económicas, impactos en la estructuras y bienes. Las inundaciones agricultura, riesgos para la pérdidas económicas se salud pública, desplazamiento expresarán en términos de población, interrupción de monetarios, considerando servicios básicos, impacto daños materiales, ambiental y la vulnerabilidad pérdidas comerciales y de la comunidad. costos de recuperación.		Peligro		
		Servicios básicos	Riesgo	Adim.	Ficha de caracterización
			Vulnerabilidad		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Una investigación con orientación cuantitativa se caracteriza por involucrar elementos que se prestan a la aplicación de métodos estadísticos y a la medición de fenómenos de interés. (Hernández, 2014)

Con ello y a partir de la caracterización de las lluvias y caudales la investigación se caracterizó por presentar un enfoque **cuantitativo**.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Según la definición, un alcance correlacional se fundamenta en la revisión bibliográfica y en la formulación de objetivos, estableciendo una conexión entre variables y conceptos que facilitarán la capacidad de realizar predicciones. (Hernández, 2014)

A partir de la relación que existe entre el diseño de encauzamiento y los efectos frente a inundaciones, la investigación presentó un alcance **correlacional**.

3.1.3 DISEÑO

Según la definición, una investigación con un diseño no experimental examina las variaciones que ocurren a lo largo de un periodo específico mediante el análisis de patrones y evolución de diseños. (Hernández, 2014)

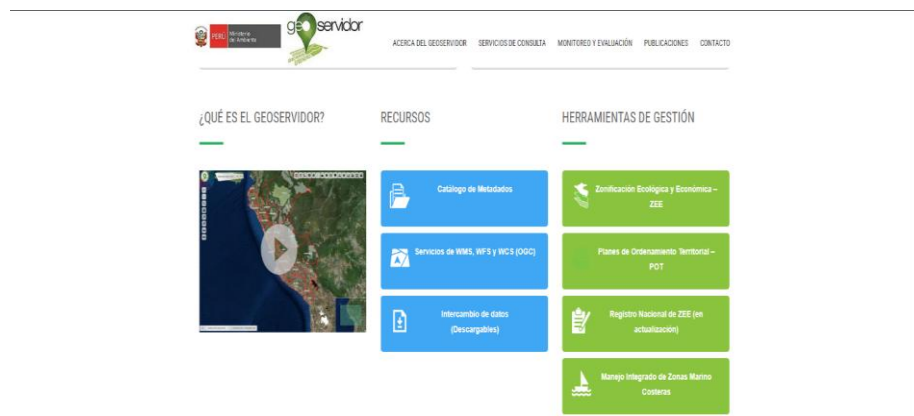
Debido a que en la investigación no se manipularán valores a conveniencia, esta investigación presentó un diseño **no experimental**.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Una población hace referencia al conjunto integral de personas, objetos, eventos o fenómenos que comparten atributos o características específicas pertinentes para la investigación en consideración. (Hernández, 2014)

Para la investigación se consideró como población el cauce del río Cozo en su tramo completo en el distrito de Yarumayo.



La información cartográfica para la zona de interés se obtuvo de los servidores Ministerio del Ambiente del Perú, con dicha información se pudo elaborar un modelo GIS completo para la cuenca del río Cozo.

3.3.1.2 Instrumentos

Tabla 6

Ficha pluviométrica

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN HUÁNUCO

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÁ	LOG(MÁ	PROM
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	XIM	XIMO)	EDIO
	N	E	A	B	A	U	U	G	E	C	O	C	O		
	E	B	R	R	Y	N	L	O	T		V				
1980															
1981															
MÁXIMO															
LOG(MÁ															
XIMO)															
PROM															
EDIO															

El registro de precipitaciones obtenidos del SENAMHI se reorganizó de acuerdo con el periodo de análisis en común para cada estación, los valores fueron rellenados con las precipitaciones máximas en 24 hrs para cada mes.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

3.3.2.1 Técnicas

Figura 22

Modelo GIS

MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	=
MÉTODO DE BLENCH Y ALTUNIN	=
MÉTODO DE MANNING Y STRICKLER	=
SECCIÓN TEÓRICA DEL CAUCE	
ANCHO SELECCIONADO	=
TALUD	=
BORDE LIBRE	=
RUGOSIDAD	=
TIRANTE	=
ANCHO	=
ÁREA	=
PERÍMETRO	=
VELOCIDAD	=
N° DE FROUDE	=
DISEÑO PRELIMINAR	
ANCHO DE CORONA	=
ALTURA DE DIQUE	=
ALTURA DE ENROCADO	=
ALTURA DE UÑA	=
ANCHO DE UÑA	=
ALTURA TOTAL	=
DETERMINACIÓN DE UÑA	
MÉTODO DE MANYARD (ANCHO SUPERIOR DE PROTECCIÓN)	=
MÉTODO DE ISBASH (ANCHO SUPERIOR DE PROTECCIÓN)	=

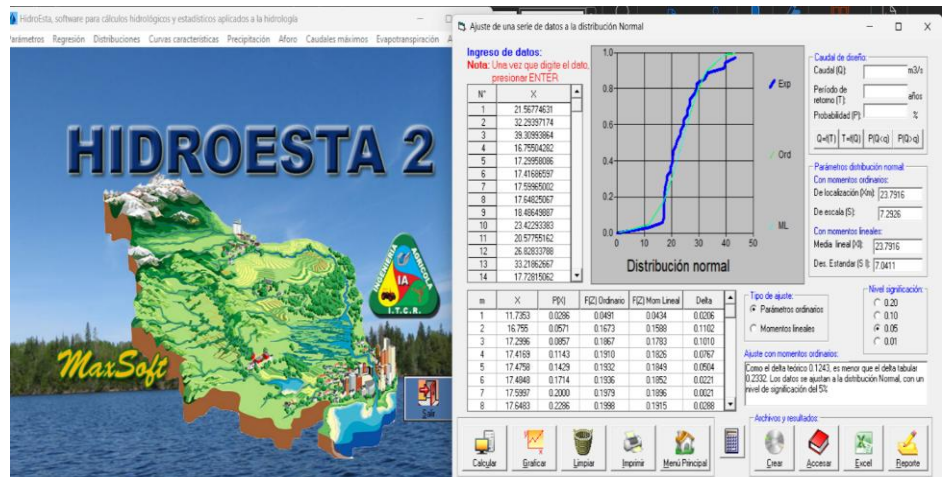
Para el diseño del dique de protección en el cauce del río Cozo se identificaron los parámetros de diseño para el dimensionamiento adecuado de la estructura, dichos valores fueron presentados en la tabla anterior.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.3.3.1 Técnicas

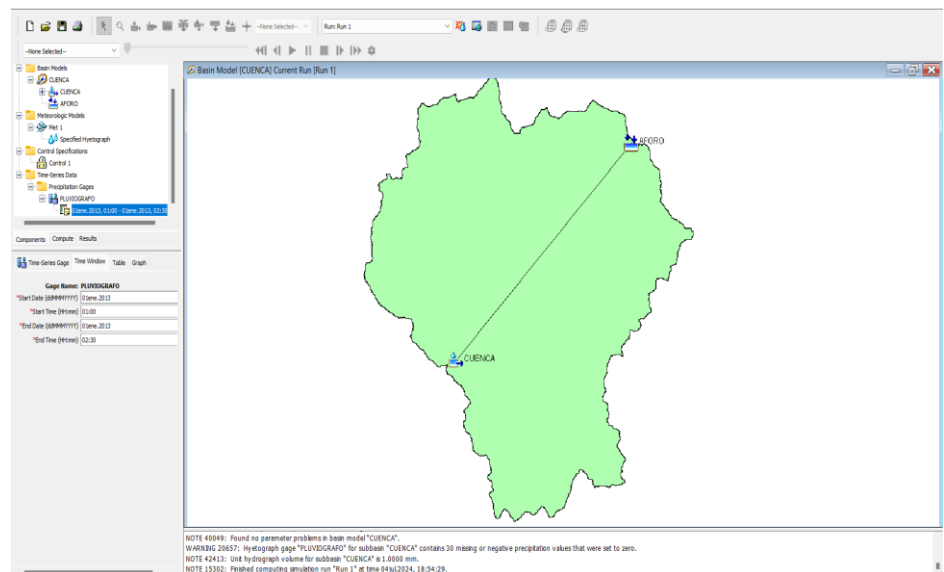
Figura 23

Modelo Hidroesta 2



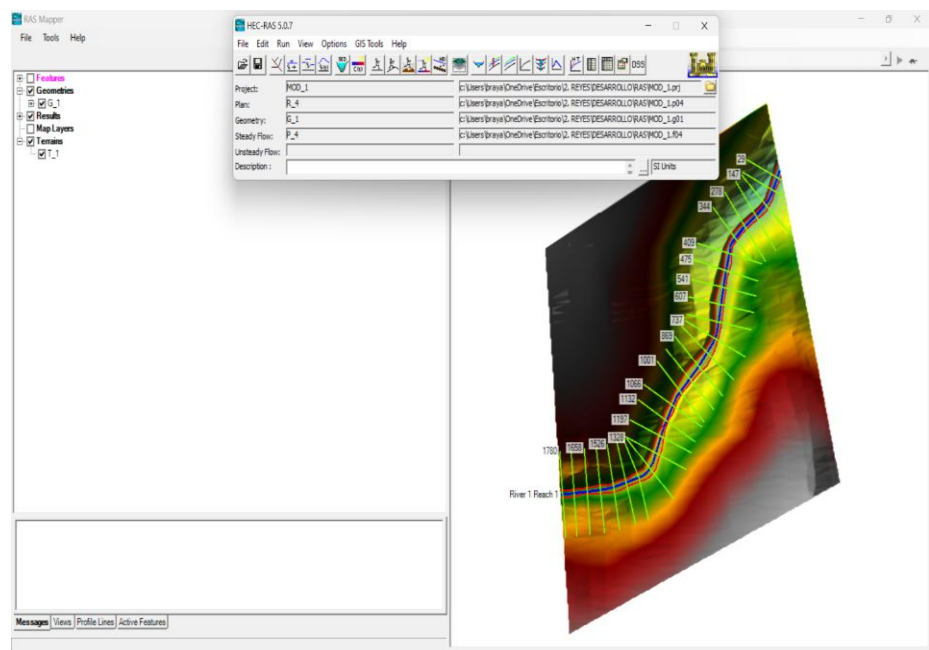
Con la determinación de los valores de precipitación para la cuenca del río Cozo se realizaron los ajustes de distribución con la finalidad de determinar cuál es la distribución que mejor se ajuste a los datos identificados.

Figura 24
Modelo Hec-HMS



Los valores del hietograma de precipitación fueron ingresados al software Hec-HMS en dicho software se establecieron los parámetros para la estimación de caudales mediante la metodología del número de curva.

Figura 25
Modelo Hec-RAS



Con el modelo topográfico del área de interés y los parámetros del cauce se pudo elaborar un modelo de inundación bidimensional en el software Hec-RAS.

3.3.3.2 Instrumentos

Tabla 9
Ficha de caudales

CAUDAL CRÍTICO	
AÑOS	CAUDAL
10	
25	
50	
100	
500	

Del modelo Hec-HMS y con los valores del hietograma de diseño se pudo determinar los valores de caudal para diferentes periodos de retorno de acuerdo con las intensidades calculadas.

Tabla 10
Ficha de tirantes

TIRANTES CRÍTICOS	
AÑOS	TIRANTE

10
25
50
100
500

Con el modelo Hec-RAS con el ingreso del modelo topográfico de la zona de interés y con los valores de caudal para los diferentes periodos de retorno se lograron determinar los valores de tirante crítico para el cauce del río Cozo.

CAPÍTULO IV

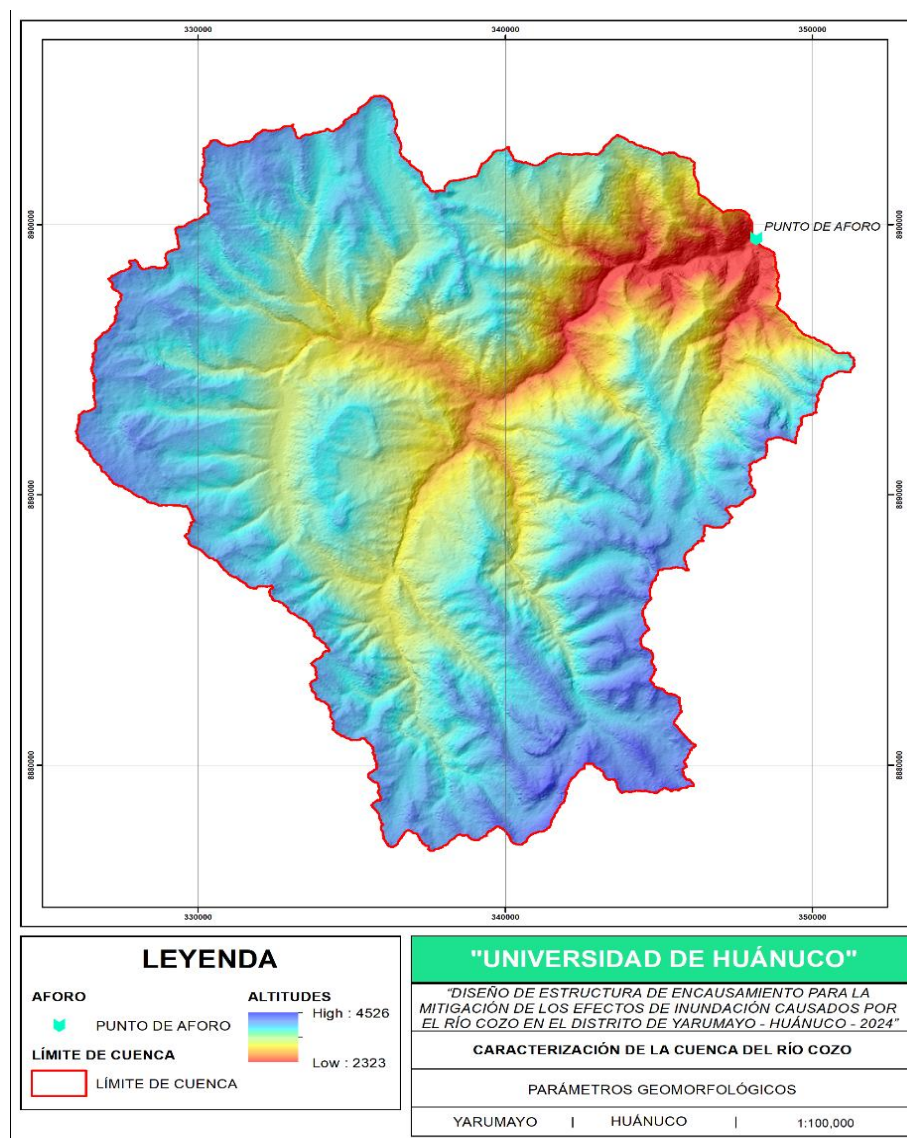
RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la identificación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca inicialmente se elaboró la caracterización de la cuenca que se genera a partir de los cauces de río Cozo.

Figura 26

Mapa de delimitación de cuenca



Nota. Para la identificación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Cozo se elaboró un modelo GIS partiendo del modelo digital de elevación, del cual se pudo identificar de manera visual los cauces relativos que se puedan formar de acuerdo a la topografía identificada, adicionalmente

a ello se determinó que la altura mínima es de 2323 msnm y la altura máxima es de 4526 msnm.

Tabla 11

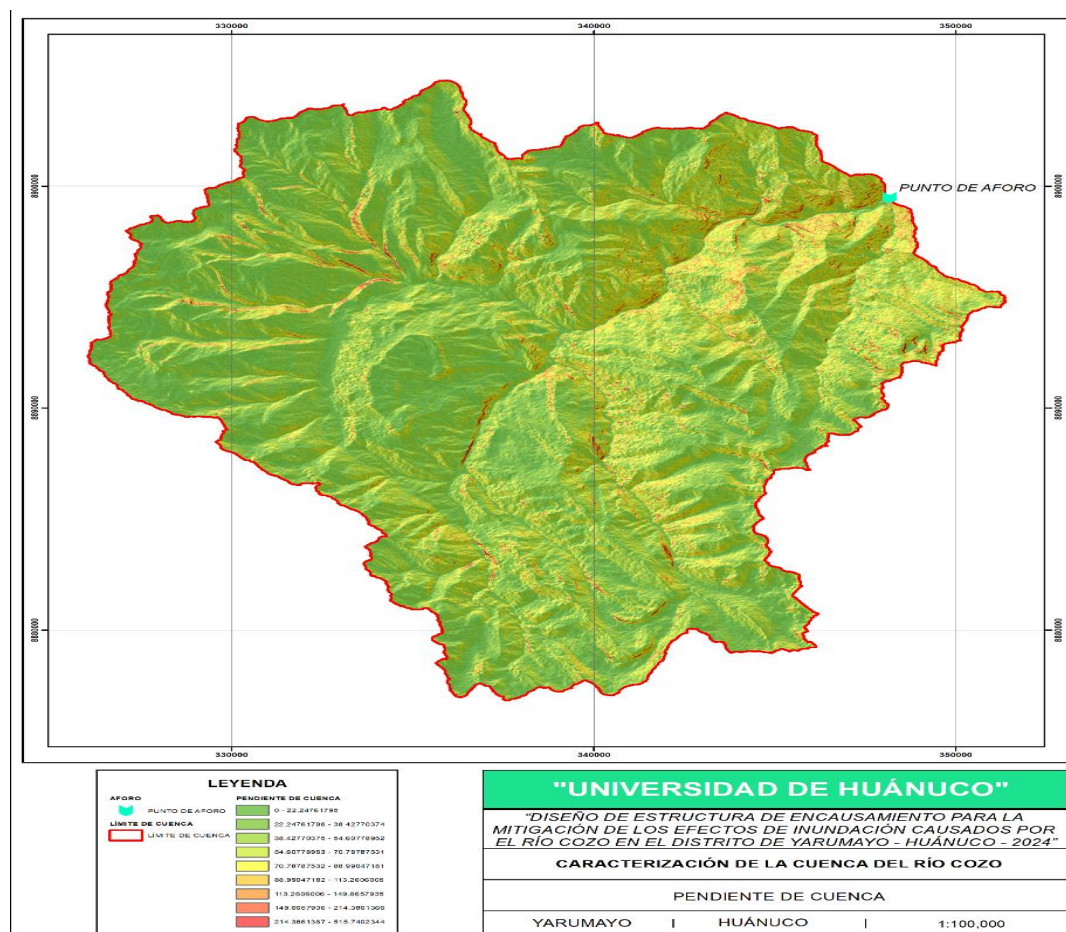
Identificación de parámetros geométricos

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA CUENCA		
SUPERFICIE DE CUENCA	=	415.66 km ²
ANCHO DE CUENCA (TRANSVERSAL A CAUCE PRINCIPAL)	=	28.10 km
LARGO DE CUENCA (A LO LARGO DEL CAUCE PRINCIPAL)	=	21.58 km
PERÍMETRO DE CUENCA	=	140.78 km

Nota. Con la delimitación GIS de la cuenca del río Cozo se pudo determinar que el área de la cuenca hasta el punto de aforo es de 415.66 km², teniendo en cuenta la dirección del cauce se estimó que el ancho de la cuenca es de aproximadamente 28.10 km, mientras que el largo de la cuenca se estimó en 21.58 km y la longitud total de la divisoria es de 140.78 km.

Figura 27

Mapa de pendientes de la cuenca



Nota. Del modelo GIS a partir de la imagen de elevación digital que cuenta con información altitudinal se pudo determinar a través de diferencias entre cotas y distancia las pendientes para la superficie de la cuenca, dicho procedimiento se elaboró a partir de la estimación porcentual de las pendientes, con ello se generaron 10 rangos equivalentes los que van incrementando en 10% cada uno, con ello se estimó una pendiente promedio para toda la extensión de la cuenca.

Tabla 12

Identificación de parámetros topográficos

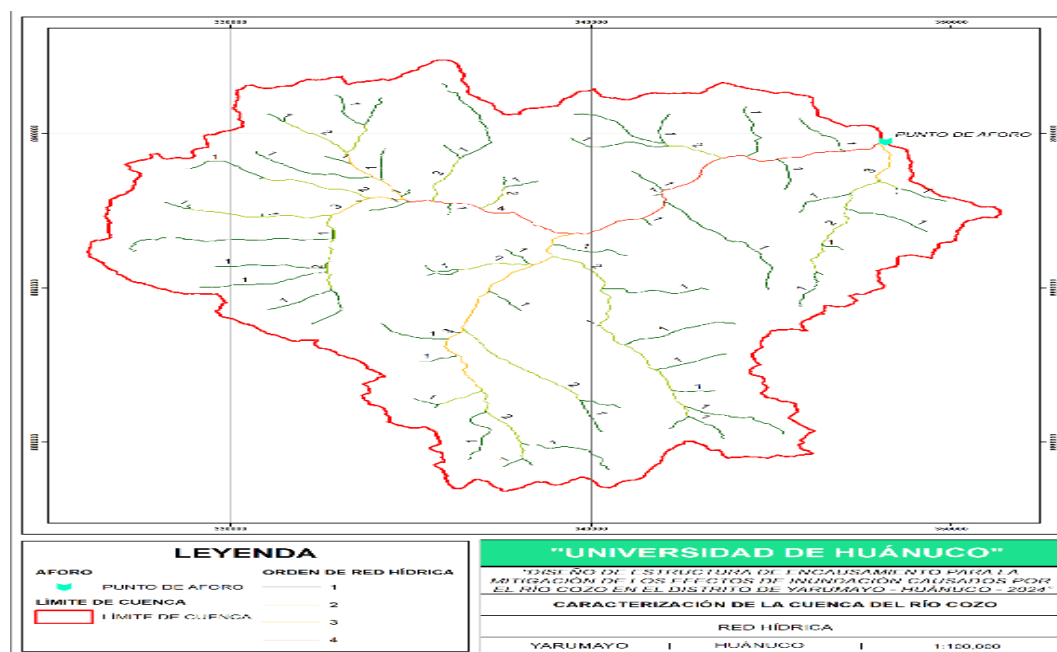
PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS DE LA CUENCA		
ALTITUD PREDOMINANTE	=	4118.50 m.s.n.m.
PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA	=	8.47%
VALOR ALTITUDINAL MÁXIMA	=	4526.00 m.s.n.m.
VALOR ALTITUDINAL MÍNIMA	=	2323.00 m.s.n.m.

Nota. El modelo GIS elaborado para la cuenca del río Cozo se basa en la aplicación de imágenes de elevación digital con las cuales se pueda identificar las características topográficas de la cuenca, dentro de dicha caracterización

se pudo determinar que la altitud más predominante en la cuenca es de 4118.50 msnm, de la identificación del modelo de pendientes presentado en la figura anterior se pudo estimar que la cuenca presenta una pendiente promedio de 8.47%, la cota más alta que presenta la cuenca es de 4526.00 msnm y la cota menor es de 2323.00 msnm.

Figura 28

Mapa de identificación de red hídrica de la cuenca



Nota. Con la determinación de las pendientes de la cuenca a partir del modelo topográfico se pudo identificar los cauces que componen la cuenca, esto a partir de las depresiones generadas en la topografía de la cuenca, de ello se pudo determinar que la cuenca presenta un cauce principal de orden 4. Identificando los cauces que se componen en la cuenca e interpolando los resultados con la información de pendientes de la cuenca se pudo estimar una pendiente promedio para todo el cauce.

Tabla 13

Caracterización de la red Hídrica

PARÁMETROS HÍDRICOS DE LA CUENCA		
DIMENSIÓN DE CAUCE PRINCIPAL	=	18.80 km
# ORDEN	=	4
DIMENSIÓN TOTAL DE LOS CAUCES	=	230.33 km
PENDIENTE PROMEDIO DE LOS CAUCES	=	17.35%

Nota. Con la identificación de la red hídrica, así como la determinación de las pendientes de toda la cuenca se pudo determinar que el cauce principal de orden 04 presenta un longitud de 18.80 km, en total todos los cauces identificados en la cuenca suman un total de 230.33 km en toda su longitud y la pendiente promedio del cauce de la cuenca se estima en 17.35%, dicho valor es un promedio total de los cauces de la cuenca no necesariamente este valor de pendiente se presenta en los cauces de interés.

Tabla 14

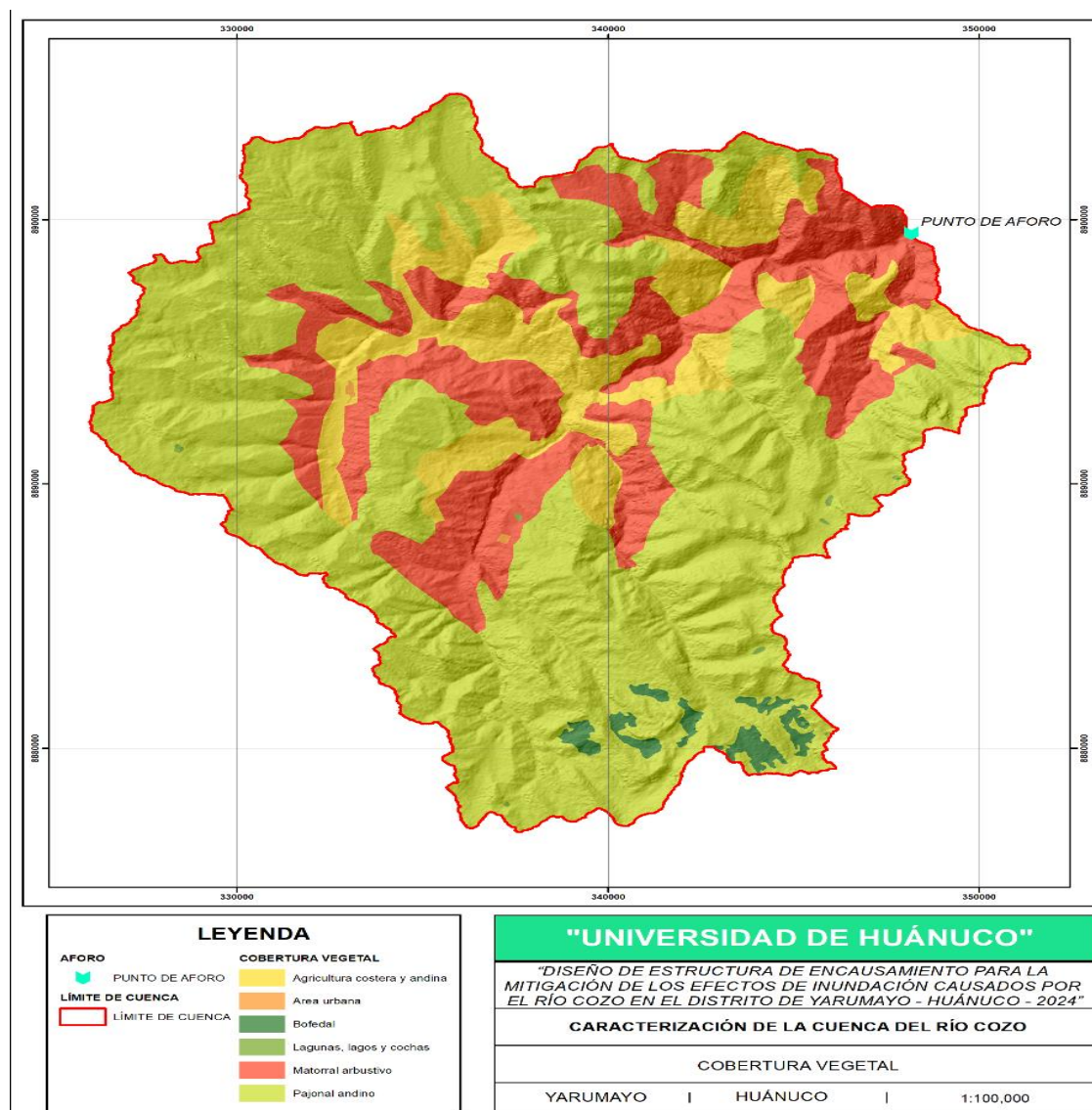
Geomorfología de la cuenca

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA			
DENSIDAD DE RED DE DRENAJE	=		0.55 u/km ²
FACTOR DE FORMA	=		1.30
FACTOR DE GRAVELIUS	=		1.93
LADO MAYOR REC EQUIV	=		63.88 km
LADO MENOR REC EQUIV	=		6.51 km
VALOR DE ÍNDICE PROMEDIO DE PENDIENTE	=		0.36

Nota. La determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca se estimaron a partir de los valores geométricos y topográficos que se identificaron de la cuenca, con lo cual se pudo determinar que la densidad de red de drenaje es de 0.55 unidades por cada km² que se presenta en la cuenca, el índice de forma de la cuenca es de 1.30, el valor del factor de Gravelius es de 1.93, los lados del rectángulo equivalente son de 63.88 y 6.51 km y el índice promedio de pendiente para la cuenca es de 0.36.

Figura 29

Cobertura vegetal de la cuenca



Nota. Con los límites de la cuenca identificados se pudo identificar los tipos de cobertura vegetal que presenta la cuenca del río Cozo a partir de una intersección con las capas de cobertura vegetal elaborada por el MINAM, dentro de ello se pudo identificar que la cuenca presenta 06 tipo de cobertura vegetal dentro de las que se encuentran la agricultura andina, zonas urbanas, bofedales, lagunas, matorrales arbustivos y zonas de pajonal andino.

Tabla 15

Áreas de cobertura de suelo

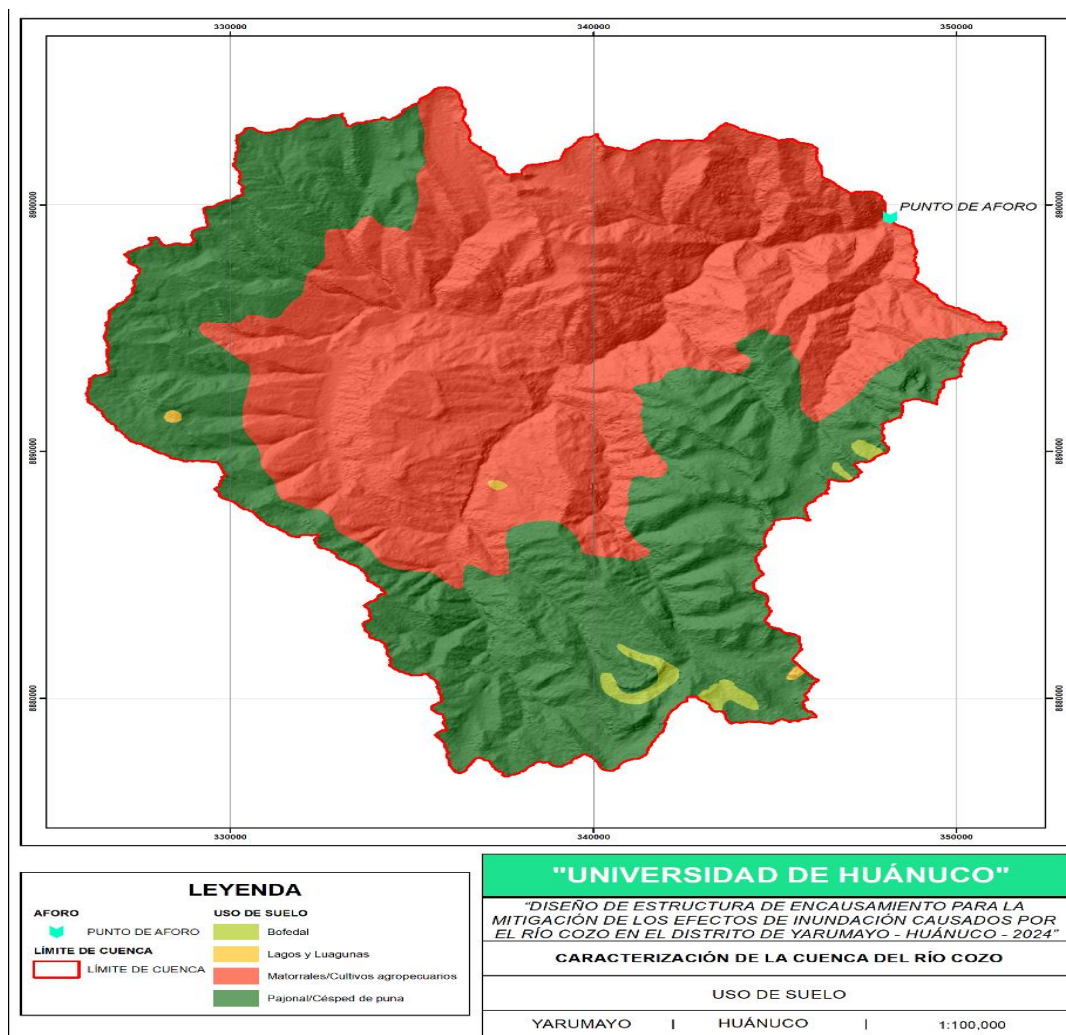
COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA		
#	TIPO	ÁREA (KM2)
1	PAJONAL ANDINO	259.65 km2
2	MATORRAL ARBUSTIVO	91.21 km2
3	AGRICULTURA COSTERA Y ANDINA	58.82 km2
4	BOFEDAL	5.43 km2

COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA		
#	TIPO	ÁREA (KM2)
5	LAGUNAS, LAGOS Y COCHAS	0.34 km2
6	ÁREA URBANA	0.21 km2

Nota. Para cada una de las 06 clasificación de cobertura de suelo se identificaron las áreas que representan dentro de la cuenca determinándose así las siguientes superficies 259.62, 91.21, 58.82, 5.43, 0.34 y 0.21 km2 para las coberturas de Pajonal andino, Matorral arbustivo, Agricultura costera y andina, Bofedal, Lagunas y Área urbana respectivamente.

Figura 30

Mapa de uso de suelo de la cuenca



Nota. Al igual que las coberturas de suelo obtenidas de MINAM se pudo recolectar información cartográfica de los usos de suelos que se predominan en la cuenca del río Cozo, del ello se pudo determinar que existen 04 tipos de

usos de suelo que existen dentro de la cuenca los cuales son: Bofedales, Lagos, Cultivos agropecuarios, Pajonales.

Tabla 16

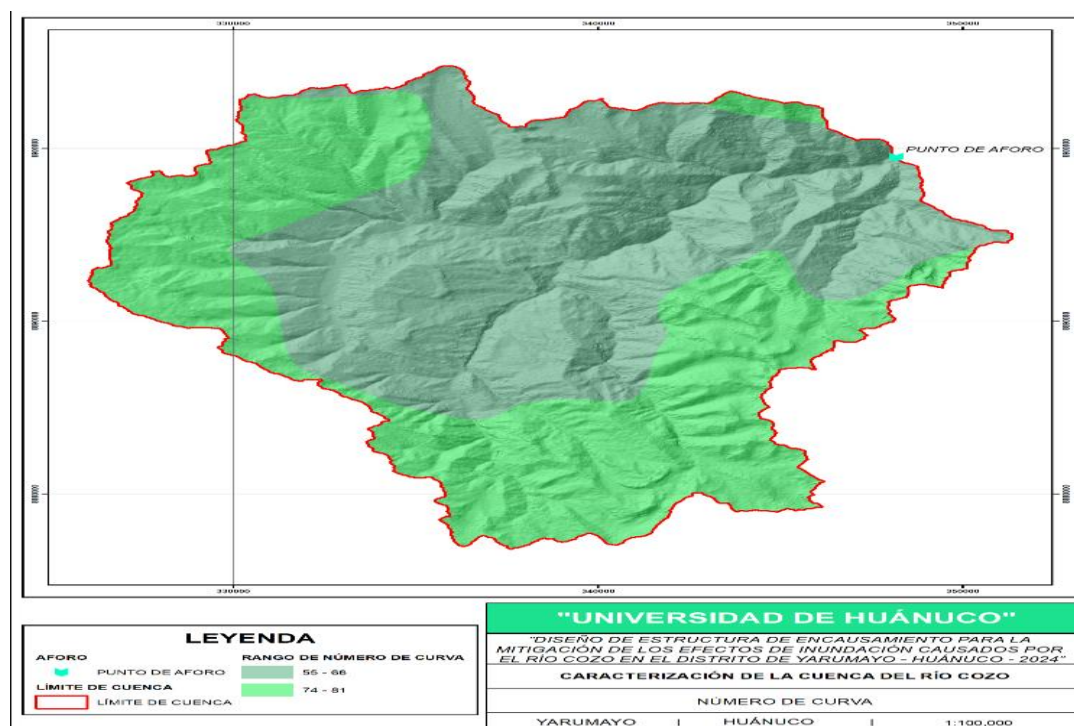
Áreas de uso de suelo de la cuenca

USO DE SUELO DE LA CUENCA		
#	TIPO	ÁREA (KM2)
1	MATORRALES/CULTIVOS AGROPECUARIOS	222.27 km2
2	PAJONAL/CÉSPED DE PUNA	189.13 km2
3	BOFEDAL	3.74 km2
4	LAGOS Y LAGUNAS	0.53 km2

Nota. Con la identificación de los usos de suelo que existen dentro de la cuenca se determinaron las áreas que le corresponde a cada uno, con ello se determinaron los siguientes valores 222.27, 189.13, 3.74 y 0.53 km2 para los usos de suelo de Cultivos agropecuarios, Pajonales, Bofedales y Lagos respectivamente. Identificándose así que el uso de suelo predominante en la cuenca es de Cultivos agropecuarios.

Figura 31

Mapa de rangos de número de curva



Nota. La información del número de curva de la cuenca se relaciona directamente con los fenómenos de escurrimiento e infiltración que presenta la cuenca, es por ello que fue necesaria su estimación debido a la necesidad

de estimar los caudales por la metodología del número de curva, a partir de ello se pudo identificar que la cuenca del río Cozo se encuentra entre 02 rangos de clasificación los cuales son de 55 a 66 y 74 a 81.

Tabla 17

Estimación del número de curva

ESTIMACIÓN DE NÚMERO DE CURVA		
#	RANGO	ÁREA (KM2)
1	55 - 66	227.78 km2
2	74 - 81	187.88 km2
PROMEDIO		68.18

Nota. Con la información cartográfica del número de curva para la cuenca del río Cozo se determinaron las áreas correspondientes para los rangos establecidos los cuales fueron de 227.78 km2 y 187.88 km2 para los rangos de 55 a 66 y 74 a 81 respectivamente, con la determinación de las áreas se procedió a estimar a partir de un promedio el valor del número de cuenca que le corresponde el cual se determinó en 68.18.

Con la identificación de las características de la cuenca se procedió a la caracterización hidrológica, para ello se identificaron las estaciones cercanas y se elaboraron procesos estadísticos para obtener la mayor fidelidad de valores de precipitación.

Tabla 18

Identificación de estaciones históricas

IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES HISTÓRICAS IDENTIFICADAS						
#	ESTACIÓN	TIPO	AÑOS DE REGISTRO		CANTIDAD DE DATOS FALTANTES	% DE DATOS FALTANTES
			INICIAL	FINAL		
1	HUÁNUCO	CONVENCIÓNAL - METEOROLÓGICA	1947	014	44	10.78%
2	MILPO	CONVENCIÓNAL - METEOROLÓGICA	1980	014	10	2.45%
3	OYON	CONVENCIÓNAL - METEOROLÓGICA	1963	013	45	11.03%
4	SAN RAFAEL	CONVENCIÓNAL -	1965	014	86	21.08%

METEORO
LÓGICA

PERIODO TOMADO EN CUENTA	1980	201 3
-------------------------------------	------	----------

Nota. Para la cuenca del río Cozo se identificaron un total de 04 estaciones meteorológicas cercanas con registros históricos, de ello se pudo identificar que el periodo en que se cuentan con registros comunes son entre los años 1980 a 2013, con la identificación de los años de registro se procedió a identificar la cantidad de valores faltantes por estación siendo que para la estación San Rafael la cantidad de datos faltantes asciende a 86 el cual representa un 21.08% del total de datos, siendo este valor muy alto se procedió a descartar dicha estación del análisis final.

Tabla 19

Identificación de datos faltantes – Estación Milpo

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN MILPO															
AÑO	1 EN E	2 FE B	3 M A R	4 A B R	5 M A Y	6 JUN	7 JUL	8 A G O	9 SE T	10 O CT	11 NO V	12 DI C	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	5.5	8.0			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.90	1.63
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1981	18.	19.	16.	10.	7.0	7.7	3.0	9.2	7.0	10.	16.	13.	19.2		
	40	20	70	10	0	0	0	0	0	50	50	50	0	1.28	11.57
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1982	12.	-	-	-	15.	15.	15.	10.	50.	50.	30.	30.	50.2		
	00	99.	99.	99.	30	00	20	00	20	20	00	00	0	1.70	-5.98
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1983	13.	5.6	11.	2.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6	0.5	10.	13.0		
	00	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1.11	3.76
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1984	15.	8.2	12.	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	7.4	10.	16.	16.6		
	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	00	60	0	1.22	6.93
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1985	10.	10.	8.6	11.	0.0	0.0	0.0	4.2	24.	15.	10.	18.	24.7		
	20	50	0	10	0	0	0	0	70	20	00	00	0	1.39	9.38
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1986	5.7	7.0	10.	11.	10.	0.9	0.0	10.	7.2	5.5	9.8	11.	11.5		
	0	0	80	20	80	0	0	10	0	0	0	50	0	1.06	7.54
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1987	18.	14.	12.	13.	5.1	0.0	0.0	2.0	9.9	11.	16.	14.	18.1		
	10	20	30	30	0	0	0	0	0	30	80	50	0	1.26	9.79
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	17.	11.	20.	21.	6.3	4.0	0.0	4.3	11.	8.7	10.	13.	21.6		
1988	00	50	00	60	0	0	0	0	00	0	20	40	0	1.33	10.67
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	-	-	-	-											
	99.	99.	99.	99.	8.1	9.8	3.4	11.	12.	12.	2.7	4.8	12.9		
1989	90	90	90	90	0	0	0	10	70	90	0	0	0	1.11	-27.84
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	4.2	11.	12.	2.6	1.5	1.2	0.3	1.9	0.9	8.8	12.	2.7	12.1		
1990	0	50	10	0	0	0	0	0	0	0	00	0	0	1.08	4.98
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	-	-													
	99.	99.	26.	21.	11.	9.0	0.0	10.	11.	15.	15.	13.	26.8		
1991	90	90	80	30	00	0	0	00	30	50	50	30	0	1.43	-5.51
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	10.	13.	16.	14.	7.3	0.0	6.6	4.1	1.9	10.	12.	8.0	16.8		
1992	00	00	80	00	0	1	0	0	0	90	50	0	0	1.23	8.76
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	16.	22.	22.	29.	8.8	6.4	3.7	3.7	15.	13.	19.	33.	33.5		
1993	20	40	00	70	0	0	0	0	50	50	50	50	0	1.53	16.24
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	25.	29.	31.	14.	14.	3.3	2.8	6.3	11.	12.	11.	18.	31.6		
1994	80	00	60	80	90	0	0	0	50	40	30	00	0	1.50	15.14
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	28.	18.	23.	12.	15.	5.2	3.0	9.8	8.1	11.	20.	25.	28.2		
1995	20	70	80	20	20	0	0	0	0	40	20	30	0	1.45	15.09
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	33.	11.	20.	27.	12.	7.0	0.5	3.8	12.	8.2	17.	16.	33.2		
1996	20	40	60	40	20	0	0	0	20	0	20	70	0	1.52	14.20
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	17.	16.	10.	6.5	9.5	0.7	9.6	9.8	14.	9.3	11.	25.	25.4		
1997	60	80	00	0	0	0	0	0	80	0	80	40	0	1.40	11.82
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	44.	30.	30.	33.	9.8	10.	0.0	2.8	6.2	20.	13.	15.	44.8		
1998	80	00	20	70	0	90	0	0	0	00	50	00	0	1.65	18.08
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	40.	34.	26.	13.	5.9	8.1	4.4	3.4	12.	15.	23.	11.	40.8		
1999	80	20	40	50	0	0	0	0	80	10	10	90	0	1.61	16.63
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	17.	17.	41.	10.	15.	3.9	3.1	6.2	12.	20.	8.5	24.	41.0		
2000	10	80	00	10	50	0	0	0	10	00	0	50	0	1.61	14.98
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	23.	18.	28.	4.5	7.3	2.0	5.0	0.5	10.	16.	20.	24.	28.4		
2001	60	30	40	0	0	0	0	0	70	70	00	00	0	1.45	13.42
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

2002	29.	46.	55.	16.	6.4	3.9	1.3	2.0	10.	29.	16.	25.	55.6	1.75	20.28
	50	60	60	80	0	0	0	0	20	20	80	00	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2003	11.	24.	18.	23.	7.9	3.9	9.5	2.5	12.	10.	14.	22.	24.6	1.39	13.43
	30	60	80	00	0	0	0	0	90	30	30	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2004	17.	26.	27.	29.	10.	3.7	11.	3.3	2.6	19.	28.	24.	29.5	1.47	17.02
	00	80	60	50	70	0	60	0	0	00	10	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2005	23.	18.	24.	16.	25.	1.5	4.5	6.1	3.4	24.	28.	21.	28.2	1.45	16.54
	70	60	60	00	20	0	0	0	0	90	20	80	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2006	17.	24.	29.	43.	14.	9.2	3.4	1.5	10.	18.	13.	15.	43.2	1.64	16.77
	90	40	10	20	10	0	0	0	20	90	40	90	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2007	39.	3.2	38.	34.	12.	5.2	8.0	13.	1.8	26.	24.	23.	39.4	1.60	19.25
	40	0	90	00	00	0	0	80	0	30	90	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2008	38.	30.	53.	19.	2.5	15.	25.	28.	20.	32.	9.0	24.	53.8	1.73	24.99
	40	50	80	60	0	40	10	20	30	70	0	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2009	34.	26.	31.	27.	3.6	4.4	4.2	2.8	2.6	37.	24.	31.	37.2	1.57	19.15
	60	00	20	60	0	0	0	0	0	20	40	20	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2010	19.	14.	30.	9.5	10.	2.0	0.9	2.3	15.	16.	52.	40.	52.7	1.72	17.90
	10	60	10	0	90	0	0	0	70	20	70	80	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2011	26.	31.	29.	18.	4.2	2.4	7.2	4.4	75.	27.	40.	98.	98.5	1.99	30.49
	50	80	00	20	0	0	0	0	60	70	40	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2012	32.	98.	51.	55.	11.	27.	3.0	2.7	41.	18.	35.	-	98.6	1.99	23.09
	50	60	60	20	20	30	0	0	00	40	50	99.	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	90	mm		
2013	22.	45.	45.	54.	23.	58.	14.	7.4	25.	34.	24.	39.	58.0	1.76	32.88
	30	20	70	00	80	00	40	0	40	30	70	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
MÁXIMO	44.	98.	55.	55.	25.	58.	25.	28.	75.	50.	52.	98.			
	80	60	60	20	20	00	10	20	60	20	70	50			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
LOG(MÁXIMO)	1.6	1.9	1.7	1.7	1.4	1.7	1.4	1.4	1.8	1.7	1.7	1.9			
	5	9	5	4	0	6	0	5	8	0	2	9			
	14.	11.	18.	12.	8.9	6.8	4.5	5.7	13.	17.	17.	18.			
PROMEDIO	23	49	19	22	4	2	2	9	75	04	93	40			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

Nota. En el análisis de cada una de las estaciones tomadas en cuenta para la realización del análisis hidrológico correspondiente se procedió a recolectar la información histórica de pluviometría de cada estación, dentro de las cuales se identificaron los valores no registrados los cuales se representan en los registros del SENAMHI como -99.90 mm, dichos valores fueron identificados a fin de poder ser reemplazados por los valores de los promedios mensuales de los registros completos. Para el caso de la estación Milpo fueron identificados un total de 10 registros faltantes, dichos valores fueron reemplazados para la elaboración del análisis de consistencia entre valores obtenidos.

Tabla 20

Datos completos de registro de lluvias – Estación Milpo

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN MILPO															
AÑO	1 E	2 F	3 M	4 A	5 M	6 J	7 J	8 A	9 S	10 O	11 N	12 D	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	5.5	8.0			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.00	0.90	1.63
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1981	18.	19.	16.	10.	7.0	7.7	3.0	9.2	7.0	10.	16.	13.	19.2		
	40	20	70	10	0	0	0	0	0	50	50	50	0	1.28	11.57
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1982	12.	22.	25.	19.	15.	15.	15.	10.	50.	50.	30.	30.	50.2		
	00	26	57	23	30	00	20	00	20	20	00	00	0	1.70	24.58
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1983	13.	5.6	11.	2.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6	0.5	10.	13.0		
	00	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1.11	3.76
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1984	15.	8.2	12.	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	7.4	10.	16.	16.6		
	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	00	60	0	1.22	6.93
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1985	10.	10.	8.6	11.	0.0	0.0	0.0	4.2	24.	15.	10.	18.	24.7		
	20	50	0	10	0	0	0	0	70	20	00	00	0	1.39	9.38
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1986	5.7	7.0	10.	11.	10.	0.9	0.0	10.	7.2	5.5	9.8	11.	11.5		
	0	0	80	20	80	0	0	10	0	0	0	50	0	1.06	7.54
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
1987	18.	14.	12.	13.	5.1	0.0	0.0	2.0	9.9	11.	16.	14.	18.1		
	10	20	30	30	0	0	0	0	0	30	80	50	0	1.26	9.79
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm

1988	17.00	11.50	20.00	21.60	6.30	4.00	0.00	4.30	11.00	8.70	10.20	13.40	21.60	1.33	10.67 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1989	21.36	22.26	25.57	19.23	8.10	9.80	3.40	11.10	12.70	12.90	2.70	4.80	25.57	1.41	12.83 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1990	4.20	11.50	12.10	2.60	1.50	1.20	0.30	1.90	0.90	8.80	12.00	2.70	12.10	1.08	4.98 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1991	21.36	22.26	26.80	21.30	11.00	9.00	0.00	10.00	11.30	15.50	15.30	13.30	26.80	1.43	14.78 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1992	10.00	13.00	16.80	14.00	7.30	0.01	6.60	4.10	1.90	10.90	12.50	8.00	16.80	1.23	8.76 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1993	16.20	22.40	22.00	29.70	8.80	6.40	3.70	3.70	15.50	13.50	19.50	33.50	33.50	1.53	16.24 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1994	25.80	29.00	31.60	14.80	14.90	3.30	2.80	6.30	11.50	12.40	11.30	18.00	31.60	1.50	15.14 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1995	28.20	18.70	23.80	12.20	15.20	5.20	3.00	9.80	8.10	11.40	20.20	25.30	28.20	1.45	15.09 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1996	33.20	11.40	20.60	27.40	12.20	7.00	0.50	3.80	12.20	8.20	17.20	16.70	33.20	1.52	14.20 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1997	17.60	16.80	10.00	6.50	9.50	0.70	9.60	9.80	14.80	9.30	11.80	25.40	25.40	1.40	11.82 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1998	44.80	30.00	30.20	33.70	9.80	10.90	0.00	2.80	6.20	20.00	13.50	15.00	44.80	1.65	18.08 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1999	40.80	34.20	26.40	13.50	5.90	8.10	4.40	3.40	12.80	15.10	23.10	11.90	40.80	1.61	16.63 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2000	17.10	17.80	41.00	10.10	15.50	3.90	3.10	6.20	12.10	20.00	8.50	24.50	41.00	1.61	14.98 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2001	23.60	18.30	28.40	4.50	7.30	2.00	5.00	0.50	10.70	16.70	20.00	24.00	28.40	1.45	13.42 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2002	29.50	46.60	55.60	16.80	6.40	3.90	1.30	2.00	10.20	29.20	16.80	25.00	55.60	1.75	20.28 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

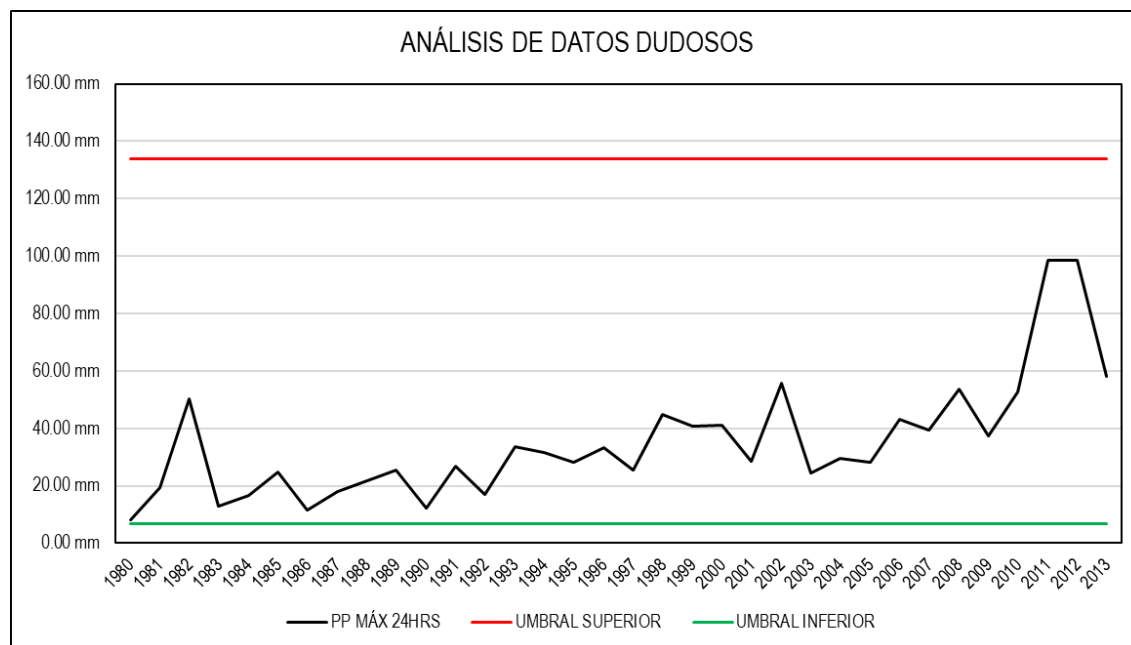
2003	11.	24.	18.	23.	7.9	3.9	9.5	2.5	12.	10.	14.	22.	24.6	1.39	13.43
	30	60	80	00	0	0	0	0	90	30	30	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2004	17.	26.	27.	29.	10.	3.7	11.	3.3	2.6	19.	28.	24.	29.5	1.47	17.02
	00	80	60	50	70	0	60	0	0	00	10	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2005	23.	18.	24.	16.	25.	1.5	4.5	6.1	3.4	24.	28.	21.	28.2	1.45	16.54
	70	60	60	00	20	0	0	0	0	90	20	80	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2006	17.	24.	29.	43.	14.	9.2	3.4	1.5	10.	18.	13.	15.	43.2	1.64	16.77
	90	40	10	20	10	0	0	0	20	90	40	90	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2007	39.	3.2	38.	34.	12.	5.2	8.0	13.	1.8	26.	24.	23.	39.4	1.60	19.25
	40	0	90	00	00	0	0	80	0	30	90	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2008	38.	30.	53.	19.	2.5	15.	25.	28.	20.	32.	9.0	24.	53.8	1.73	24.99
	40	50	80	60	0	40	10	20	30	70	0	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2009	34.	26.	31.	27.	3.6	4.4	4.2	2.8	2.6	37.	24.	31.	37.2	1.57	19.15
	60	00	20	60	0	0	0	0	0	20	40	20	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2010	19.	14.	30.	9.5	10.	2.0	0.9	2.3	15.	16.	52.	40.	52.7	1.72	17.90
	10	60	10	0	90	0	0	0	70	20	70	80	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2011	26.	31.	29.	18.	4.2	2.4	7.2	4.4	75.	27.	40.	98.	98.5	1.99	30.49
	50	80	00	20	0	0	0	0	60	70	40	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2012	32.	98.	51.	55.	11.	27.	3.0	2.7	41.	18.	35.	21.	98.6	1.99	34.27
	50	60	60	20	20	30	0	0	00	40	50	98	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2013	22.	45.	45.	54.	23.	58.	14.	7.4	25.	34.	24.	39.	58.0	1.76	32.88
	30	20	70	00	80	00	40	0	40	30	70	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
MÁXIMO	44.	98.	55.	55.	25.	58.	25.	28.	75.	50.	52.	98.			
	80	60	60	20	20	00	10	20	60	20	70	50			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
LOG(MÁXIMO)	1.6	1.9	1.7	1.7	1.4	1.7	1.4	1.4	1.8	1.7	1.7	1.9			
	5	9	5	4	0	6	0	5	8	0	2	9			
	21.	22.	25.	19.	8.9	6.8	4.5	5.7	13.	17.	17.	21.			
PROMEDIO	36	26	57	23	4	2	2	9	75	04	93	98			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

Nota. Con los datos completos a partir de los promedios mensuales estimados para todo el registro histórico se completaron los registros de lluvias con la finalidad de obtener los valores de precipitación máxima en 24 hrs para

los 34 años analizados en el registro histórico, con el registro completo para la estación se elaboró el análisis de datos dudosos.

Figura 32

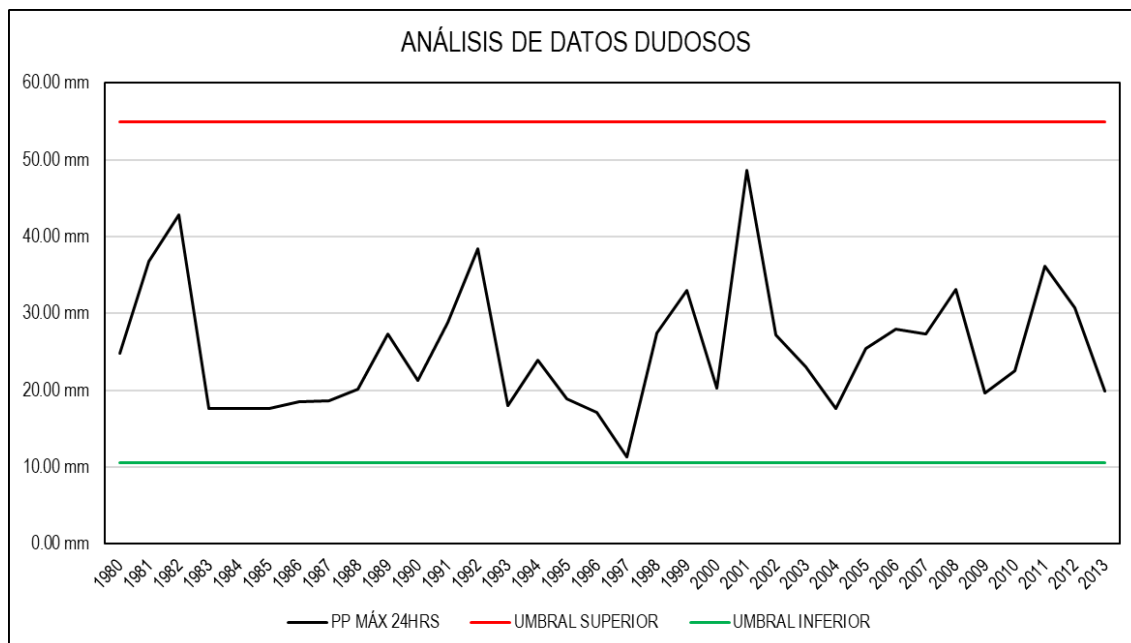
Análisis de valores dudosos – Estación Milpo



Nota. El registro de máximas precipitaciones en la estación evidenció la curva de color negra que se muestra, por otro lado, a partir de la prueba outlier estimada para la estación se calculó que el límite máximo de los valores es de 133.72 mm y el límite inferior es de 6.71 mm, a partir de la identificación de la gráfica se puede observar que el registro histórico de la estación Milpo se encuentra dentro de los límites estimados y presenta una correlación adecuada.

Figura 33

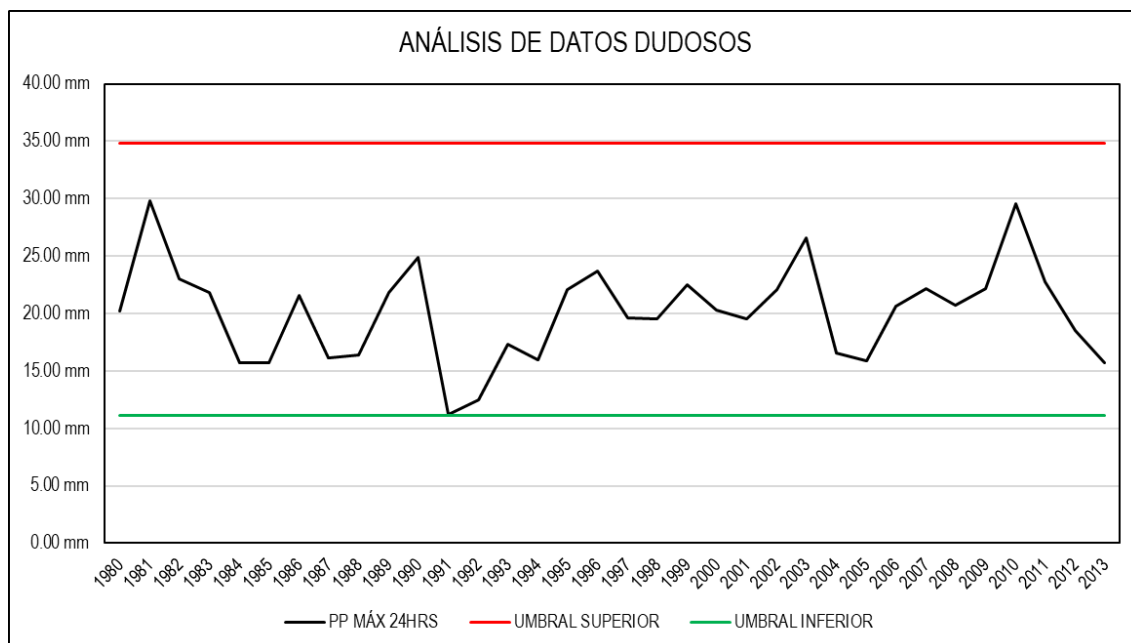
Análisis de valores dudosos – Estación Huánuco



Nota. El registro de máximas precipitaciones en la estación evidenció la curva de color negra que se muestra, por otro lado, a partir de la prueba outlier estimada para la estación se calculó que el límite máximo de los valores es de 54.94 mm y el límite inferior es de 10.56 mm, a partir de la identificación de la gráfica se puede observar que el registro histórico de la estación Huánuco se encuentra dentro de los límites estimados y presenta una correlación adecuada.

Figura 34

Análisis de valores dudosos – Estación Oyón



Nota. El registro de máximas precipitaciones en la estación evidenció la curva de color negra que se muestra, por otro lado, a partir de la prueba outlier estimada para la estación se calculó que el límite máximo de los valores es de 34.81 mm y el límite inferior es de 11.14 mm, a partir de la identificación de la gráfica se puede observar que el registro histórico de la estación Oyón se encuentra dentro de los límites estimados y presenta una correlación adecuada.

Con las gráficas outlier aplicadas a las estaciones tomadas en cuenta para la caracterización de la cuenca del río Cozo se determinó que cada una de las estaciones seleccionadas presenta una correlación adecuada entre sus datos con lo cual se procedió a estimar los valores de precipitación para la cuenca de interés a partir de una interpolación de valores de acuerdo con la distancia que las estaciones se encuentran al centroide de la cuenca.

Tabla 21

Datos pluviométricos interpolados para la cuenca

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN CENTROIDE															
AÑO	1 EN	2 FE	3 M A R	4 A B R	5 M A Y	6 JUN	7 JUL	8 A G O	9 SE T	10 O CT	11 NO V	12 D I C	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	21. 57	19. 81	18. 20	18. 70	0.3 6	7.0 5	1. 9 5	4.1 7	5.4 1	12. 79	16. 26	17. 05	21.5 7 mm	1.33	11.94 mm

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1981	14.48	9.22	11.25	14.64	4.63	0.98	1.41	3.09	3.48	13.50	32.29	31.41	32.29	1.51	11.70 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1982	23.99	14.79	39.31	14.74	3.43	2.00	4.22	3.73	5.61	10.52	10.31	22.43	39.31	1.59	12.92 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1983	13.31	12.55	16.57	11.73	4.51	2.62	1.88	3.71	5.41	12.09	15.59	16.76	16.76	1.22	9.73 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1984	12.91	13.26	16.85	12.08	4.84	2.74	1.94	3.77	6.03	12.66	16.38	17.30	17.30	1.24	10.06 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1985	12.48	13.45	16.53	12.29	4.84	2.74	1.94	4.12	7.71	13.31	16.38	17.42	17.42	1.24	10.27 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1986	6.89	16.43	17.60	8.05	9.49	10.85	2.05	8.92	5.47	5.03	8.14	15.80	17.60	1.25	9.56 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1987	6.54	12.72	17.65	13.01	2.98	3.96	3.95	2.42	5.18	6.16	15.56	12.32	17.65	1.25	8.54 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1988	14.30	18.49	10.04	18.03	4.77	0.34	3.47	1.60	7.72	4.42	10.27	12.03	18.49	1.27	8.79 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1989	16.72	10.06	13.52	8.24	6.78	3.95	0.28	2.27	6.31	18.81	9.86	23.42	23.42	1.37	10.02 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1990	10.43	7.00	14.86	17.22	11.13	4.07	1.10	3.88	2.48	20.58	16.84	11.98	20.58	1.31	10.13 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1991	6.27	15.27	26.83	9.19	2.65	4.88	3.96	0.84	2.76	10.72	14.11	18.43	26.83	1.43	9.66 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1992	8.81	26.10	15.16	6.76	0.77	3.17	0.55	21.03	2.41	33.22	22.12	9.40	33.22	1.52	12.46 mm
													mm		

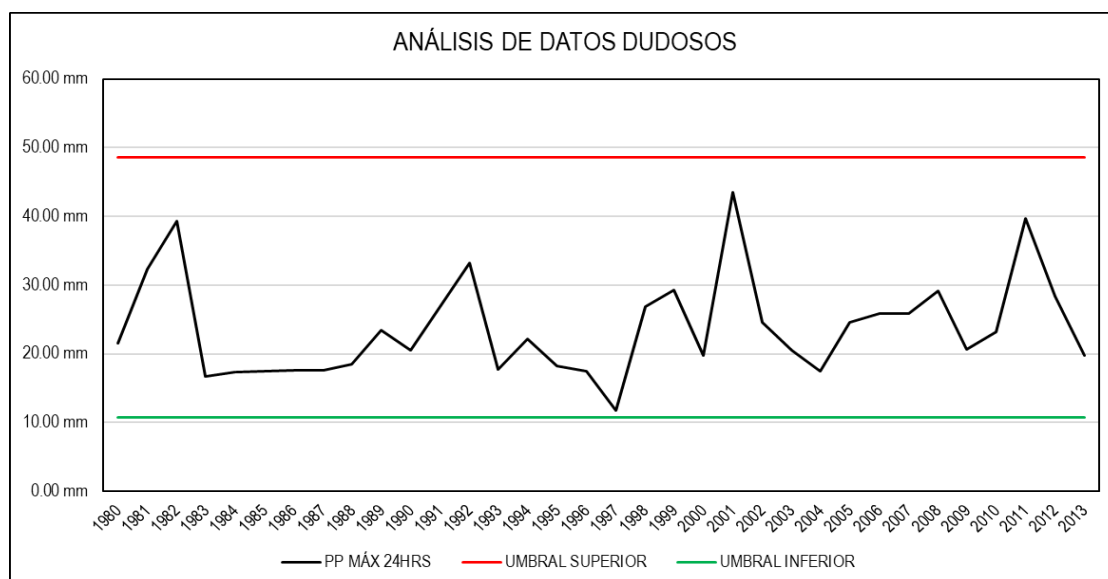
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1993	13.24	17.73	14.42	14.88	5.93	4.42	3.12	3.37	6.74	8.16	16.23	14.33	17.73	1.25	10.21	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1994	13.80	10.81	13.09	22.15	14.30	0.43	0.41	0.56	18.98	17.37	8.26	19.17	22.15	1.35	11.61	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1995	10.64	17.92	18.24	9.78	3.07	1.47	1.35	1.55	3.50	9.06	14.23	14.27	18.24	1.26	8.76	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1996	15.22	9.65	17.00	17.48	9.87	0.59	0.12	3.39	2.56	9.72	14.67	9.49	17.48	1.24	9.15	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1997	11.74	8.63	11.12	9.94	4.27	1.63	0.80	4.21	6.25	8.23	11.18	9.87	11.74	1.07	7.32	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1998	19.96	17.35	26.82	4.57	3.23	2.63	0.00	1.47	3.58	14.50	23.96	8.11	26.82	1.43	10.51	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1999	15.52	28.02	15.90	6.51	8.76	7.37	4.39	0.78	29.32	7.48	12.07	13.70	29.32	1.47	12.49	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2000	11.48	15.01	16.50	8.45	6.25	6.36	2.35	10.72	5.40	5.82	19.18	19.74	19.74	1.30	10.61	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2001	12.84	9.75	12.89	23.31	7.09	1.36	3.06	4.17	3.37	11.20	43.52	12.55	43.52	1.64	12.09	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2002	15.20	21.21	18.47	24.63	9.01	2.15	4.40	1.40	3.59	23.04	9.09	7.65	24.63	1.39	11.65	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2003	12.50	9.75	10.88	14.85	3.14	0.41	0.88	6.03	5.30	12.61	20.53	17.65	20.53	1.31	9.54	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2004	8.59	10.43	12.94	12.14	10.56	1.79	2.71	4.08	10.35	7.89	14.45	17.48	17.48	1.24	9.45	mm
													mm			

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2005	8.2	16.	24.	3.4	2.8	0.1	1.	6.9	3.2	11.	10.	19.	24.5	1.39	9.04	
	3	19	56	9	1	3	0	5	2	89	38	54	6		mm	
	m	m	m	m	m	m	4	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2006	25.	13.	19.	11.	2.7	4.3	1.	2.0	7.0	17.	20.	17.	25.8	1.41	11.98	
	89	24	11	47	8	0	6	8	1	80	86	57	9		mm	
	m	m	m	m	m	m	1	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2007	11.	4.2	15.	10.	7.3	1.4	3.	3.5	2.6	24.	14.	25.	25.8	1.41	10.42	
	74	1	34	50	9	3	4	5	6	73	22	87	7		mm	
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2008	11.	14.	19.	16.	2.4	3.0	2.	2.9	13.	13.	28.	29.	29.1	1.47	13.12	
	11	75	92	27	4	0	1	4	68	59	38	19	9		mm	
	m	m	m	m	m	m	9	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2009	20.	11.	20.	12.	6.9	7.8	3.	3.2	2.4	17.	10.	11.	20.6	1.31	10.71	
	06	46	64	64	3	0	7	9	7	94	17	29	4		mm	
	m	m	m	m	m	m	9	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2010	7.2	16.	22.	7.1	2.9	1.2	3.	4.3	9.5	12.	23.	22.	23.1	1.36	11.07	
	4	92	34	5	0	7	2	2	2	33	15	53	5		mm	
	m	m	m	m	m	m	1	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2011	14.	13.	33.	9.6	8.4	1.7	1.	1.6	16.	19.	21.	39.	39.7	1.60	15.11	
	92	25	29	0	5	4	4	1	06	87	38	72	2		mm	
	m	m	m	m	m	m	1	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2012	17.	20.	15.	19.	5.7	3.9	4.	2.2	6.8	15.	28.	28.	28.3	1.45	14.00	
	77	09	11	62	5	9	1	9	7	73	35	33	5		mm	
	m	m	m	m	m	m	3	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2013	9.6	15.	17.	16.	3.9	8.8	6.	12.	4.6	14.	11.	19.	19.7	1.30	11.78	
	8	44	38	76	2	6	0	83	8	79	24	73	3		mm	
	m	m	m	m	m	m	7	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
MÁXIMO	25.	28.	39.	24.	14.	10.	6.	21.	29.	33.	43.	39.				
	89	02	31	63	30	85	0	03	32	22	52	72				
	m	m	m	m	m	m	7	m	m	m	m	m				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
LOG(MÁXIMO)	1.4	1.4	1.5	1.3	1.1	1.0	0.	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6				
	1	5	9	9	6	4	7	2	7	2	4	0				
	m	m	m	m	m	m	8	m	m	m	m	m				
PROMEDIO	13.	14.	17.	12.	5.5	3.3	2.	4.2	6.8	13.	17.	17.				
	41	44	95	97	9	1	3	7	0	46	05	75				
	m	m	m	m	m	m	3	m	m	m	m	m				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				

Nota. Con la determinación de los registros a partir de la interpolación de valores con respecto a las distancias con el centroide se lograron determinar los valores de precipitación máxima en 24 hrs, a la presente interpolación se le aplicó el mismo procedimiento para la conformidad y veracidad de los valores estimados.

Figura 35

Análisis de valores dudosos – Estación Interpolada



Nota. Para la estación interpolada se pudo determinar que el límite superior determinado es de 48.55 mm, mientras que el límite inferior para los registros históricos es de 10.73 mm, con ello se pudo identificar que los valores de precipitación se encuentran dentro de los límites estimados, por lo tanto, la serie de datos presenta un ajuste adecuado.

Con los valores de precipitación máxima identificada para la cuenca el río Cozo se elaboró un análisis de distribución con la aplicación del software Hidroesta2, este software estima un ajustó la serie muestral con los valores de distribución aplicados a la hidrología de cuencas.

Figura 36

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Normal

Resultados
Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	11.7353	0.0286	0.0491	0.0434	0.0206
2	16.7550	0.0571	0.1673	0.1588	0.1102
3	17.2996	0.0857	0.1867	0.1783	0.1010
4	17.4169	0.1143	0.1910	0.1826	0.0767
5	17.4758	0.1429	0.1932	0.1849	0.0504
6	17.4848	0.1714	0.1936	0.1852	0.0221
7	17.5997	0.2000	0.1979	0.1896	0.0021
8	17.6483	0.2286	0.1998	0.1915	0.0288
9	17.7282	0.2571	0.2029	0.1946	0.0543
10	18.2353	0.2857	0.2231	0.2150	0.0627
11	18.4865	0.3143	0.2335	0.2256	0.0808
12	19.7301	0.3429	0.2888	0.2820	0.0541
13	19.7447	0.3714	0.2895	0.2827	0.0820
14	20.5302	0.4000	0.3274	0.3216	0.0726
15	20.5776	0.4286	0.3297	0.3240	0.0989
16	20.6411	0.4571	0.3329	0.3273	0.1243
17	21.5677	0.4857	0.3802	0.3761	0.1055
18	22.1468	0.5143	0.4108	0.4076	0.1035
19	23.1528	0.5429	0.4651	0.4639	0.0778
20	23.4229	0.5714	0.4798	0.4791	0.0916
21	24.5586	0.6000	0.5419	0.5434	0.0581
22	24.6329	0.6286	0.5459	0.5476	0.0826
23	25.8721	0.6571	0.6123	0.6162	0.0449
24	25.891	0.6857	0.6133	0.6172	0.0724
25	26.8241	0.7143	0.6612	0.6667	0.0530
26	26.8283	0.7429	0.6614	0.6669	0.0814
27	28.3533	0.7714	0.7342	0.7415	0.0372
28	29.1876	0.8000	0.7703	0.7783	0.0297
29	29.3232	0.8286	0.7759	0.7840	0.0526
30	32.294	0.8571	0.8782	0.8864	0.0210
31	33.2186	0.8857	0.9019	0.9097	0.0162
32	39.3099	0.9143	0.9833	0.9862	0.0690
33	39.7233	0.9429	0.9855	0.9882	0.0427
34	43.5173	0.9714	0.9966	0.9975	0.0252

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1243, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de localización (Xm)= 23.7916
 Parámetro de escala (S)= 7.2926
 Con momentos lineales:
 Media lineal (Xl)= 23.7916
 Desviación estándar lineal (Sl)= 7.0411

Nota. El reporte obtenido del software Hidroesta2 arrojó que la muestra presenta un ajuste de delta tabular de 0.12430, mientras que el valor del delta de variación teórico por la cantidad de valores es de 0.2332, el procedimiento se aplicó para las diferentes distribuciones tomadas en cuenta para la caracterización hidrológica de la cuenca.

Tabla 22

Análisis de distribuciones – Prueba Smirnov Kolmogorov

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES		
DISTRIBUCIÓN	DELTA DE VARIACIÓN	DELTA TEÓRICO
NORMAL	0.12430	0.2332
LOG-NORMAL 2P	0.09320	0.2332
LOG-NORMAL 3P	0.08840	0.2332
GAMMA 2P	0.10790	0.2332
GAMMA 3P	0.09702	0.2332

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES		
DISTRIBUCIÓN	DELTA DE VARIACIÓN	DELTA TEÓRICO
LOG-PEARSON T3	0.08267	0.2332
GUMBEL	0.08720	0.2332
LOG-GUMBEL	0.07900	0.2332
DISTRIBUCIÓN FINAL	0.07900	LOG-GUMBEL

Nota. En la caracterización de distribuciones para el registro de precipitaciones máximas en 24 horas se pudo estimar que los valores del delta tabular son de 0.12430, 0.09320, 0.08840, 0.10790, 0.09702, 0.08267, 0.08720 y 0.07900 para las distribuciones Normal, Log-Normal 2p, Log-Normal 3P, Gamma 2P, Gamma 3P, Log-Pearson T3, Gumbel y Log-Gumbel respectivamente. Del análisis de las distribuciones se pudo identificar que la que mejor se ajusta a la serie muestral es la de Log-Gumbel debido a que presente el menor valor del delta Tabular.

Tabla 23

Estimación de lluvias proyectadas

LLUVIAS PROYECTADAS	
PERIODO DE RETORNO	PP MÁXIMAS (mm)
2	21.76
5	28.09
10	33.25
25	41.16
50	48.22
100	56.42
105	57.04
500	81.11
1000	94.80
10000	159.17

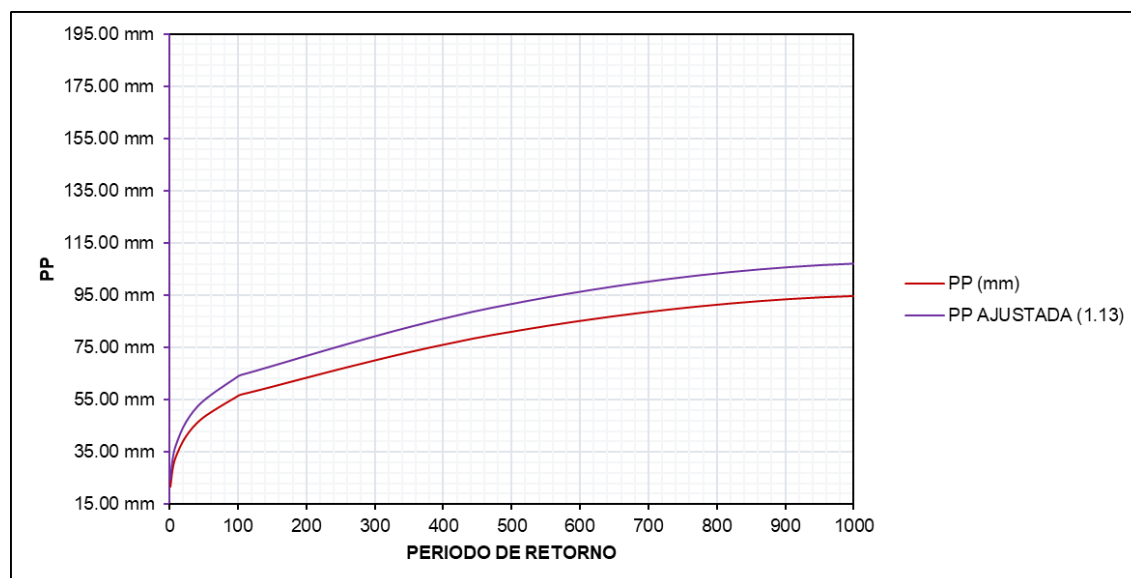
Nota. Identificada la distribución de mejor ajuste para la serie muestral de lluvias se logró calcular los valores de precipitación proyectados, dichos valores se estimaron con la finalidad de estimar las curvas de intensidad duración y frecuencia para la zona de interés, de la proyección de las precipitaciones se pudo determinar que para un periodo de retorno de 500 años el valor de la lluvia sería de 81.11 mm.

Estimada las proyecciones de lluvia para la cuenca del río Cozo se procedió a la determinación de las intensidades que presenta esta cuenca y a

partir de ello la elaboración de las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia que le corresponde.

Figura 37

Curvas de precipitación con valores proyectados



Nota. Los valores de precipitación estimados con la distribución Log-Gumbel fueron reajustados como recomienda la OMM con un factor de 1.13 ya que los registros de pluviometría son realizados una vez por día el cual puede generar perdidas por evaporación en las estaciones, con los valores ajustados se pudo determinar que para un periodo de retorno de 500 la precipitación reajustada es de 91.65 mm con una probabilidad de no excedencia de 0.99.

Tabla 24

Factores de estimación de ecuación de intensidad

FACTORES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD	
K	83.476
m	0.231
n	0.619

Nota. A partir de una regresión lineal se logró determinar los valores de los parámetros de la ecuación de intensidad correspondiente a la cuenca del río Cozo de ello se pudo determinar que el factor K de la intensidad es de 83.476, m es de 0.231 y n 0.619. Con ello se puede completar la ecuación $I =$

$$\frac{K \times T^m}{t^n}$$

Tabla 25

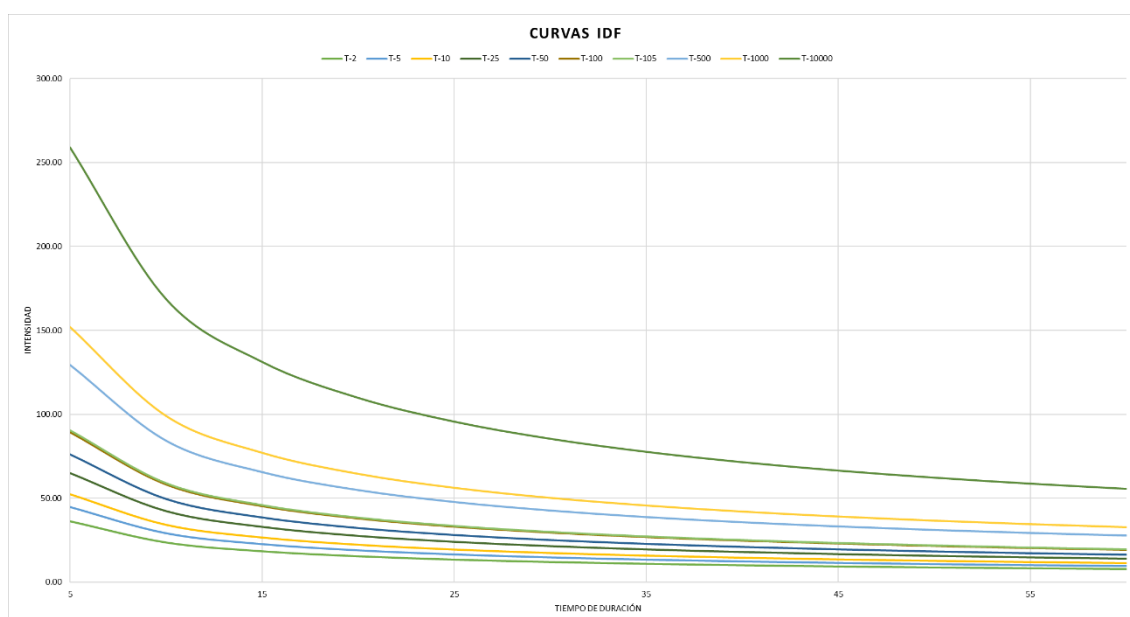
Intensidades en diferentes duraciones

CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN												
AÑOS	DURACIÓN EN MINUTOS											
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T-2	36.20	23.58	18.35	15.36	13.38	11.95	10.86	10.00	9.30	8.71	8.21	7.78
T-5	44.74	29.14	22.67	18.98	16.53	14.77	13.42	12.36	11.49	10.77	10.15	9.62
T-10	52.50	34.20	26.61	22.27	19.40	17.33	15.76	14.51	13.49	12.64	11.91	11.29
T-25	64.88	42.26	32.88	27.52	23.97	21.42	19.47	17.93	16.67	15.62	14.72	13.95
T-50	76.15	49.60	38.59	32.30	28.14	25.14	22.85	21.04	19.56	18.33	17.28	16.37
T-100	89.37	58.21	45.30	37.91	33.02	29.50	26.82	24.69	22.96	21.51	20.28	19.22
T-105	90.39	58.87	45.81	38.34	33.40	29.84	27.12	24.97	23.22	21.75	20.51	19.43
T-500	129.62	84.42	65.69	54.99	47.90	42.79	38.90	35.81	33.30	31.20	29.41	27.87
T-1000	152.13	99.08	77.10	64.53	56.21	50.22	45.65	42.03	39.08	36.61	34.52	32.71
T-10000	258.95	168.65	131.24	109.85	95.68	85.48	77.70	71.54	66.52	62.32	58.75	55.67

Nota. Identificada la ecuación de intensidad se obtuvieron los valores de intensidad para diferentes periodos de duración en las cuales se pudo estimar en diferentes duraciones y periodos de retorno los valores de intensidad que serán utilizados para la estimación de las curvas IDF que representan a la cuenca.

Figura 38

Curva IDF de la cuenca del río Cozo

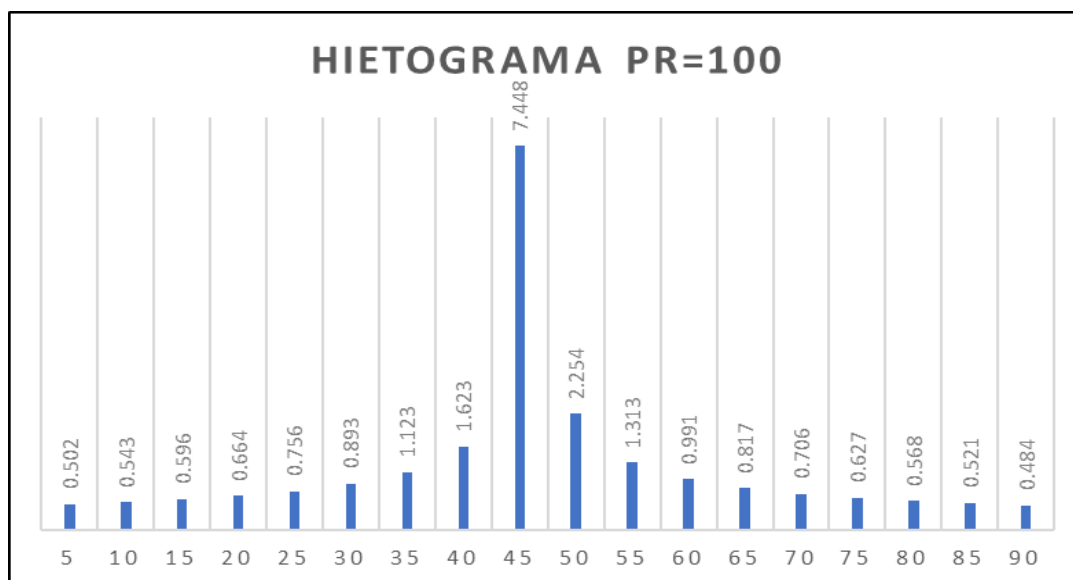


Nota. Las curvas IDF identificadas en para la cuenca del río Cozo sirvieron como base para la determinación de las intensidades en diferentes periodos

de retorno y en diferentes duraciones de tormenta las cuales sirvieron de base para la caracterización de los hietogramas de tormenta diseño teniendo en cuenta que para la cuenca se estimó un periodo de retorno de 90 minutos.

Figura 39

Hietograma de diseño para 100 años de periodo de retorno

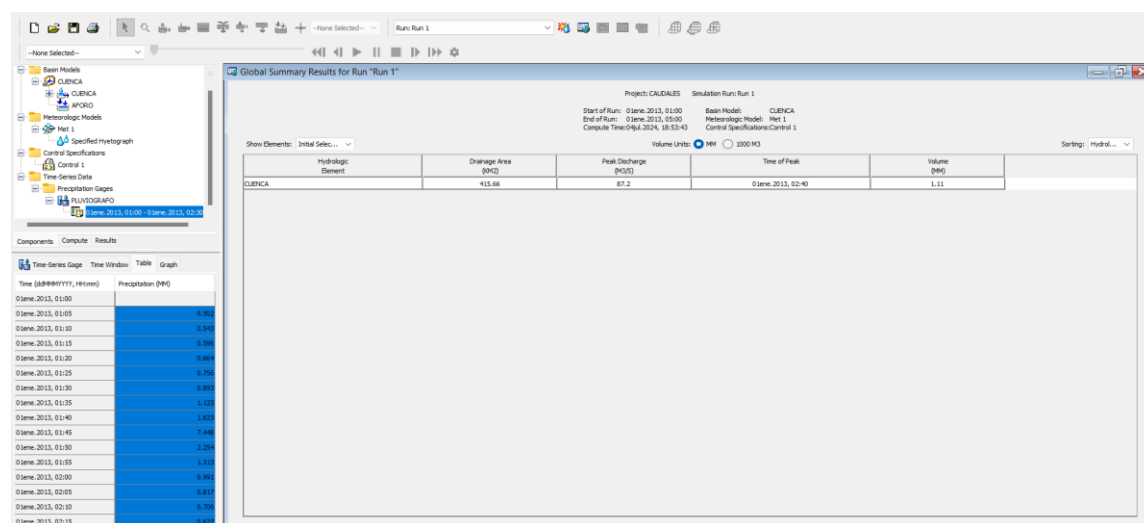


Nota. Teniendo en cuenta la curva IDF para un periodo de retorno de 100 años se determinó que para una tormenta de duración de 90 min presenta una intensidad máxima de 7.448 mm en un instante de 45 min, dicho cálculo de los hietogramas se realizó para cada uno de los periodos de retorno tomados en cuenta en la investigación obteniendo los hietogramas respectivos.

Con los hietogramas de diseño se aplicó un modelo de estimación de caudales a partir de la aplicación del Número de Curva planteado por el SCS, dicha metodología es la más aplicada a cuencas del país, la estimación de dichos valores se realizó en el software Hec-HMS.

Figura 40

Estimación de caudales de diseño PR=100



Nota. En la estimación de los caudales para un periodo de retorno de 100 años se tuvo que ingresar los valores del hietograma como se puede observar en la parte izquierda de la figura, a partir de ello se pudo calcular que el caudal para un periodo de retorno de 100 años es de 87.20 m³/s.

Tabla 26

Caudales estimados para la cuenca del río Cozo

CAUDAL CRÍTICO	
AÑOS	CAUDAL
10	51.20 m³/s
25	63.30 m³/s
50	74.30 m³/s
100	87.20 m³/s
500	161.60 m³/s

Nota. Se estimó a partir del modelo del número de curva los caudales de 51.20, 63.3, 74.30, 87.20 y 161.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Con los valores de caudal se elaboró el modelo hidráulico de la zona de interés, el proceso de modelo se ejecutó en el software Hec-RAS para ello se requirió de un modelo topográfico de la zona a fin de poder obtener un modelo bidimensional de inundación.

Figura 41

Mapa de identificación de área de interés

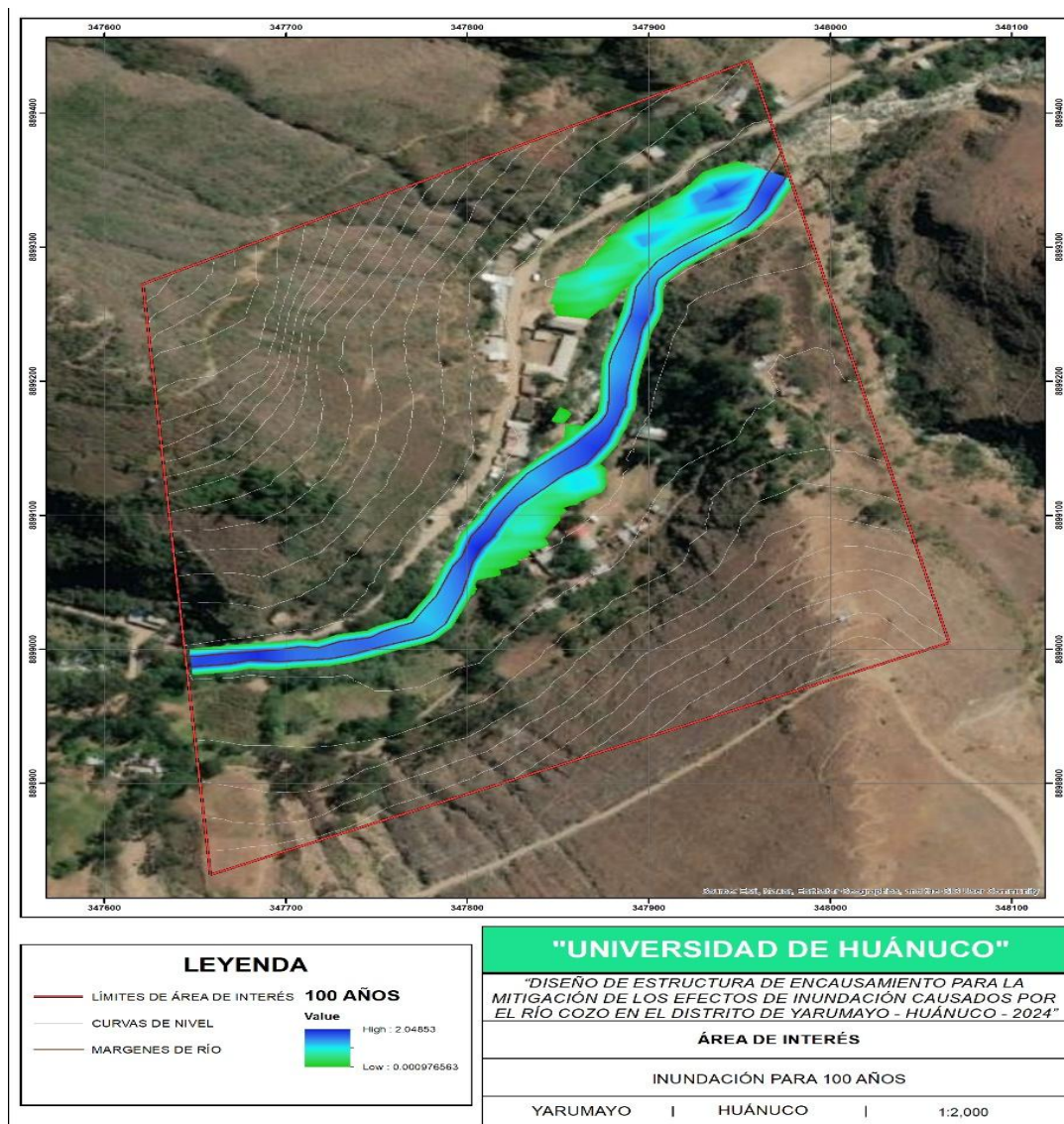


Nota. En la zona de interés se identificó las características topográficas de la zona. Con ello se elaboraron las secciones las cuales fueron principal insumo para el modelo bidimensional de inundación, a ello también se le tuvo que plantear la identificación de los márgenes del cauce, así como el eje fundamental del río ya que por ahí el modelo bidimensional se basará para la estimación de las zonas de inundación.

Con la identificación de la topografía de la zona y los valores de caudal que recorre ese cauce se pudo elaborar un modelo de inundaciones los cuales se pudieron representar en modelos cartográficos como se muestra a continuación.

Figura 42

Modelo Hec-RAS – Inundación PR 100 años



Nota. Con la identificación de la topografía de la zona y el cálculo de los caudales para diferentes periodos de retorno se logró obtener un modelo de inundaciones el cual evidencia que para un periodo de retorno de 10 años las zonas de inundación se generan en ambos márgenes del río, para el margen izquierdo en la parte final del tramo de análisis y para el margen derecho en la parte central justamente en donde se encuentran las zonas urbanas del poblado. Con el modelo de inundación también se pudo calcular el valor del tirante hidráulico el cual para un periodo de retorno de 100 años se calcula en 2.048 m de altura en su punto más crítico.

Tabla 27

Determinación de tirantes críticos para los periodos de retorno

TIRANTES CRÍTICOS	
AÑOS	TIRANTE

10	0.9133 m
25	1.1179 m
50	1.9368 m
100	2.0485 m
500	2.1985 m

Nota. En la obtención de los modelos cartográficos de inundación se lograron determinar los valores de tirante para cada uno de los periodos de retorno tomados en cuenta en la investigación del cual se pudo determinar los valores de 0.91, 1.11, 1.93, 2.04 y 2.19 m para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

Con la determinación de los caudales y los tirantes del cauce del río Cozo se calcularon las dimensiones de la estructura hidráulica de encauzamiento para las zonas más críticas.

Tabla 28

Diseño de muro de protección

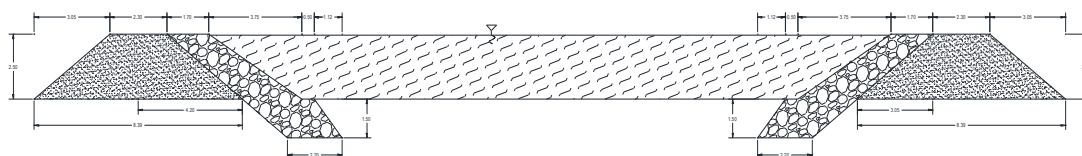
DISEÑO DE DIQUE DE CONTENCIÓN		
CAUDAL (M3/S)	=	161.6 m ³ /s
PERIODO DE RETORNO	=	500 años
PENDIENTE DE CAUCE	=	0.04 m/m
ANCHO ESTABLE DE CAUCE		
RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	=	60.23 m
MÉTODO DE PETITS	=	91.01 m
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	=	59.44 m
MÉTODO DE BLENCH Y ALTUNIN	=	74.2 m
MÉTODO DE MANNING Y STRICKLER	=	41.26 m
SECCIÓN TEÓRICA DEL CAUCE		
ANCHO SELECCIONADO	=	30 m
TALUD	=	1.5
BORDE LIBRE	=	1.05 m
RUGOSIDAD	=	0.065
TIRANTE	=	2.45 m
ANCHO	=	37.36 m
ÁREA	=	82.52 m ²
PERÍMETRO	=	38.84 m
VELOCIDAD	=	5.089 m/s
Nº DE FROUDE	=	1.037

Nota. El diseño del dique de protección se determinó a partir de la consideración del valor de caudal para un periodo de retorno de 500 años, se tuvo en cuenta el valor de la pendiente de 0.04 m/m, para el cual se determinó que el ancho estable del cauce es de 30 m en promedio, para el talud del dique se consideró una relación de 1.5, un borde libre de 1.05 m, con ello se estimó un tirante de 2.45 m, un ancho de corona de 2.30 m, altura de dique de 2.50 m, una altura de enrocado de 2.50 m, para el enrocado de protección se planteó una altura de uña de 1.50 m, con un ancho de 2.20 m y un ancho de protección de 1.70 m.

Technical drawing of a roof cross-section showing a gable roof with a 1:2 slope. The roof is divided into three sections: a left gable end with a stone pattern, a middle section with a brick pattern, and a right section with a concrete pattern. Dimensions are provided for the roof slope, horizontal projections, and vertical heights.

Dimensions (from left to right):

- Left gable end horizontal projection: 2.20
- Left gable end vertical height: 1.50
- Horizontal projection of the first slope: 3.75
- Horizontal projection of the second slope: 1.70
- Horizontal projection of the third slope: 2.30
- Horizontal projection of the fourth slope: 3.05
- Horizontal projection of the fifth slope: 3.05
- Horizontal projection of the sixth slope: 8.39
- Horizontal projection of the seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the tenth slope: 3.75
- Horizontal projection of the eleventh slope: 2.20
- Horizontal projection of the twelfth slope: 3.05
- Horizontal projection of the thirteenth slope: 2.30
- Horizontal projection of the fourteenth slope: 1.70
- Horizontal projection of the fifteenth slope: 3.75
- Horizontal projection of the sixteenth slope: 2.20
- Horizontal projection of the seventeenth slope: 3.05
- Horizontal projection of the eighteenth slope: 2.30
- Horizontal projection of the nineteenth slope: 1.70
- Horizontal projection of the twentieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the twenty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the twenty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the twenty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the twenty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the twenty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the twenty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the twenty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the twenty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the twenty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the thirtieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the thirty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the thirty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the thirty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the thirty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the thirty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the thirty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the thirty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the thirty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the thirty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the fortieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the forty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the forty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the forty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the forty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the forty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the forty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the forty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the forty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the forty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the fiftieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the fifty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the fifty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the fifty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the fifty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the fifty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the fifty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the fifty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the fifty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the fifty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the sixtieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the sixty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the sixty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the sixty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the sixty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the sixty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the sixty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the sixty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the sixty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the sixty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the seventieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the seventy-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the seventy-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the seventy-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the seventy-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the seventy-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the seventy-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the seventy-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the seventy-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the seventy-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the eightieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the eighty-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the eighty-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the eighty-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the eighty-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the eighty-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the eighty-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the eighty-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the eighty-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the eighty-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the ninetieth slope: 3.75
- Horizontal projection of the ninety-first slope: 2.20
- Horizontal projection of the ninety-second slope: 3.05
- Horizontal projection of the ninety-third slope: 2.30
- Horizontal projection of the ninety-fourth slope: 1.70
- Horizontal projection of the ninety-fifth slope: 3.75
- Horizontal projection of the ninety-sixth slope: 2.20
- Horizontal projection of the ninety-seventh slope: 3.05
- Horizontal projection of the ninety-eighth slope: 2.30
- Horizontal projection of the ninety-ninth slope: 1.70
- Horizontal projection of the hundredth slope: 3.75



Nota. Teniendo las dimensiones de tirantes y talud del dique de protección este se estimó como se muestra en la figura a ambos márgenes del río debido a que para un periodo de retorno de 500 años el tirante del río es aproximadamente 2.20 m y con un dique de protección con una altura de 2.50 m quedaría completamente controlado el efecto de inundación mejorando así las condiciones de seguridad para la población circundante.

4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hp: Una estructura de encauzamiento con dimensiones óptimas mitigará los efectos de las inundaciones protegiendo áreas habitadas e infraestructuras críticas.

La hipótesis planteada para la investigación planteó que una estructura de encauzamiento con dimensiones óptimas menguaría los efectos inundaciones, en la presente investigación se elaboró un análisis hidrológico de la cuenca Cozo de la cual se lograron obtener los caudales presentados en la siguiente Tabla.

Tabla 29

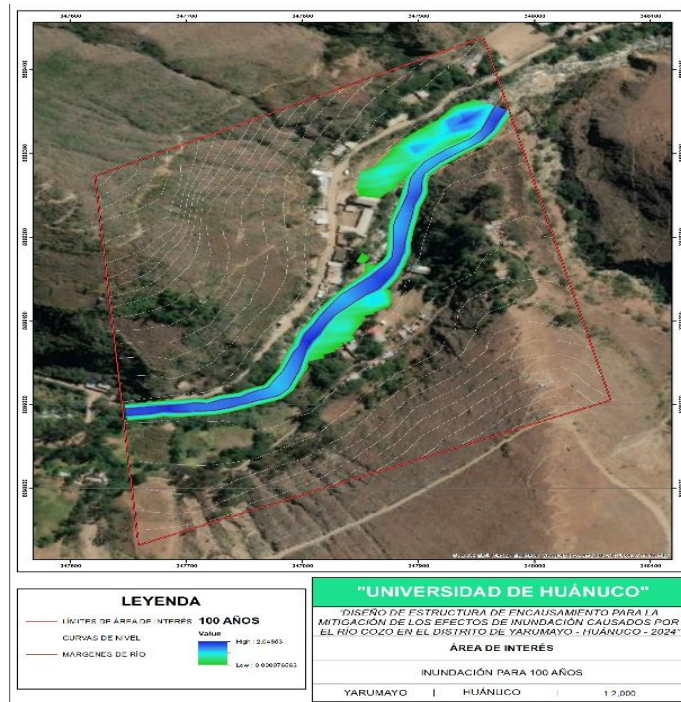
Caudales estimados para la cuenca del río Cozo

CAUDAL CRÍTICO	
AÑOS	CAUDAL
10	51.20 m ³ /s
25	63.30 m ³ /s
50	74.30 m ³ /s
100	87.20 m ³ /s
500	161.60 m ³ /s

Los valores de caudal obtenidos en los diferentes periodos de retorno fueron ingresados como valores de diseño en el software Hec-RAS, en dicho software lo que se obtuvo fueron los tirantes de inundación y las áreas afectadas por el desborde del río Cozo a partir de una simulación bidimensional.

Figura 44

Áreas de inundación para 100 años



Con la inclusión de un modelo topográfico de la zona a los valores de caudal ingresados en el software Hec-RAS, se pudo identificar que para un periodo de retorno de 100 años el tirante crítico es de 2.04 m, y que se presentaron los desbordes del río en la parte central del margen derecho y en la parte final del margen izquierdo del cauce, ambas llanuras de inundación se encuentran en las zonas habitadas por la población que presentan un desnivel bajo con respecto al tirante crítico determinado.

A partir de ello se lograron determinar los valores mínimos para el control de las inundaciones en el cauce del río Cozo, obteniendo así los siguientes valores característicos para el dique.

Tabla 30

Parámetros de diseño de dique

DISEÑO DE DIQUE DE CONTENCIÓN		
CAUDAL (M3/S)	=	161.6 m3/s
PERIODO DE RETORNO	=	500 años
PENDIENTE DE CAUCE	=	0.04 m/m
ANCHO ESTABLE DE CAUCE		
RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	=	60.23 m
MÉTODO DE PETITS	=	91.01 m
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	=	59.44 m
MÉTODO DE BLENCH Y ALTUNIN	=	74.2 m

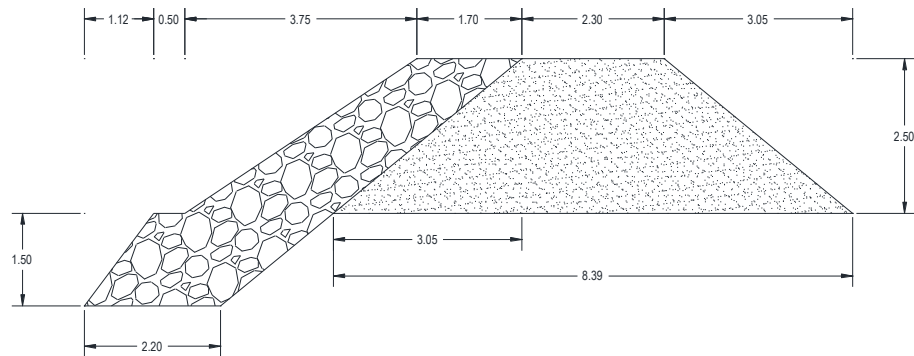
MÉTODO DE MANNING Y STRICKLER	=	41.26 m
SECCIÓN TEÓRICA DEL CAUCE		
ANCHO SELECCIONADO	=	30 m
TALUD	=	1.5
BORDE LIBRE	=	1.05 m
RUGOSIDAD	=	0.065
TIRANTE	=	2.45 m
ANCHO	=	37.36 m
ÁREA	=	82.52 m ²
PERÍMETRO	=	38.84 m
VELOCIDAD	=	5.089 m/s
Nº DE FROUDE	=	1.037
DISEÑO PRELIMINAR		
ANCHO DE CORONA	=	2.3 m
ALTURA DE DIQUE	=	2.5 m
ALTURA DE ENROCADO	=	2.5 m
ALTURA DE UÑA	=	1.5 m
ANCHO DE UÑA	=	2.2 m
ALTURA TOTAL	=	4 m
DETERMINACIÓN DE UÑA		
MÉTODO DE MANYARD (ANCHO SUPERIOR DE PROTECCIÓN)	=	1.71 m
MÉTODO DE ISBASH (ANCHO SUPERIOR DE PROTECCIÓN)	=	1.55 m
ANCHO ESTIMADO	=	1.70 m

El tipo de defensa seleccionada para esta zona por la facilidad en la edificación y el control de aguas fue la de un dique con protección frente a los efectos de socavación que se puedan generar, para el cual se determinó que el ancho estable del cauce es de 30 m en promedio, para el talud del dique se consideró una relación de 1.5, un borde libre de 1.05 m, con ello se estimó un tirante de 2.45 m, un ancho de corona de 2.30 m, altura de dique de 2.50 m, una altura de enrocado de 2.50 m, para el enrocado de protección se planteó una altura de uña de 1.50 m, con un ancho de 2.20 m y un ancho de protección de 1.70 m.

Como se indica en el párrafo anterior la altura total del dique de protección fue de 2.50 m dicho valor se encuentra por debajo del tirante estimado asegurando así la contención de los tirantes críticos obtenidos.

Figura 45

Sección de dique de protección



Con los valores obtenidos para el diseño del encauzamiento o dique de protección se elaboró un plano de sección de dicho elemento de contención, asegurando así la contención de las aguas de desborde y los efectos de socavación que se puedan presentar por efecto del transcurrir de las aguas.

Con ello se pudo demostrar en la investigación que los efectos de inundación serán mitigados a partir de la ejecución de un dique de encauzamiento con las medidas determinadas, protegiendo así tanto a las zonas habitadas como a las edificaciones importantes en la zona, ya que el planteamiento del dique concuerda con la hipótesis esta se demuestra y se valida como verdadera a partir de los resultados obtenidos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Gómez (2019), la información obtenida de la caracterización morfológica de la cuenca que sirvió de base para los proyectos que se generen a futuro en la zona de interés, los valores obtenidos del modelo CHA III para un periodo de retorno de 2 años con relación a la tormenta Otto se obtuvo un valor de caudal pico de 665.80 m³/s, para un análisis de 100 años con el mismo modelo con la metodología del bloque alterno se obtuvo un valor de 1954.02 m³/s. Con dicha información se lograron determinar herramientas para la generación de modelos hidrológicos e hidráulicos para la zona de interés.

Tabla 31

Caudales estimados para la cuenca del río Cozo

CAUDAL CRÍTICO	
AÑOS	CAUDAL
10	51.20 m ³ /s
25	63.30 m ³ /s
50	74.30 m ³ /s
100	87.20 m ³ /s
500	161.60 m ³ /s

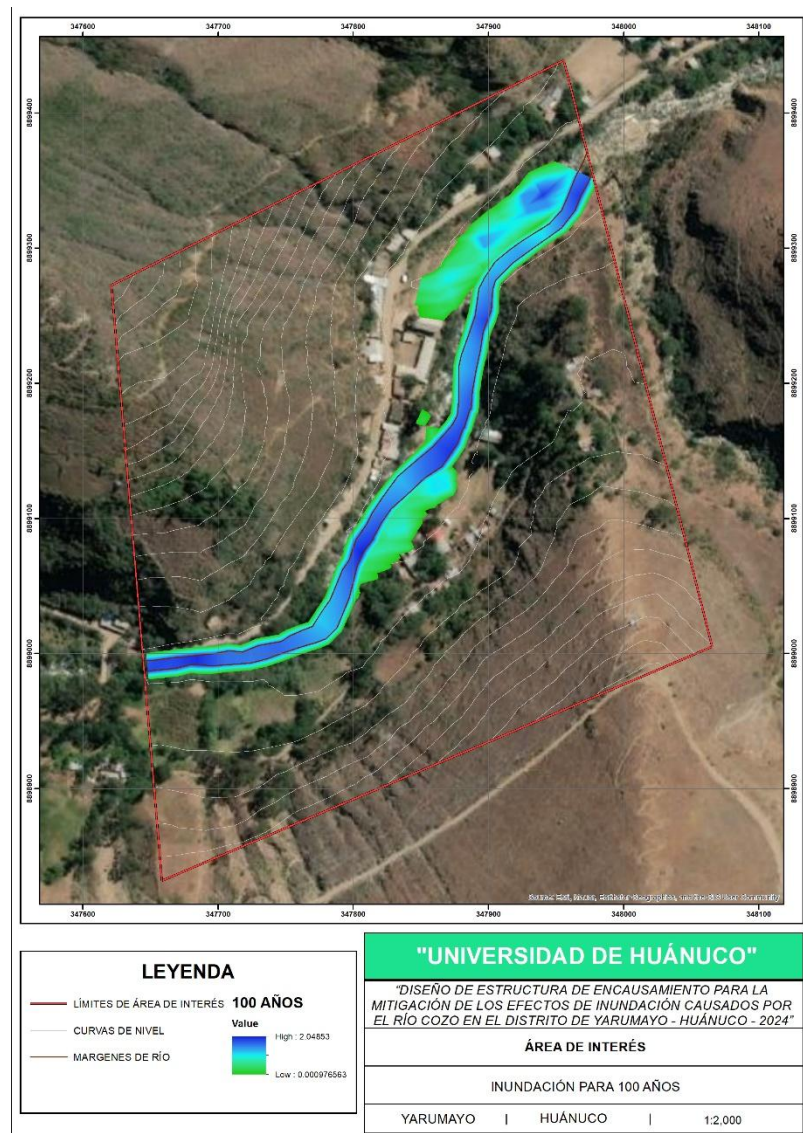
En la presente investigación se estimó a partir del modelo del número de curva los caudales de 51.20, 63.3, 74.30, 87.20 y 161.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años. La variación considerable en los valores de caudal se debe a la metodología aplicada en la determinación de valores de caudales críticos ya que para la tesis de Gómez la metodología aplicada es un modelo CHA III que son aplicables a cuencas de una extensión considerable, en la comparación de las superficies e las cuencas la cuenca que se genera por el río Corredor es de más de 20 veces la dimensión de la cuenca formada por el río Cozo, con ello se justifican la variación considerable de los caudales determinados en diferentes periodos de retorno.

Para Bazán (2021), determinó con la información obtenida en el modelo hidráulico plantea finalmente que para la protección de los márgenes del cauce del río una estructura de espigones con un ancho estable de 140 m para un flujo de velocidad de 3.77 m/s y un valor de

altura hidráulica de 2.32 m estos parámetros estimados para un periodo de retorno de 50 años, dicho modelo produce una socavación de alrededor a los 1.10 m en el inicio de la estructura de espigón y un valor de socavación de 3.69 en el extremo del espigón, dichas estructuras se proyectan para ambos márgenes del cauce analizado a fin de restaurar los márgenes del cauce.

Figura 46

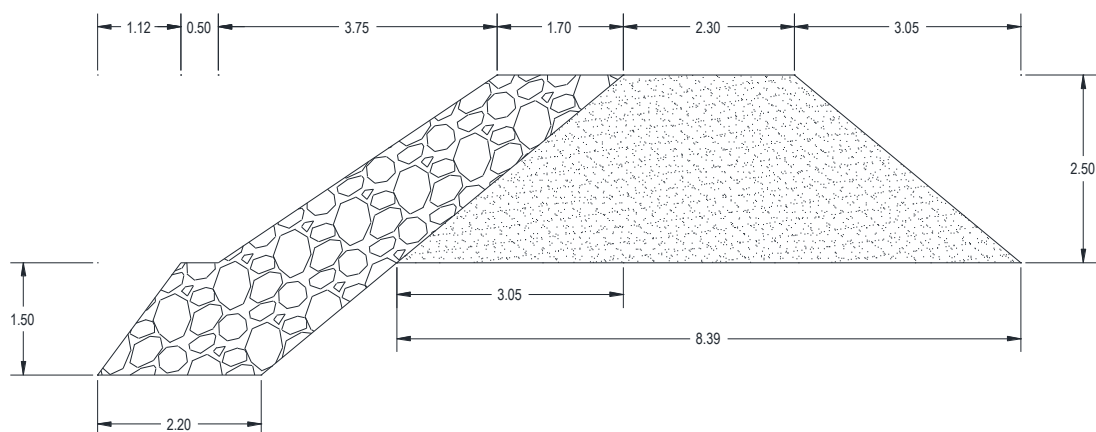
Modelo Hec-RAS – Inundación PR 100 años



Con el modelo de inundación también se pudo determinar el valor del tirante hidráulico el cual para un periodo de retorno de 100 años el cual se calcula en 2.048 m de altura en su punto más crítico. Con dicha información se pudo modelar la siguiente estructura de encauzamiento:

Figura 47

Sección de dique de protección



Teniendo las dimensiones de tirantes y talud del dique de protección este se estimó como se muestra en la figura a ambos márgenes del río debido a que para un periodo de retorno de 500 años el tirante del río es aproximadamente 2.20 m y con un dique de protección con una altura de 2.50 m quedaría completamente controlado el efecto de inundación mejorando así las condiciones de seguridad para la población circundante.

La variación en las dimensiones del dique en comparación con la investigación de Bazán se debe a que en dicha investigación los valores de tirante son menores a los identificados en la presente investigación lo mismo para los valores de caudal ya que estos son menores a los calculados debido a que la zona de influencia de la cuenca tomada como antecedente presenta una menor área en comparación a la cuenca del río Cozo.

CONCLUSIONES

Se determinó que el ancho promedio del cauce del río Cozo es de 30 metros. Para el diseño de la estructura de encauzamiento, se consideró una relación de talud de 1.5, un borde libre de 1.05 metros y un tirante de 2.45 metros. Además, se calculó un ancho de corona de 2.30 metros y una altura de dique de 2.50 metros, coincidiendo esta última con la altura del enrocado. Para el enrocado de protección, se propuso una altura de uña de 1.50 metros, con un ancho de 2.20 metros y un ancho de protección de 1.70 metros.

Mediante el modelo estadístico hidrológico, se estimaron los valores de pluviometría máxima en 24 horas para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, obteniendo 33.25 mm, 41.16 mm, 48.22 mm, 56.42 mm y 81.11 mm, respectivamente.

Se estimó a partir del modelo del número de curva los caudales de 51.20, 63.3, 74.30, 87.20 y 161.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

De los mapas de caracterización de las inundaciones se pudo identificar que los puntos críticos debido al incremento de caudal y posterior desborde del río son las zonas urbanas ubicadas en la parte final del cauce izquierdo, mientras que para el margen derecho se ve afectada la parte central del cauce, en ambos casos se ubican ahí las zonas urbanas.

RECOMENDACIONES

Para la optimización del diseño de la estructura de encauzamiento se recomienda tener en cuenta los estudios de suelos para ambos márgenes debido a que los usos de suelo pueden variar de acuerdo con el sector al que pertenezcan.

En la obtención de información pluviométrica para una cuenca se recomienda tener en cuenta los métodos de interpolación para el relleno de la información faltante así como para una posible estación ficticia ubicada en el centroide de la cuenca de interés.

Para la estimación de caudales es importante tener una identificación de la cobertura de suelo precisa, la investigación se basó en la información del Ministerio del Ambiente pero también se puede elaborar un modelo de suelo específico para la cuenca del río Cozo.

En la elaboración de información de mapas para la zona de interés se recomienda tener la identificación de las estructuras de refugio para albergar a la población afectada por las inundaciones para ello se recomienda en futuras investigaciones plantear una ruta segura y concientizar a la población sobre ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aponte, H. (2023). *Lluvias, inundaciones y su impacto en la población peruana: ¿Hemos aprendido la lección?* South Sustainability. Obtenido de <https://doi.org/10.21142/SS-0401-2023-e075>
- Ariza, F. (2017). *Evaluación de la calidad en modelos digitales de elevación*. Universidad de Jaén.
- Bazán, G. (2021). *Efecto del comportamiento de caudales máximos con fines de encauzamiento de avenidas en el sector puente Careaga, Río Chicama*. Universidad Privada del Norte.
- Cabrera, A. (2010). *Caracterización Hidrológica Multilocalidad*. SNHC.
- Castro, H. (2022). *Modelación hidráulica e hidrológica del Río Huallaga a fin de reducir la vulnerabilidad ante inundaciones en la urbanización Huayopampa, Distrito de Amarilis, Huánuco*. Universidad de Huánuco.
- Chereque, W. (1989). *Hidrología : para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificie Universidad Católica del Perú.
- Cruz, J. (2019). *Análisis de zonas vulnerables a inundación y sus alternativas de encauzamiento en el río Tumilaca, tramo Malecón Ribereño del Distrito de Moquegua*. Universidad José Carlos Mariátegui.
- Durón, J. (2012). *Modelos digitales de elevación para el continuo de elevaciones mexicanas*. INEGI.
- García, J. (2021). *Niveles de riesgo por inundación en el centro poblado Santa Rosa de Shapajilla por desborde de la quebrada Alimonia*. Universidad de Huánuco.
- Gil, L. (2019). *Estrategia para la gestión del riesgo ante inundaciones en zonas localizadas del Municipio de Tunja, Colombia*. Universidad Santo Tomás.
- Gómez, N. (2019). *Diseño de obras de mitigación y encauzamiento mediante modelaciones hidráulicas para disminuir la condición por vulnerabilidad de inundaciones en un tramo de 3 km de río comprendido en la cuenca media baja del Río Corredor*. Tecnológico de Costa Rica.
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología Básica y Aplicada*. Unidad Educativa Villa Florida.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.

- INGEMET. (2012). *Movimientos en masa que afectan a la ciudad de Huánuco*. INGEMET.
- Instituto Nacional de Hidrología . (2018). *Glosario de Términos hidrogeológicos*. INH.
- Jesús, C. (2022). *Simulación hidráulica para la determinación de llanuras de inundación del río Chinobamba en el sector caserío de Vado, Churubamba, Huánuco*. Universidad de Huánuco.
- López, F. (2019). *Análisis y diagnóstico de la vulnerabilidad general al riesgo derivado de los procesos de inundación fluvial en el litoral mediterráneo Peninsular*. Universidad de Murcia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. MTC.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- Organización Meteorológica Mundial. (2021). *2021 State of Climate services. Water*. OMM.
- Peñazola, R. (2021). *Diseño de un sistema de alerta temprana para prevención de inundaciones en la zona de Yautepec, Morelos*. Instituto mexicano de tecnología del agua.
- Reque, D. (2019). *Estudio de encauzamiento y diseño de defensas ribereñas en el río Reque-Sector Ciudad Eten*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Sopelana, J. (2022). *Estudio de inundaciones en estuarios y tramos de ríos costeros. Aplicación a ríos del noroeste de España*. Universidade da Coruña.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Reyes Callhuanca, J. S. (2025). *Diseño de estructura de encausamiento para la mitigación de los efectos de inundación causados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo - Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS	E
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Técnica	
¿Cuáles son las dimensiones adecuadas para una estructura de encauzamiento a fin de mitigar los efectos de inundaciones ocasionados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?	Calcular las dimensiones adecuadas para una estructura de encauzamiento a fin de mitigar los efectos de inundaciones ocasionados por el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.	Una estructura de encauzamiento con dimensiones óptimas mitigará los efectos de las inundaciones protegiendo áreas habitadas e infraestructuras críticas.	• Revisión bibliográfica • Análisis de tendencias • Estudio correlacional • Muestreo de áreas vulnerables • Modelo hidráulico	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos		Instrumentos	
¿Cuáles son los valores de pluviometría y meteorología que afectan directamente al caudal de río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?	Identificar los valores de pluviometría y meteorología que afectan directamente al caudal de río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.		• Registros pluviométricos • HEC-HMS • HEC-RAS • Encuestas • Análisis geoespacial	
¿Cómo afectan los valores de caudal crítico para periodos de retorno de 5, 25, 100 y 500 años para el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco?	Calcular los valores de caudal crítico para periodos de retorno de 5, 25, 100 y 500 años para el río Cozo en el distrito de Yarumayo-Huánuco.			
¿En qué medida ayudan los mapas de caracterización para identificación de	Elaborar mapas de caracterización para identificación de puntos críticos causados por			

puntos críticos causados por inundación del río Cozo en el distrito de Yarumayo- Yarumayo-Huánuco. Huánuco?

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
Tipo de Investigación: Cuantitativo	Población: Para la investigación se consideró como población el cauce del río Cozo en su tramo completo en el distrito de Yarumayo.	Variable Dependiente Efectos de inundaciones.
Alcance de Investigación: Correlacional.		Variable Independiente
Diseño: No Experimental.	Muestra: Para la investigación se tomó en cuenta un tramo de 500 m aguas abajo a partir de la intersección de las vías HU-1095 y HU-111.	Estructura de encauzamiento

ANEXO N° 2

TABLAS Y FIGURAS

Figura 48

Ubicación de la zona de investigación

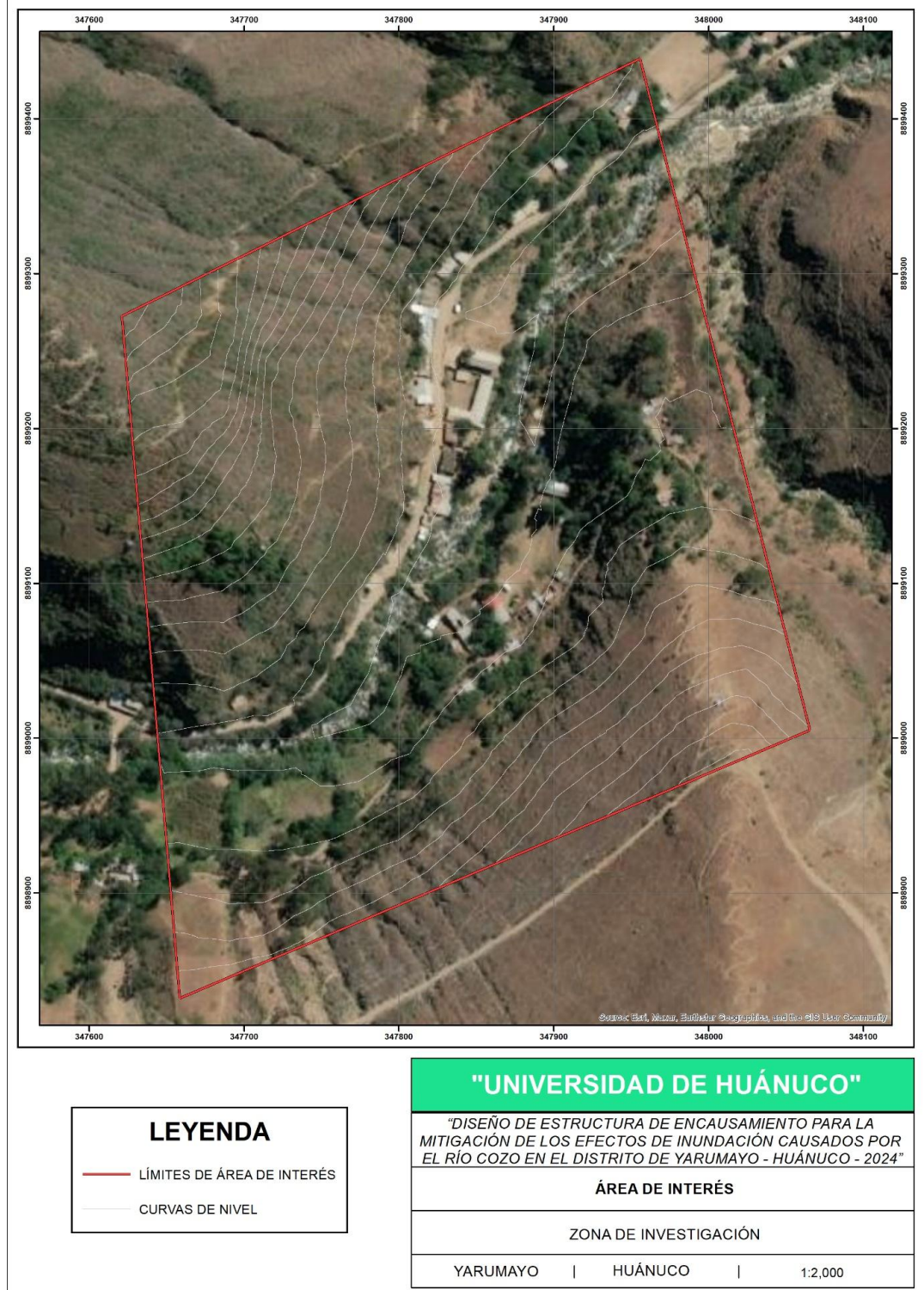


Tabla 32

Rangos de alturas

Min	Max	Promedio	Áreas (Km²)	Área Acumulada	Área Sobre Curva	la	Áreas en %	Área Sobre Curva (%)
2323	2831	2577	9.33	9.33	407.23	2.24	97.76	
2831	3119	2975	18.19	27.52	389.04	4.37	93.39	
3119	3351	3235	28.61	56.13	360.43	6.87	86.53	
3351	3550	3450.5	37.72	93.85	322.71	9.06	77.47	
3550	3727	3638.5	52.02	145.87	206.76	12.49	64.98	
3727	3890	3808.5	63.92	209.80	206.76	15.35	49.64	
3890	4042	3966	75.54	285.33	131.22	18.13	31.50	
4042	4195	4118.5	83.67	369.00	47.56	20.08	11.42	
4195	4526	4360.5	47.56	416.56	0.00	11.42	0.00	

Tabla 33

Caracterización Red Hídrica

Orden	Cantidad	Longitud (Km)	Coincidencias (A)	Pendiente prom (B)	A * B
1	66	129.47	12458	18.713948	233138.3642
2	15	60.83	5844	16.654587	97329.40643
3	4	21.24	2069	15.543027	32158.52286
4	1	18.80	1816	12.330391	22391.99006
Longitud Total		230.33	22187		385018.2835
Pendiente promedio				17.35332778	

Tabla 34

Rangos de pendiente de cuenca

PENDIENTE DE LA CUENCA				
Pendientes		Promedio (A)	Ocurrencia (B)	A * B
Min	Max			
0	10	5	1814201	9071005
10	20	15	788268	11824020
20	30	25	55078	1376950
30	40	35	6478	226730
40	50	45	1380	62100
50	60	55	399	21945
60	70	65	86	5590
70	80	75	38	2850
80	90	85	12	1020
90	100	95	5	475
Total			2665945	22592685
Pendiente promedio de la Cuenca			8.4745503	

Tabla 35

Registro Incompleto – Estación Huánuco

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN HUÁNUCO															
AÑO	1 E N	2 F E	3 M A R	4 A B R	5 M A Y	6 JUN	7 JUL	8 A G O	9 S E T	10 O C T	11 N O V	12 D I C	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	24. 80 m m	22. 40 m m	20. 40 m m	22. 30 m m	0.0 0 m m	8.4 0 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	24.8 0 mm	1.39	-41.76 mm
1981	- 99. 90 m m	7.2 0 m m	9.3 0 m m	16. 70 m m	4.9 0 m m	0.4 0 m m	1.4 0 m m	2.4 0 m m	3.5 0 m m	13. 30 m m	36. 80 m m	35. 30 m m	36.8 0 mm	1.57	2.61 mm
1982	26. 70 m m	14. 00 m m	42. 90 m m	14. 10 m m	2.2 0 m m	0.9 0 m m	3.1 0 m m	3.5 0 m m	1.7 0 m m	6.8 0 m m	8.6 0 m m	21. 60 m m	42.9 0 mm	1.63	12.18 mm
1983	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99.9 0 mm	#¡NUM!	-99.90 mm
1984	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99.9 0 mm	#¡NUM!	-99.90 mm
1985	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99. 90 m m	- 99.9 0 mm	#¡NUM!	-99.90 mm
1986	6.1 0 m m	17. 60 m m	18. 50 m m	7.4 0 m m	10. 00 m m	12. 90 m m	2.1 0 m m	9.1 0 m m	5.2 0 m m	4.5 0 m m	8.1 0 m m	15. 60 m m	18.5 0 mm	1.27	9.76 mm
1987	4.9 0 m m	12. 20 m m	18. 60 m m	13. 50 m m	2.9 0 m m	4.8 0 m m	4.2 0 m m	2.4 0 m m	4.5 0 m m	5.7 0 m m	15. 80 m m	12. 00 m m	18.6 0 mm	1.27	8.46 mm
1988	13. 80 m m	20. 10 m m	8.7 0 m m	18. 60 m m	4.2 0 m m	0.0 0 m m	4.2 0 m m	1.5 0 m m	7.4 0 m m	3.6 0 m m	10. 70 m m	11. 60 m m	20.1 0 mm	1.30	8.70 mm
1989	15. 70 m m	8.0 0 m m	11. 90 m m	6.5 0 m m	6.3 0 m m	3.4 0 m m	0.0 0 m m	1.4 0 m m	5.7 0 m m	20. 60 m m	11. 10 m m	27. 40 m m	27.4 0 mm	1.44	9.83 mm
1990	11. 50 m m	6.1 0 m m	15. 10 m m	20. 10 m m	13. 00 m m	4.7 0 m m	1.3 0 m m	4.5 0 m m	2.8 0 m m	21. 30 m m	18. 00 m m	12. 00 m m	21.3 0 mm	1.33	10.87 mm

1991	4.7	15.	28.	8.3	2.0	5.0	4.8	0.0	2.2	11.	15.	20.	28.8	1.46	9.80 mm
	0	00	80	0	0	0	0	0	0	40	00	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1992	8.5	29.	15.	5.4	0.0	3.6	0.0	25.	2.0	38.	24.	9.8	38.4	1.58	13.57 mm
	0	60	60	0	0	0	0	00	0	40	90	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1993	12.	18.	13.	13.	6.2	4.7	3.4	3.7	6.0	7.6	16.	12.	18.0	1.26	9.83 mm
	50	00	70	50	0	0	0	0	0	0	40	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1994	-	8.7	10.	24.	15.	0.0	0.0	0.0	20.	19.	7.2	20.	24.0	1.38	2.17 mm
	99.	0	90	00	00	0	0	0	50	00	0	60	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1995	8.0	18.	17.	8.9	1.8	0.7	1.2	0.4	3.0	8.9	13.	12.	18.9	1.28	7.96 mm
	0	90	50	0	0	0	0	0	0	0	90	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1996	13.	9.1	15.	17.	10.	0.0	0.1	3.5	1.4	9.3	15.	8.1	17.1	1.23	8.63 mm
	50	0	90	10	40	1	0	0	0	0	10	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1997	10.	6.6	11.	10.	4.2	1.9	0.0	4.1	5.3	8.3	11.	7.8	11.4	1.06	6.83 mm
	50	0	40	60	0	0	0	0	0	0	20	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1998	17.	16.	27.	1.0	2.7	1.8	0.0	1.5	3.2	13.	26.	7.2	27.5	1.44	9.89 mm
	90	50	50	0	0	0	0	0	0	40	00	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1999	13.	28.	15.	5.4	9.2	8.1	4.7	0.6	33.	5.6	10.	13.	33.0	1.52	12.28 mm
	10	00	20	0	0	0	0	0	00	0	70	70	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2000	10.	14.	14.	7.7	5.3	7.3	2.4	12.	4.0	2.8	20.	19.	20.3	1.31	10.07 mm
	80	20	60	0	0	0	0	10	0	0	30	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2001	11.	8.9	10.	25.	7.4	0.8	3.2	5.0	2.0	10.	48.	10.	48.7	1.69	12.03 mm
	30	0	60	70	0	0	0	0	0	00	70	80	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2002	13.	19.	14.	27.	9.7	2.1	5.2	1.3	2.8	22.	7.8	5.2	27.2	1.43	10.96 mm
	00	40	90	20	0	0	0	0	0	90	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2003	12.	6.4	9.4	14.	3.0	0.1	0.1	6.9	4.4	12.	23.	18.	23.0	1.36	9.26 mm
	30	0	0	90	0	0	0	0	0	50	00	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2004	7.6	8.1	11.	10.	11.	1.4	2.1	4.6	11.	6.4	13.	17.	17.6	1.25	8.85 mm
	0	0	90	50	70	0	0	0	30	0	00	60	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2005	5.9	16.	25.	2.4	0.6	0.0	0.8	7.5	3.5	11.	8.7	20.	25.5	1.41	8.55 mm
	0	60	50	0	0	1	0	0	0	00	0	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	28.	11.	18.	8.3	1.9	3.6	1.6	2.0	7.2	18.	21.	18.	28.0		
2006	00	30	90	0	0	0	0	0	0	90	70	20	0	1.45	11.80
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	8.7	2.4	12.	7.5	5.3	1.2	3.3	2.9	2.3	25.	13.	27.	27.3		
2007	0	0	30	0	0	0	0	0	0	80	70	30	0	1.44	9.39
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	7.9	12.	16.	15.	2.7	1.8	0.1	0.7	14.	11.	33.	30.	33.1		
2008	0	50	60	80	0	0	0	0	20	70	10	60	0	1.52	12.31
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	19.	10.	19.	10.	7.3	9.0	4.0	3.4	2.3	16.	8.5	9.1	19.6		
2009	60	00	40	60	0	0	0	0	0	80	0	0	0	1.29	10.00
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	4.9	17.	22.	6.8	2.4	1.2	3.8	5.0	9.6	12.	21.	19.	22.6		
2010	0	40	60	0	0	0	0	0	0	00	80	90	0	1.35	10.62
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	13.	11.	35.	8.0	9.5	1.8	0.9	1.5	11.	20.	19.	36.	36.2		
2011	60	60	40	0	0	0	0	0	40	40	30	20	0	1.56	14.13
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	16.	12.	11.	16.	5.7	1.9	4.7	2.5	2.6	16.	29.	30.	30.7		
2012	30	30	60	30	0	0	0	0	0	20	60	70	0	1.49	12.53
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	7.9	13.	14.	13.	1.9	4.7	5.5	14.	2.4	13.	11.	19.	19.9		
2013	0	80	70	60	0	0	0	10	0	40	10	90	0	1.30	10.25
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
MÁXIMO	28.	29.	42.	27.	15.	12.	5.5	25.	33.	38.	48.	36.			
	00	60	90	20	00	90	0	00	00	40	70	20			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
LOG(MÁXIMO)	1.4	1.4	1.6	1.4	1.1	1.1	0.7	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5			
	5	7	3	3	8	1	4	0	2	8	9	6			
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PROMEDIO	4.1	3.6	7.0	2.6	3.8	5.9	9.7	7.8	6.2	0.0	3.8	3.8			
	0	2	8	2	3	3	5	4	4	3	3	6			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

Tabla 36

Registro completo – Estación Huánuco

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN HUÁNUCO															
AÑO	1 E N	2 F E B	3 M A R	4 A B R	5 M A Y	6 J U N	7 J U L	8 A G O	9 S E T	10 O C T	11 N O V	12 D I C	MÁXIMO	LOG(MÁXIMO)	PROMEDIO
1980	24.	22.	20.	22.	0.0	8.4	2.	4.4	6.2	13.	17.	17.	24.8		
	80	40	40	30	0	0	2	4	5	28	66	69	0	1.39	13.32
	m	m	m	m	m	m	7	m	m	m	m	m	mm		mm
	m	m	m	m	m	m		m	m	m	m	m			

							m m 1.										
1981	12. 41 m m	7.2 0 m m	9.3 0 m m	16. 70 m m	4.9 0 m m	0.4 0 m m	1. 4 0 m m	2.4 0 m m	3.5 0 m m	13. 30 m m	36. 80 m m	35. 30 m m	36.8 0 mm	1.57	11.97 mm		
1982	26. 70 m m	14. 00 m m	42. 90 m m	14. 10 m m	2.2 0 m m	0.9 0 m m	3. 1 0 m m	3.5 0 m m	1.7 0 m m	6.8 0 m m	8.6 0 m m	21. 60 m m	42.9 0 mm	1.63	12.18 mm		
1983	12. 41 m m	13. 64 m m	17. 43 m m	12. 54 m m	5.4 6 m m	3.1 7 m m	2. 2 7 m m	4.4 4 m m	6.2 5 m m	13. 28 m m	17. 66 m m	17. 69 m m	17.6 9 mm	1.25	10.52 mm		
1984	12. 41 m m	13. 64 m m	17. 43 m m	12. 54 m m	5.4 6 m m	3.1 7 m m	2. 2 7 m m	4.4 4 m m	6.2 5 m m	13. 28 m m	17. 66 m m	17. 69 m m	17.6 9 mm	1.25	10.52 mm		
1985	12. 41 m m	13. 64 m m	17. 43 m m	12. 54 m m	5.4 6 m m	3.1 7 m m	2. 2 7 m m	4.4 4 m m	6.2 5 m m	13. 28 m m	17. 66 m m	17. 69 m m	17.6 9 mm	1.25	10.52 mm		
1986	6.1 0 m m	17. 60 m m	18. 50 m m	7.4 0 m m	10. 00 m m	12. 90 m m	2. 1 0 m m	9.1 0 m m	5.2 0 m m	4.5 0 m m	8.1 0 m m	15. 60 m m	18.5 0 mm	1.27	9.76 mm		
1987	4.9 0 m m	12. 20 m m	18. 60 m m	13. 50 m m	2.9 0 m m	4.8 0 m m	4. 2 0 m m	2.4 0 m m	4.5 0 m m	5.7 0 m m	15. 80 m m	12. 00 m m	18.6 0 mm	1.27	8.46 mm		
1988	13. 80 m m	20. 10 m m	8.7 0 m m	18. 60 m m	4.2 0 m m	0.0 0 m m	4. 2 0 m m	1.5 0 m m	7.4 0 m m	3.6 0 m m	10. 70 m m	11. 60 m m	20.1 0 mm	1.30	8.70 mm		
1989	15. 70 m m	8.0 0 m m	11. 90 m m	6.5 0 m m	6.3 0 m m	3.4 0 m m	0. 0 0 m m	1.4 0 m m	5.7 0 m m	20. 60 m m	11. 10 m m	27. 40 m m	27.4 0 mm	1.44	9.83 mm		
1990	11. 50 m m	6.1 0 m m	15. 10 m m	20. 10 m m	13. 00 m m	4.7 0 m m	1. 3 0 m m	4.5 0 m m	2.8 0 m m	21. 30 m m	18. 00 m m	12. 00 m m	21.3 0 mm	1.33	10.87 mm		
1991	4.7 0 m m	15. 00 m m	28. 80 m m	8.3 0 m m	2.0 0 m m	5.0 0 m m	4. 8 0 m m	0.0 0 m m	2.2 0 m m	11. 40 m m	15. 00 m m	20. 40 m m	28.8 0 mm	1.46	9.80 mm		
1992	8.5 0	29. 60	15. 60	5.4 0	0.0 0	3.6 0	0. 0 0	25. 00	2.0 0	38. 40	24. 90	9.8 0	38.4 0 mm	1.58	13.57 mm		

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
1993	12.50	18.00	13.70	13.50	6.20	4.70	3.40	3.70	6.00	7.60	16.40	12.30	18.00	1.26	9.83	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1994	12.41	8.70	10.90	24.00	15.00	0.00	0.00	0.00	20.50	19.00	7.20	20.60	24.00	1.38	11.53	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1995	8.00	18.90	17.50	8.90	1.80	0.70	1.20	0.40	3.00	8.90	13.90	12.30	18.90	1.28	7.96	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1996	13.50	9.10	15.90	17.10	10.40	0.01	0.00	3.50	1.40	9.30	15.10	8.10	17.10	1.23	8.63	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1997	10.50	6.60	11.40	10.60	4.20	1.90	0.00	4.10	5.30	8.30	11.20	7.80	11.40	1.06	6.83	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1998	17.90	16.50	27.50	1.00	2.70	1.80	0.00	1.50	3.20	13.40	26.00	7.20	27.50	1.44	9.89	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
1999	13.10	28.00	15.20	5.40	9.20	8.10	4.70	0.60	33.00	5.60	10.70	13.70	33.00	1.52	12.28	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2000	10.80	14.20	14.60	7.70	5.30	7.30	2.40	12.10	4.00	2.80	20.30	19.30	20.30	1.31	10.07	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2001	11.30	8.90	10.60	25.70	7.40	0.80	3.20	5.00	2.00	10.00	48.70	10.80	48.70	1.69	12.03	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2002	13.00	19.40	14.90	27.20	9.70	2.10	5.20	1.30	2.80	22.90	7.80	5.20	27.20	1.43	10.96	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2003	12.30	6.40	9.40	14.90	3.00	0.10	0.10	6.90	4.40	12.50	23.00	18.10	23.00	1.36	9.26	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2004	7.60	8.10	11.90	10.50	11.70	1.40	2.10	4.60	11.30	6.40	13.00	17.60	17.60	1.25	8.85	mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			

	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
2005	5.9	16.	25.	2.4	0.6	0.0	0.	7.5	3.5	11.	8.7	20.	25.5	1.41	8.55
	0	60	50	0	0	1	8	0	0	00	0	10	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2006	28.	11.	18.	8.3	1.9	3.6	1.	2.0	7.2	18.	21.	18.	28.0	1.45	11.80
	00	30	90	0	0	0	6	0	0	90	70	20	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2007	8.7	2.4	12.	7.5	5.3	1.2	3.	2.9	2.3	25.	13.	27.	27.3	1.44	9.39
	0	0	30	0	0	0	3	0	0	80	70	30	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2008	7.9	12.	16.	15.	2.7	1.8	0.	0.7	14.	11.	33.	30.	33.1	1.52	12.31
	0	50	60	80	0	0	1	0	20	70	10	60	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2009	19.	10.	19.	10.	7.3	9.0	4.	3.4	2.3	16.	8.5	9.1	19.6	1.29	10.00
	60	00	40	60	0	0	0	0	0	80	0	0	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2010	4.9	17.	22.	6.8	2.4	1.2	3.	5.0	9.6	12.	21.	19.	22.6	1.35	10.62
	0	40	60	0	0	0	8	0	0	00	80	90	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2011	13.	11.	35.	8.0	9.5	1.8	0.	1.5	11.	20.	19.	36.	36.2	1.56	14.13
	60	60	40	0	0	0	9	0	40	40	30	20	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2012	16.	12.	11.	16.	5.7	1.9	4.	2.5	2.6	16.	29.	30.	30.7	1.49	12.53
	30	30	60	30	0	0	7	0	0	20	60	70	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
2013	7.9	13.	14.	13.	1.9	4.7	5.	14.	2.4	13.	11.	19.	19.9	1.30	10.25
	0	80	70	60	0	0	5	10	0	40	10	90	0		mm
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
MÁXIMO	28.	29.	42.	27.	15.	12.	5.	25.	33.	38.	48.	36.			
	00	60	90	20	00	90	5	00	00	40	70	20			
	m	m	m	m	m	m	0	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
LOG(MÁXIMO)	1.4	1.4	1.6	1.4	1.1	1.1	0.	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5			
	5	7	3	3	8	1	7	0	2	8	9	6			
							4								
PROMEDIO	12.	13.	17.	12.	5.4	3.1	2.	4.4	6.2	13.	17.	17.			
	41	64	43	54	6	7	2	4	5	28	66	69			
	m	m	m	m	m	m	7	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

Tabla 37

Prueba Outlier – Estación Huánuco

PRUEBA OUTLIER DE DATOS DUDOSOS			
ÍTEM	=	MÁXIMAS EN 24 HRS	LOG (MÁX 24 HRS)
CANTIDAD DE DATOS	=	34	34
SUMATORIA	=	860.27 mm	45.68
VAL. MÍN.	=	11.40 mm	1.06
VAL.MÁX.	=	48.70 mm	1.69
MEDIA	=	25.30 mm	1.38
VARIANZA	=	69.36	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	=	8.33	0.14
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	0.33	0.10
COEFICIENTE DE SESGO	=	0.98	0.20
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS ALTOS	=	54.94 mm	
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS BAJOS	=	10.56 mm	

Tabla 38

Prueba Outlier – Estación Milpo

PRUEBA OUTLIER DE DATOS DUDOSOS			
ÍTEM	=	MÁXIMAS EN 24 HRS	LOG (MÁX 24 HRS)
CANTIDAD DE DATOS	=	34	34
SUMATORIA	=	1190.37 mm	48.44
VAL. MÍN.	=	8.00 mm	0.90
VAL.MÁX.	=	98.60 mm	1.99
MEDIA	=	35.01 mm	1.48
VARIANZA	=	439.57	0.06
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	=	20.97	0.25
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	0.60	0.17
COEFICIENTE DE SESGO	=	1.63	-0.10
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS ALTOS	=	133.72 mm	

**UMBRAL DE
DATOS
DUDOSOS
BAJOS** = 6.71 mm

Tabla 39

Registro Incompleto – Estación Oyón

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN OYÓN															
AÑO	1 EN	2 FE	3 MA	4 AB	5 MAY	6 JUN	7 JUL	8 AGO	9 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	12.00 m	14.50 m	15.00 m	3.10 m	4.00 m	1.20 m	0.80 m	0.00 m	2.80 m	20.20 m	13.40 m	19.60 m	20.20 mm	1.31	8.88 mm
1981	29.80 m	18.40 m	24.10 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	3.70 m	0.00 m	18.10 m	5.70 m	12.40 m	29.80 mm	1.47	9.35 mm
1982	10.30 m	15.10 m	19.20 m	16.40 m	-99.90 m	0.00 m	4.30 m	0.00 m	0.00 m	7.70 m	7.70 m	23.00 m	23.00 mm	1.36	0.32 mm
1983	21.80 m	9.00 m	13.30 m	12.80 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	2.20 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	21.80 mm	1.34	-20.05 mm
1984	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 mm	#¡NUM!	-99.90 mm
1985	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 mm	#¡NUM!	-99.90 mm
1986	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	-99.90 m	3.50 m	6.20 m	6.30 m	9.40 m	7.00 m	21.60 m	21.60 mm	1.33	-45.45 mm
1987	10.80 m	16.10 m	13.90 m	8.30 m	1.70 m	0.00 m	5.30 m	3.00 m	7.00 m	5.60 m	12.20 m	13.20 m	16.10 mm	1.21	8.09 mm
1988	16.40 m	10.20 m	13.10 m	9.50 m	8.60 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	7.60 m	7.90 m	6.40 m	14.70 m	16.40 mm	1.21	7.87 mm
1989	21.80 m	17.60 m	17.20 m	14.00 m	10.00 m	3.50 m	0.00 m	2.00 m	6.00 m	7.90 m	5.20 m	4.30 m	21.80 mm	1.34	9.13 mm

1990	6.4	11.	15.	4.4	2.9	1.0	0.0	0.0	1.0	24.	10.	20.	24.9	1.40	8.17 mm
	0	10	20	0	0	0	0	0	0	90	70	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1991	6.6	11.	8.8	6.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	5.2	11.2	1.05	3.63 mm
	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1992	10.	6.2	9.6	12.	1.8	2.2	0.0	0.4	6.6	6.5	5.6	7.0	12.5	1.10	5.74 mm
	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1993	17.	10.	14.	13.	0.8	0.0	0.0	0.0	5.4	8.3	11.	15.	17.3	1.24	8.09 mm
	30	90	00	70	0	0	0	0	0	0	60	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1994	15.	13.	16.	12.	7.3	1.7	1.9	0.4	12.	7.1	15.	7.2	16.0	1.20	9.10 mm
	30	20	00	00	0	0	0	0	00	0	10	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1995	18.	8.2	19.	15.	3.4	5.1	1.2	4.4	3.8	8.3	11.	22.	22.1	1.34	10.18 mm
	50	0	80	60	0	0	0	0	0	0	70	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1996	14.	13.	23.	11.	2.9	0.0	0.0	2.0	4.2	15.	8.4	15.	23.7	1.37	9.23 mm
	30	10	70	70	0	0	0	0	0	00	0	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1997	17.	19.	9.6	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	6.6	10.	14.	19.6	1.29	7.69 mm
	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1998	15.	13.	17.	10.	2.0	2.5	0.0	0.0	4.6	19.	15.	10.	19.5	1.29	9.20 mm
	70	40	50	20	0	0	0	0	0	50	00	00	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1999	14.	22.	12.	10.	7.4	0.0	1.5	0.0	11.	17.	14.	15.	22.5	1.35	10.57 mm
	20	50	60	20	0	0	0	0	00	60	40	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2000	12.	19.	11.	13.	6.4	0.0	1.2	2.3	12.	20.	18.	19.	20.3	1.31	11.48 mm
	50	80	20	80	0	0	0	0	00	30	80	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2001	17.	9.6	19.	18.	4.1	5.9	0.0	0.0	9.1	17.	17.	17.	19.5	1.29	11.42 mm
	00	0	50	90	0	0	0	0	0	10	90	90	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2002	22.	14.	16.	8.4	5.1	1.0	0.0	1.8	4.7	18.	13.	14.	22.1	1.34	10.03 mm
	10	20	70	0	0	0	0	0	0	60	70	00	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2003	15.	26.	17.	6.8	0.0	0.0	0.0	1.3	6.5	15.	3.7	9.4	26.6	1.42	8.55 mm
	40	60	10	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2004	9.9	16.	8.8	-	0.0	3.6	0.0	0.0	8.9	11.	15.	10.	16.6	1.22	-1.32 mm
	0	60	0	99.	0	0	0	0	0	20	00	10	0		
	m	m	m	90	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		

				m												
2005	-	10.	15.	1.8	2.2	0.0	0.0	2.7	0.5	8.0	9.2	12.	15.9	1.20	-3.09	
	99.	20	90	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2006	14.	20.	11.	-	0.3	6.2	0.0	3.3	2.3	6.7	20.	13.	20.6	1.31	-0.10	
	00	60	80	99.	0	0	0	0	0	0	10	40	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2007	13.	21.	21.	16.	22.	0.0	0.0	0.0	6.7	13.	9.1	15.	22.2	1.35	11.63	
	90	70	30	10	20	0	0	0	0	50	0	00	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2008	15.	20.	18.	17.	0.0	2.5	0.0	0.0	2.8	13.	3.2	20.	20.7	1.32	9.56	
	20	70	90	50	0	0	0	0	0	20	0	70	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2009	10.	11.	22.	17.	6.6	0.0	1.5	2.7	3.9	10.	12.	12.	22.2	1.35	9.33	
	80	30	20	40	0	0	0	0	0	50	30	80	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2010	17.	14.	12.	8.2	0.0	1.2	0.0	0.0	3.1	11.	8.1	29.	29.6	1.47	8.93	
	60	70	80	0	0	0	0	0	0	80	0	60	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2011	16.	11.	17.	16.	2.8	0.6	-	0.0	3.4	7.8	22.	17.	22.8	1.36	1.38	
	30	10	90	30	0	0	99.	0	0	0	80	40	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2012	17.	18.	13.	17.	1.1	1.5	0.0	0.0	14.	8.9	10.	12.	18.5	1.27	9.59	
	60	50	40	00	0	0	0	0	30	0	30	50	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
2013	14.	2.8	-	-	4.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	14.3	1.16	-56.52	
	30	0	99.	99.	0	99.	99.	99.	99.	99.	0	0	0			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
MÁXIMO	29.	26.	24.	18.	22.	6.2	5.3	6.2	14.	24.	22.	29.				
	80	60	10	90	20	0	0	0	30	90	80	60				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
LOG(MÁXIMO)	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3	0.7	0.7	0.7	1.1	1.4	1.3	1.4				
	7	2	8	8	5	9	2	9	6	0	6	7				
PROMEDIO	1.6	4.3	2.0	-	8.5	10.	11.	7.7	3.9	1.3	0.8	4.2				
	6	8	7	8.5	6	59	13	5	4	4	7	9				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m				

Tabla 40

Registro Completo – Estación Oyón

REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN OYÓN															
AÑO	1 E	2 F	3 M	4 A	5 M	6 J	7 J	8 A	9 S	10 O	11 N	12 D	MÁX IMO	LOG(M ÁXIMO)	PROM EDIO
1980	12. 00 m	14. 50 m	15. 00 m	3.1 0 m	4.0 0 m	1. 20 m	0. 80 m	0. 00 m	2.8 0 m	20. 20 m	13. 40 m	19. 60 m	20.2 0 mm	1.31	8.88 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1981	29. 80 m	18. 40 m	24. 10 m	0.0 0 m	0.0 0 m	0. 00 m	0. 00 m	3. 70 m	0.0 0 m	18. 10 m	5.7 0 m	12. 40 m	29.8 0 mm	1.47	9.35 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1982	10. 30 m	15. 10 m	19. 20 m	16. 40 m	3.6 2 m	0. 00 m	4. 30 m	0. 00 m	0.0 0 m	7.7 0 m	7.7 0 m	23. 00 m	23.0 0 mm	1.36	8.94 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1983	21. 80 m	9.0 0 m	13. 30 m	12. 80 m	0.0 0 m	0. 00 m	0. 00 m	0. 00 m	2.2 0 m	11. 80 m	10. 63 m	14. 37 m	21.8 0 mm	1.34	7.99 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1984	15. 20 m	14. 47 m	15. 67 m	11. 06 m	3.6 2 m	1. 32 m	0. 71 m	1. 17 m	5.3 5 m	11. 80 m	10. 63 m	14. 37 m	15.6 7 mm	1.20	8.78 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1985	15. 20 m	14. 47 m	15. 67 m	11. 06 m	3.6 2 m	1. 32 m	0. 71 m	1. 17 m	5.3 5 m	11. 80 m	10. 63 m	14. 37 m	15.6 7 mm	1.20	8.78 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1986	15. 20 m	14. 47 m	15. 67 m	11. 06 m	3.6 2 m	1. 32 m	3. 50 m	6. 20 m	6.3 0 m	9.4 0 m	7.0 0 m	21. 60 m	21.6 0 mm	1.33	9.61 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1987	10. 80 m	16. 10 m	13. 90 m	8.3 0 m	1.7 0 m	0. 00 m	5. 30 m	3. 00 m	7.0 0 m	5.6 0 m	12. 20 m	13. 20 m	16.1 0 mm	1.21	8.09 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1988	16. 40 m	10. 20 m	13. 10 m	9.5 0 m	8.6 0 m	0. 00 m	0. 00 m	0. 00 m	7.6 0 m	7.9 0 m	6.4 0 m	14. 70 m	16.4 0 mm	1.21	7.87 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1989	21. 80 m	17. 60 m	17. 20 m	14. 00 m	10. 00 m	3. 50 m	0. 00 m	2. 00 m	6.0 0 m	7.9 0 m	5.2 0 m	4.3 0 m	21.8 0 mm	1.34	9.13 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1990	6.4 0 m	11. 10 m	15. 20 m	4.4 0 m	2.9 0 m	1. 00 m	0. 00 m	0. 00 m	1.0 0 m	24. 90 m	10. 70 m	20. 40 m	24.9 0 mm	1.40	8.17 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
1991	6.6 0 m	11. 20 m	8.8 0 m	6.1 0 m	0.9 0 m	0. 00 m	0. 00 m	0. 00 m	0.0 0 m	0.0 0 m	4.7 0 m	5.2 0 m	11.2 0 mm	1.05	3.63 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		

1992	10.	6.2	9.6	12.	1.8	2.	0.	0.	6.6	6.5	5.6	7.0	12.5	1.10	5.74 mm
	50	0	0	50	0	20	00	40	0	0	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1993	17.	10.	14.	13.	0.8	0.	0.	0.	5.4	8.3	11.	15.	17.3	1.24	8.09 mm
	30	90	00	70	0	00	00	00	0	0	60	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1994	15.	13.	16.	12.	7.3	1.	1.	0.	12.	7.1	15.	7.2	16.0	1.20	9.10 mm
	30	20	00	00	0	70	90	40	00	0	10	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1995	18.	8.2	19.	15.	3.4	5.	1.	4.	3.8	8.3	11.	22.	22.1	1.34	10.18 mm
	50	0	80	60	0	10	20	40	0	0	70	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1996	14.	13.	23.	11.	2.9	0.	0.	2.	4.2	15.	8.4	15.	23.7	1.37	9.23 mm
	30	10	70	70	0	00	00	00	0	00	0	50	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1997	17.	19.	9.6	7.1	0.0	0.	0.	0.	7.0	6.6	10.	14.	19.6	1.29	7.69 mm
	60	60	0	0	0	00	00	00	0	0	40	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1998	15.	13.	17.	10.	2.0	2.	0.	0.	4.6	19.	15.	10.	19.5	1.29	9.20 mm
	70	40	50	20	0	50	00	00	0	50	00	00	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
1999	14.	22.	12.	10.	7.4	0.	1.	0.	11.	17.	14.	15.	22.5	1.35	10.57 mm
	20	50	60	20	0	00	50	00	00	60	40	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2000	12.	19.	11.	13.	6.4	0.	1.	2.	12.	20.	18.	19.	20.3	1.31	11.48 mm
	50	80	20	80	0	00	20	30	00	30	80	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2001	17.	9.6	19.	18.	4.1	5.	0.	0.	9.1	17.	17.	17.	19.5	1.29	11.42 mm
	00	0	50	90	0	90	00	00	0	10	90	90	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2002	22.	14.	16.	8.4	5.1	1.	0.	1.	4.7	18.	13.	14.	22.1	1.34	10.03 mm
	10	20	70	0	0	00	00	80	0	60	70	00	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2003	15.	26.	17.	6.8	0.0	0.	0.	1.	6.5	15.	3.7	9.4	26.6	1.42	8.55 mm
	40	60	10	0	0	00	00	30	0	80	0	0	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2004	9.9	16.	8.8	11.	0.0	3.	0.	0.	8.9	11.	15.	10.	16.6	1.22	7.93 mm
	0	60	0	06	0	60	00	00	0	20	00	10	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2005	15.	10.	15.	1.8	2.2	0.	0.	2.	0.5	8.0	9.2	12.	15.9	1.20	6.50 mm
	20	20	90	0	0	00	00	70	0	0	0	30	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2006	14.	20.	11.	11.	0.3	6.	0.	3.	2.3	6.7	20.	13.	20.6	1.31	9.15 mm
	00	60	80	06	0	20	00	30	0	0	10	40	0		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		

2007	13.90	21.70	21.30	16.10	22.20	0.00	0.00	0.00	6.70	13.50	9.10	15.00	22.20	1.35	11.63 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2008	15.20	20.70	18.90	17.50	0.00	2.50	0.00	0.00	2.80	13.20	3.20	20.70	20.70	1.32	9.56 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2009	10.80	11.30	22.20	17.40	6.60	0.00	1.50	2.70	3.90	10.50	12.30	12.80	22.20	1.35	9.33 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2010	17.60	14.70	12.80	8.20	0.00	1.20	0.00	0.00	3.10	11.80	8.10	29.60	29.60	1.47	8.93 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2011	16.30	11.10	17.90	16.30	2.80	0.60	0.71	0.00	3.40	7.80	22.80	17.40	22.80	1.36	9.76 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2012	17.60	18.50	13.40	17.00	1.10	1.50	0.00	0.00	14.30	8.90	10.30	12.50	18.50	1.27	9.59 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	0 mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
2013	14.30	2.80	15.67	11.06	4.00	1.32	3.50	6.20	6.30	9.40	0.00	0.00	15.67	1.20	6.21 mm
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	mm		
MÁXIMO	29.80	26.60	24.10	18.90	22.20	6.20	5.30	6.20	14.30	24.90	22.80	29.60			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
LOG(MÁXIMO)	1.47	1.42	1.38	1.28	1.34	0.79	0.72	0.79	1.16	1.40	1.36	1.47			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
PROMEDIO	15.20	14.47	15.67	11.06	3.62	1.32	0.79	1.32	5.37	11.73	10.63	14.37			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m			

Tabla 41

Prueba Outlier – Estación Oyón

PRUEBA OUTLIER DE DATOS DUDOSOS			
ÍTEM	=	MÁXIMAS EN 24 HRS	LOG (MÁX 24 HRS)
CANTIDAD DE DATOS	=	34	34
SUMATORIA	=	684.61 mm	42.81
VAL. MÍN.	=	11.20 mm	1.05
VAL.MÁX.	=	29.80 mm	1.47
MEDIA	=	20.14 mm	1.29
VARIANZA	=	17.97	0.01
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	=	4.24	0.09
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	0.21	0.07

COEFICIENTE DE SESGO	=	0.22	-0.45
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS ALTOS	=	34.81 mm	
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS BAJOS	=	11.14 mm	

Tabla 42

Prueba Outlier – Estación Centroide

PRUEBA OUTLIER DE DATOS DUDOSOS			
ÍTEM	=	MÁXIMAS EN 24 HRS	LOG (MÁX 24 HRS)
CANTIDAD DE DATOS	=	34	34
SUMATORIA	=	808.91 mm	44.89
VAL. MÍN.	=	11.74 mm	1.07
VAL.MÁX.	=	43.52 mm	1.64
MEDIA	=	23.79 mm	1.36
VARIANZA	=	53.18	0.02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	=	7.29	0.13
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	0.31	0.09
COEFICIENTE DE SESGO	=	1.08	0.36
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS ALTOS	=	48.55 mm	
UMBRAL DE DATOS DUDOSOS BAJOS	=	10.73 mm	

Figura 49

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log-Normal 2P

Resultados					
Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros					
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	11.7353	0.0286	0.0106	0.0106	0.0180
2	16.7550	0.0571	0.1421	0.1420	0.0850
3	17.2996	0.0857	0.1685	0.1684	0.0828
4	17.4189	0.1143	0.1745	0.1744	0.0602
5	17.4758	0.1429	0.1775	0.1774	0.0347
6	17.4848	0.1714	0.1780	0.1779	0.0066
7	17.5997	0.2000	0.1840	0.1839	0.0160
8	17.6483	0.2286	0.1865	0.1864	0.0421
9	17.7282	0.2571	0.1907	0.1906	0.0664
10	18.2353	0.2857	0.2185	0.2184	0.0673
11	18.4865	0.3143	0.2327	0.2326	0.0816
12	19.7301	0.3429	0.3070	0.3069	0.0359
13	19.7447	0.3714	0.3079	0.3078	0.0635
14	20.5302	0.4000	0.3570	0.3569	0.0430
15	20.5776	0.4286	0.3569	0.3569	0.0686
16	20.6411	0.4571	0.3639	0.3639	0.0932
17	21.5677	0.4857	0.4224	0.4224	0.0633
18	22.1468	0.5143	0.4586	0.4586	0.0557
19	23.1528	0.5429	0.5200	0.5200	0.0229
20	23.4229	0.5714	0.5359	0.5360	0.0355
21	24.5586	0.6000	0.6004	0.6004	0.0004
22	24.6329	0.6286	0.6044	0.6045	0.0242
23	25.8721	0.6571	0.6682	0.6682	0.0110
24	25.891	0.6857	0.6691	0.6692	0.0166
25	26.8241	0.7143	0.7123	0.7124	0.0020
26	26.8283	0.7429	0.7125	0.7126	0.0304
27	28.3533	0.7714	0.7741	0.7742	0.0026
28	29.1876	0.8000	0.8031	0.8032	0.0031
29	29.3232	0.8286	0.8075	0.8076	0.0210
30	32.294	0.8571	0.8856	0.8857	0.0284
31	33.2186	0.8857	0.9034	0.9035	0.0177
32	39.3099	0.9143	0.9703	0.9703	0.0560
33	39.7233	0.9429	0.9726	0.9727	0.0298
34	43.5173	0.9714	0.9874	0.9874	0.0159

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0932, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logNormal:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de escala (μ_y)= 3.1277
 Parámetro de forma (S_y)= 0.2885

Con momentos lineales:
 Parámetro de escala (μ_{yl})= 3.1277
 Parámetro de forma (S_{yl})= 0.2884

Figura 50

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log-Normal 3P

Resultados					
Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros					
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	11.7353	0.0286	-2.4714	0.0067	0.0218
2	16.755	0.0571	-1.0934	0.1371	0.0800
3	17.2996	0.0857	-0.9753	0.1647	0.0790
4	17.4189	0.1143	-0.9504	0.1710	0.0567
5	17.4758	0.1429	-0.9380	0.1741	0.0313
6	17.4848	0.1714	-0.9361	0.1746	0.0032
7	17.5997	0.2000	-0.9120	0.1809	0.0191
8	17.6483	0.2286	-0.9019	0.1836	0.0450
9	17.7282	0.2571	-0.8853	0.1880	0.0692
10	18.2353	0.2857	-0.7822	0.2170	0.0687
11	18.4865	0.3143	-0.7324	0.2320	0.0823
12	19.7301	0.3429	-0.4970	0.3096	0.0333
13	19.7447	0.3714	-0.4943	0.3105	0.0609
14	20.5302	0.4000	-0.3545	0.3615	0.0385
15	20.5776	0.4286	-0.3463	0.3646	0.0640
16	20.6411	0.4571	-0.3353	0.3687	0.0884
17	21.5677	0.4857	-0.1791	0.4289	0.0568
18	22.1468	0.5143	-0.0854	0.4660	0.0483
19	23.1528	0.5429	0.0710	0.5283	0.0146
20	23.4229	0.5714	0.1116	0.5444	0.0270
21	24.5586	0.6000	0.2769	0.6091	0.0091
22	24.6329	0.6286	0.2874	0.6131	0.0155
23	25.8721	0.6571	0.4576	0.6764	0.0192
24	25.8910	0.6857	0.4601	0.6773	0.0084
25	26.8241	0.7143	0.5822	0.7198	0.0055
26	26.8283	0.7429	0.5828	0.7200	0.0229
27	28.3533	0.7714	0.7724	0.7801	0.0086
28	29.1876	0.8000	0.8714	0.8082	0.0082
29	29.3232	0.8286	0.8872	0.8125	0.0160
30	32.2940	0.8571	1.2144	0.8877	0.0306
31	33.2186	0.8857	1.3095	0.9048	0.0191
32	39.3099	0.9143	1.8717	0.9894	0.0551
33	39.7233	0.9429	1.9064	0.9717	0.0288
34	43.5173	0.9714	2.2076	0.9864	0.0149

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0884, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución lognormal:

Parámetro de posición (x_0)= 2.8555
 Parámetro de escala (μ_y)= 2.9874
 Parámetro de forma (S_y)= 0.3252

Figura 51

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gamma 2P

Resultados					
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros					
Cálculos del ajuste Smimov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	11.7353	0.0286	0.0176	0.0859	0.0110
2	16.7550	0.0571	0.1452	0.2582	0.0880
3	17.2996	0.0857	0.1692	0.2808	0.0834
4	17.4169	0.1143	0.1746	0.2857	0.0603
5	17.4758	0.1429	0.1773	0.2881	0.0345
6	17.4848	0.1714	0.1777	0.2885	0.0063
7	17.5997	0.2000	0.1832	0.2934	0.0168
8	17.6483	0.2286	0.1855	0.2954	0.0431
9	17.7282	0.2571	0.1893	0.2988	0.0678
10	18.2353	0.2857	0.2145	0.3204	0.0712
11	18.4865	0.3143	0.2275	0.3312	0.0867
12	19.7301	0.3429	0.2960	0.3850	0.0469
13	19.7447	0.3714	0.2968	0.3856	0.0746
14	20.5302	0.4000	0.3427	0.4197	0.0573
15	20.5776	0.4286	0.3455	0.4217	0.0831
16	20.6411	0.4571	0.3493	0.4245	0.1079
17	21.5677	0.4857	0.4050	0.4641	0.0807
18	22.1468	0.5143	0.4401	0.4886	0.0742
19	23.1528	0.5429	0.5006	0.5300	0.0423
20	23.4229	0.5714	0.5166	0.5409	0.0549
21	24.5586	0.6000	0.5819	0.5854	0.0181
22	24.6329	0.6286	0.5860	0.5883	0.0425
23	25.8721	0.6571	0.6523	0.6339	0.0048
24	25.8910	0.6857	0.6533	0.6346	0.0324
25	26.8241	0.7143	0.6991	0.6669	0.0152
26	26.8283	0.7429	0.6993	0.6670	0.0436
27	28.3533	0.7714	0.7657	0.7157	0.0058
28	29.1876	0.8000	0.7974	0.7401	0.0026
29	29.3232	0.8286	0.8022	0.7439	0.0263
30	32.2940	0.8571	0.8881	0.8176	0.0309
31	33.2186	0.8857	0.9076	0.8368	0.0218
32	39.3099	0.9143	0.9774	0.9257	0.0631
33	39.7233	0.9429	0.9796	0.9298	0.0368
34	43.5173	0.9714	0.9925	0.9589	0.0211

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1079, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de forma (gamma)= 12.1695
 Parámetro de escala (beta)= 1.955
 Con momentos lineales:
 Parámetro de forma (gamma)= 5.723
 Parámetro de escala (beta)= 4.1572

Figura 52

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gamma 3P

Resultados					
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros					
Cálculos del ajuste Smimov Kolmogorov:					
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	11.7353	0.0286	0.0023	0.0000	0.0263
2	16.7550	0.0571	0.1528	0.0000	0.0957
3	17.2996	0.0857	0.1827	0.0000	0.0970
4	17.4169	0.1143	0.1894	0.0000	0.0751
5	17.4758	0.1429	0.1928	0.0000	0.0499
6	17.4848	0.1714	0.1933	0.0000	0.0219
7	17.5997	0.2000	0.1999	0.0000	0.0001
8	17.6483	0.2286	0.2027	0.0000	0.0258
9	17.7282	0.2571	0.2074	0.0000	0.0497
10	18.2353	0.2857	0.2376	0.0000	0.0481
11	18.4865	0.3143	0.2528	0.0000	0.0614
12	19.7301	0.3429	0.3302	0.0000	0.0127
13	19.7447	0.3714	0.3311	0.0000	0.0403
14	20.5302	0.4000	0.3804	0.0000	0.0196
15	20.5776	0.4286	0.3833	0.0000	0.0452
16	20.6411	0.4571	0.3873	0.0000	0.0698
17	21.5677	0.4857	0.4444	0.0000	0.0414
18	22.1468	0.5143	0.4791	0.0000	0.0352
19	23.1528	0.5429	0.5369	0.0000	0.0059
20	23.4229	0.5714	0.5519	0.0000	0.0195
21	24.5586	0.6000	0.6116	0.0000	0.0116
22	24.6329	0.6286	0.6153	0.0000	0.0132
23	25.8721	0.6571	0.6739	0.0000	0.0168
24	25.8910	0.6857	0.6748	0.0000	0.0110
25	26.8241	0.7143	0.7144	0.0000	0.0001
26	26.8283	0.7429	0.7146	0.0000	0.0283
27	28.3533	0.7714	0.7713	0.0000	0.0002
28	29.1876	0.8000	0.7982	0.0000	0.0018
29	29.3232	0.8286	0.8024	0.0000	0.0262
30	32.2940	0.8571	0.8765	0.0000	0.0193
31	33.2186	0.8857	0.8940	0.0000	0.0082
32	39.3099	0.9143	0.9634	0.0000	0.0491
33	39.7233	0.9429	0.9660	0.0000	0.0232
34	43.5173	0.9714	0.9832	0.0000	0.0118

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.09702, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de localización (Xo)= 10.2849
 Parámetro de forma (gamma)= 3.4303
 Parámetro de escala (beta)= 3.9375
 Con momentos lineales:
 Parámetro de localización (Xo)= 13.8454
 Parámetro de forma (gamma)= 1.7301

Figura 53

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log Pearson T3

Resultados						
Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III						
Cálculos del ajuste Smimov Kolmogorov:						
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta	
1	11.7353	0.0286	0.0038	0.0001	0.0247	
2	16.7550	0.0571	0.1385	0.1347	0.0813	
3	17.2996	0.0857	0.1684	0.1695	0.0827	
4	17.4169	0.1143	0.1751	0.1773	0.0608	
5	17.4758	0.1429	0.1786	0.1813	0.0357	
6	17.4848	0.1714	0.1791	0.1819	0.0077	
7	17.5997	0.2000	0.1858	0.1897	0.0142	
8	17.6483	0.2286	0.1887	0.1930	0.0398	
9	17.7282	0.2571	0.1935	0.1985	0.0636	
10	18.2353	0.2857	0.2247	0.2342	0.0610	
11	18.4865	0.3143	0.2406	0.2523	0.0736	
12	19.7301	0.3429	0.3226	0.3427	0.0203	
13	19.7447	0.3714	0.3236	0.3438	0.0479	
14	20.5302	0.4000	0.3763	0.3999	0.0237	
15	20.5776	0.4286	0.3795	0.4033	0.0491	
16	20.6411	0.4571	0.3837	0.4077	0.0734	
17	21.5677	0.4857	0.4449	0.4707	0.0408	
18	22.1468	0.5143	0.4820	0.5079	0.0323	
19	23.1528	0.5429	0.5435	0.5682	0.0006	
20	23.4229	0.5714	0.5592	0.5834	0.0122	
21	24.5586	0.6000	0.6216	0.6424	0.0216	
22	24.6329	0.6286	0.6255	0.6460	0.0031	
23	25.8721	0.6571	0.6855	0.7015	0.0284	
24	25.8910	0.6857	0.6863	0.7023	0.0006	
25	26.8241	0.7143	0.7262	0.7385	0.0119	
26	26.8283	0.7429	0.7264	0.7386	0.0165	
27	28.3533	0.7714	0.7822	0.7868	0.0108	
28	29.1876	0.8000	0.8083	0.8121	0.0083	
29	29.3232	0.8286	0.8123	0.8156	0.0163	
30	32.2940	0.8571	0.8820	0.8779	0.0249	
31	33.2186	0.8857	0.8981	0.8924	0.0124	
32	39.3099	0.9143	0.9612	0.9520	0.0470	
33	39.7233	0.9429	0.9637	0.9545	0.0208	
34	43.5173	0.9714	0.9799	0.9716	0.0085	

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.08267, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de localización (X_0)= 1.5057
 Parámetro de forma (γ)= 31.596
 Parámetro de escala (β)= 0.0513

Con momentos lineales:
 Parámetro de localización (X_0)= 2.3306
 Parámetro de forma (γ)= 7.3839

Figura 54

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Gumbel

Resultados						
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel						
Cálculos del ajuste Smimov Kolmogorov:						
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta	
1	11.7353	0.0286	0.0093	0.0100	0.0193	
2	16.7550	0.0571	0.1444	0.1471	0.0872	
3	17.2996	0.0857	0.1723	0.1750	0.0866	
4	17.4169	0.1143	0.1786	0.1813	0.0643	
5	17.4758	0.1429	0.1818	0.1845	0.0389	
6	17.4848	0.1714	0.1823	0.1850	0.0108	
7	17.5997	0.2000	0.1886	0.1913	0.0114	
8	17.6483	0.2286	0.1913	0.1940	0.0373	
9	17.7282	0.2571	0.1957	0.1984	0.0614	
10	18.2353	0.2857	0.2250	0.2276	0.0607	
11	18.4865	0.3143	0.2400	0.2425	0.0743	
12	19.7301	0.3429	0.3176	0.3197	0.0252	
13	19.7447	0.3714	0.3185	0.3206	0.0529	
14	20.5302	0.4000	0.3692	0.3709	0.0308	
15	20.5776	0.4286	0.3723	0.3739	0.0563	
16	20.6411	0.4571	0.3764	0.3780	0.0807	
17	21.5677	0.4857	0.4360	0.4371	0.0497	
18	22.1468	0.5143	0.4725	0.4733	0.0418	
19	23.1528	0.5429	0.5335	0.5338	0.0093	
20	23.4229	0.5714	0.5493	0.5495	0.0221	
21	24.5586	0.6000	0.6123	0.6119	0.0123	
22	24.6329	0.6286	0.6162	0.6159	0.0124	
23	25.8721	0.6571	0.6775	0.6767	0.0203	
24	25.8910	0.6857	0.6783	0.6776	0.0074	
25	26.8241	0.7143	0.7194	0.7184	0.0051	
26	26.8283	0.7429	0.7195	0.7186	0.0233	
27	28.3533	0.7714	0.7775	0.7762	0.0060	
28	29.1876	0.8000	0.8046	0.8033	0.0046	
29	29.3232	0.8286	0.8088	0.8075	0.0198	
30	32.2940	0.8571	0.8817	0.8804	0.0246	
31	33.2186	0.8857	0.8985	0.8973	0.0128	
32	39.3099	0.9143	0.9640	0.9633	0.0497	
33	39.7233	0.9429	0.9665	0.9658	0.0236	
34	43.5173	0.9714	0.9827	0.9822	0.0112	

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0872, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de posición (μ)= 20.5095
 Parámetro de escala (α)= 5.686

Con momentos lineales:
 Parámetro de posición (μ)= 20.4835
 Parámetro de escala (α)= 5.7311

Figura 55

Reporte del software Hidroesta2 – Distribución Log - Gumbel

Resultados
Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	11.7353	0.0286	0.0000	0.0001	0.0286
2	16.7550	0.0571	0.1089	0.1232	0.0518
3	17.2996	0.0857	0.1461	0.1609	0.0604
4	17.4189	0.1143	0.1547	0.1894	0.0404
5	17.4758	0.1429	0.1591	0.1738	0.0162
6	17.4848	0.1714	0.1597	0.1745	0.0117
7	17.5997	0.2000	0.1684	0.1830	0.0316
8	17.6483	0.2286	0.1720	0.1867	0.0565
9	17.7282	0.2571	0.1782	0.1928	0.0790
10	18.2353	0.2857	0.2183	0.2323	0.0674
11	18.4865	0.3143	0.2388	0.2523	0.0754
12	18.7301	0.3429	0.3423	0.3522	0.0006
13	19.7447	0.3714	0.3435	0.3533	0.0280
14	20.5302	0.4000	0.4072	0.4143	0.0072
15	20.5776	0.4286	0.4109	0.4179	0.0176
16	20.6411	0.4571	0.4159	0.4227	0.0412
17	21.5677	0.4857	0.4859	0.4896	0.0002
18	22.1468	0.5143	0.5265	0.5284	0.0122
19	23.1528	0.5429	0.5906	0.5898	0.0478
20	23.4229	0.5714	0.6065	0.6050	0.0350
21	24.5586	0.6000	0.6668	0.6632	0.0668
22	24.6329	0.6286	0.6705	0.6666	0.0419
23	25.8721	0.6571	0.7251	0.7197	0.0680
24	25.8910	0.6857	0.7259	0.7204	0.0402
25	26.8241	0.7143	0.7605	0.7542	0.0462
26	26.8283	0.7429	0.7607	0.7544	0.0178
27	28.3533	0.7714	0.8074	0.8003	0.0360
28	29.1876	0.8000	0.8286	0.8213	0.0286
29	29.3232	0.8286	0.8317	0.8245	0.0032
30	32.2940	0.8571	0.8869	0.8799	0.0298
31	33.2186	0.8857	0.8996	0.8928	0.0139
32	39.3099	0.9143	0.9512	0.9461	0.0369
33	39.7233	0.9429	0.9533	0.9484	0.0105
34	43.5173	0.9714	0.9686	0.9647	0.0028

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0790, es menor que el delta tabular 0.2332. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logGumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 2.9978

Parámetro de escala (alfa)= 0.225

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ)= 2.9922

Parámetro de escala (alfa)= 0.2348

Figura 56

Hietograma de diseño para 10 años de periodo de retorno

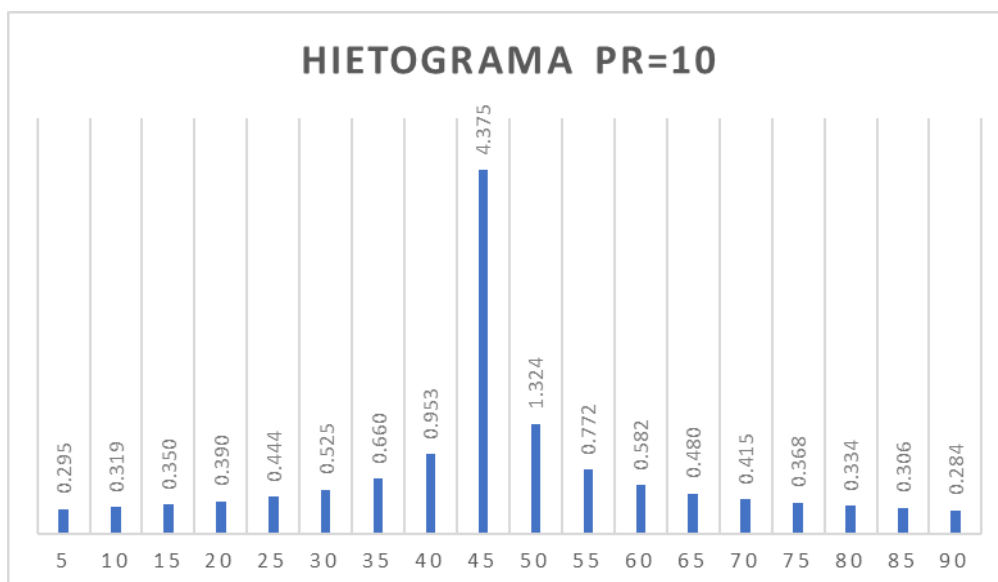


Figura 57

Hietograma de diseño para 25 años de periodo de retorno

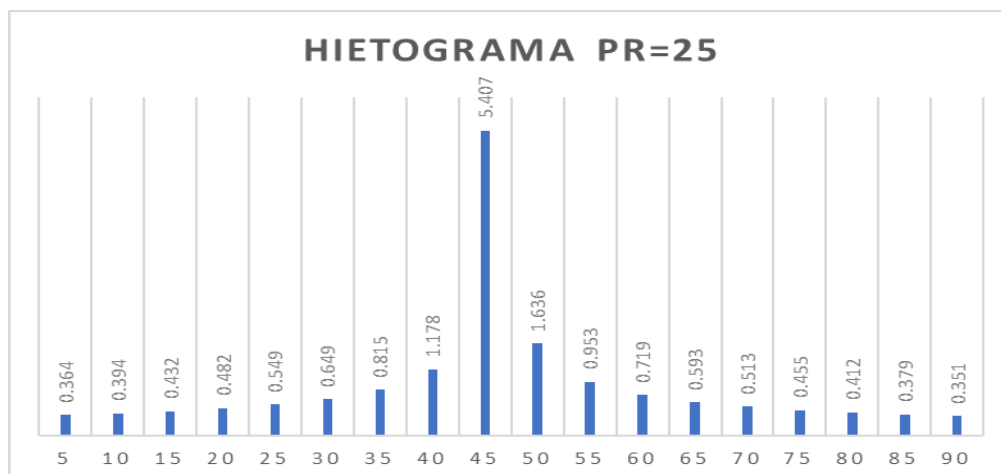


Figura 58

Hietograma de diseño para 50 años de periodo de retorno

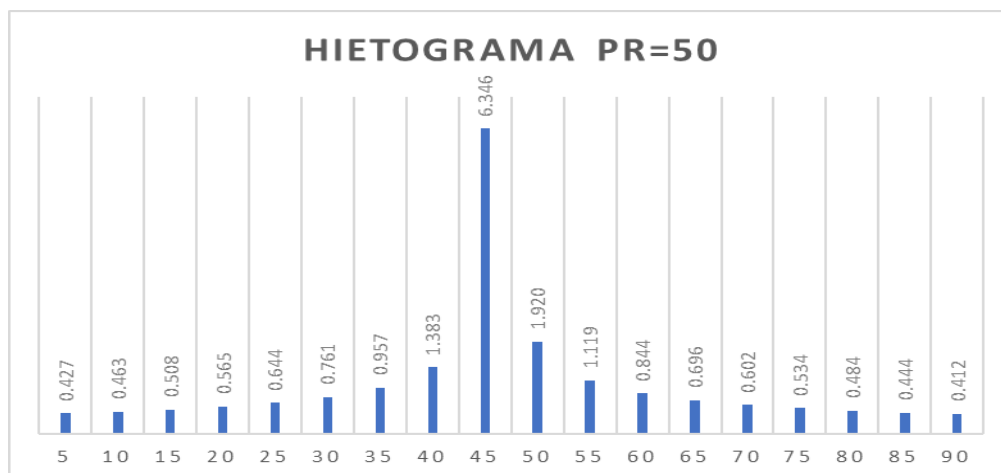


Figura 59

Hietograma de diseño para 500 años de periodo de retorno

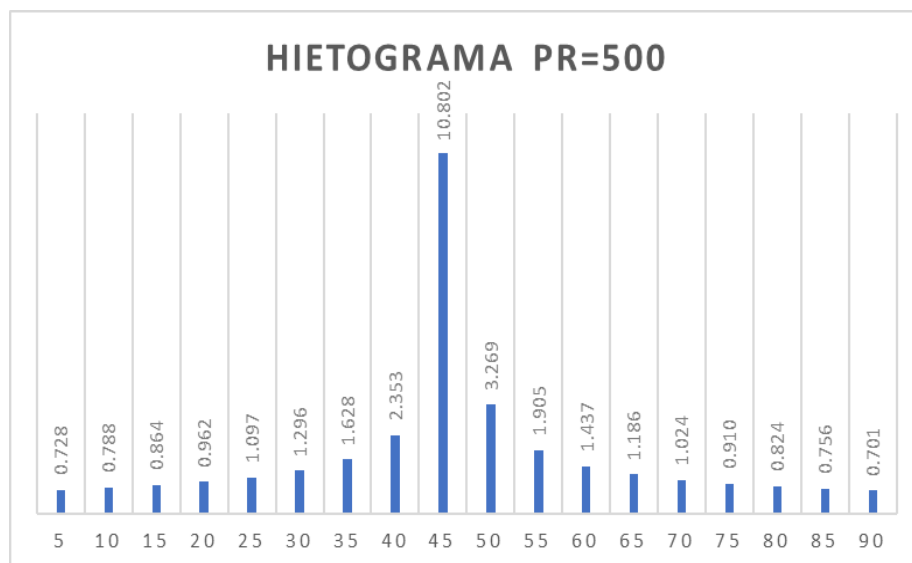


Figura 60

Estimación de caudales de diseño PR=10

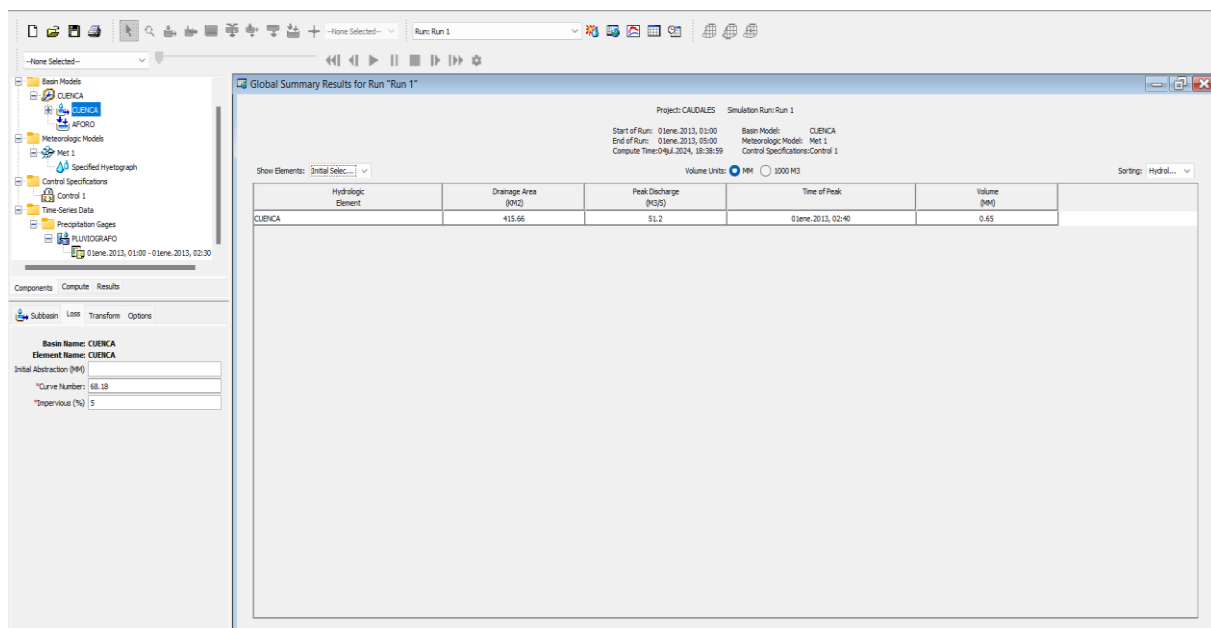


Figura 61

Estimación de caudales de diseño PR=25

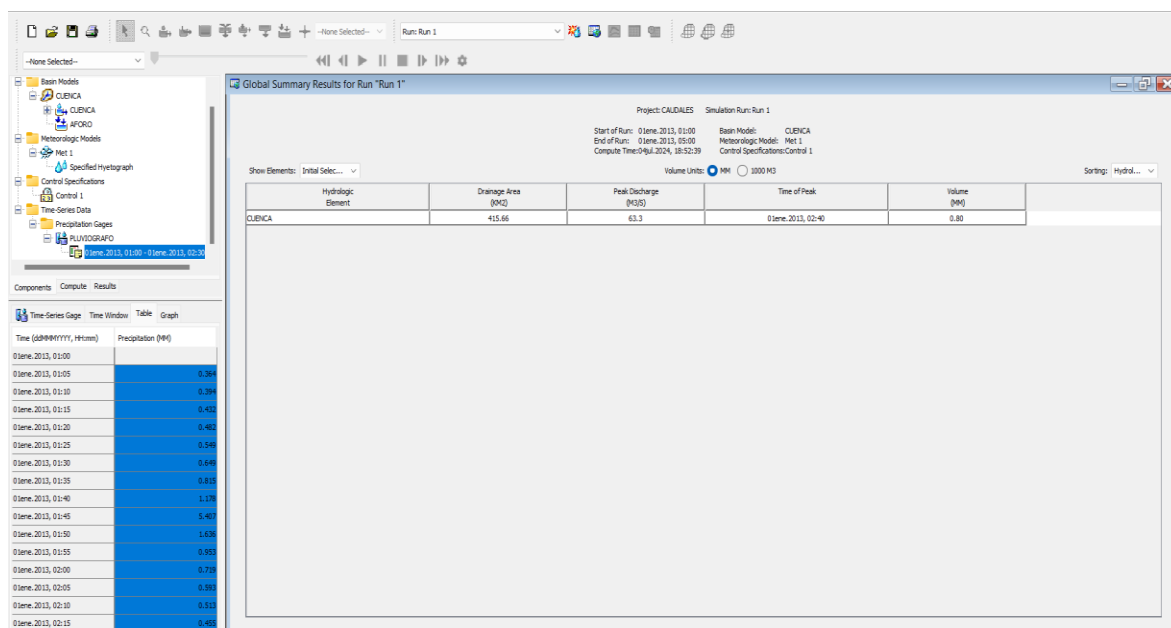


Figura 62

Estimación de caudales de diseño PR=50

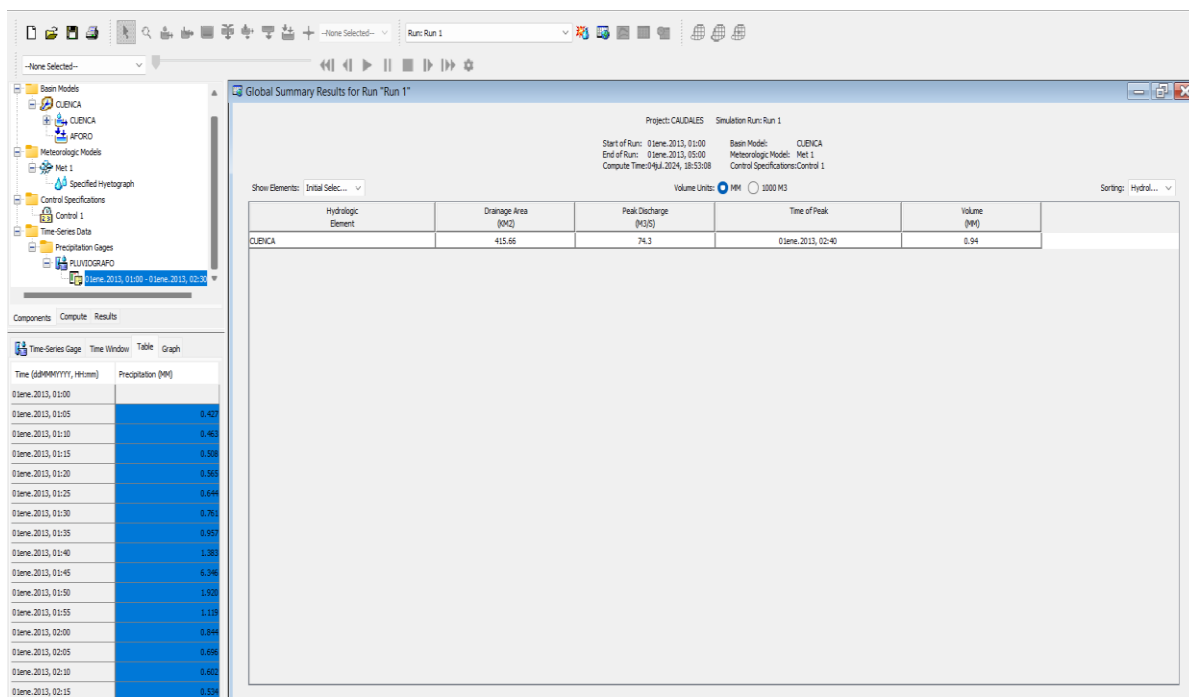


Figura 63

Estimación de caudales de diseño PR=500

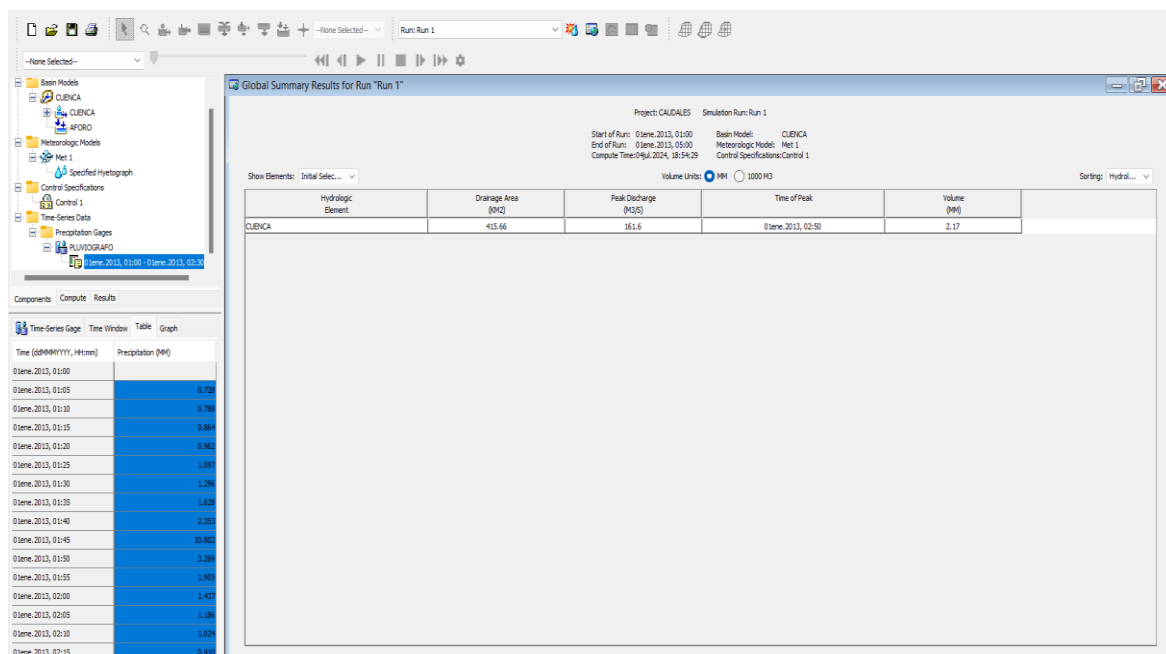


Figura 64

Modelo Hec-RAS – Inundación PR 10 años

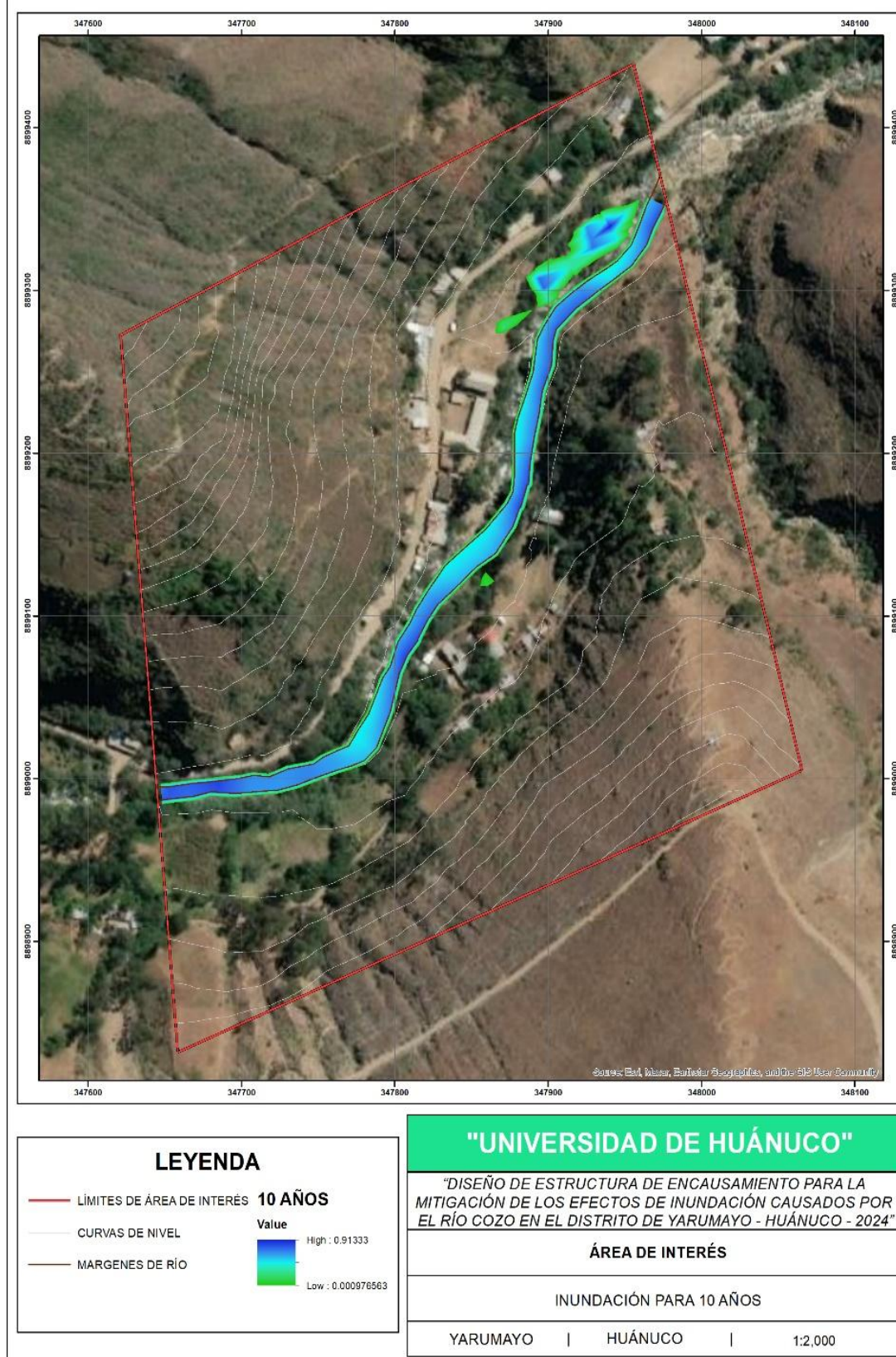


Figura 65

Modelo Hec-RAS – Inundación PR 25 años

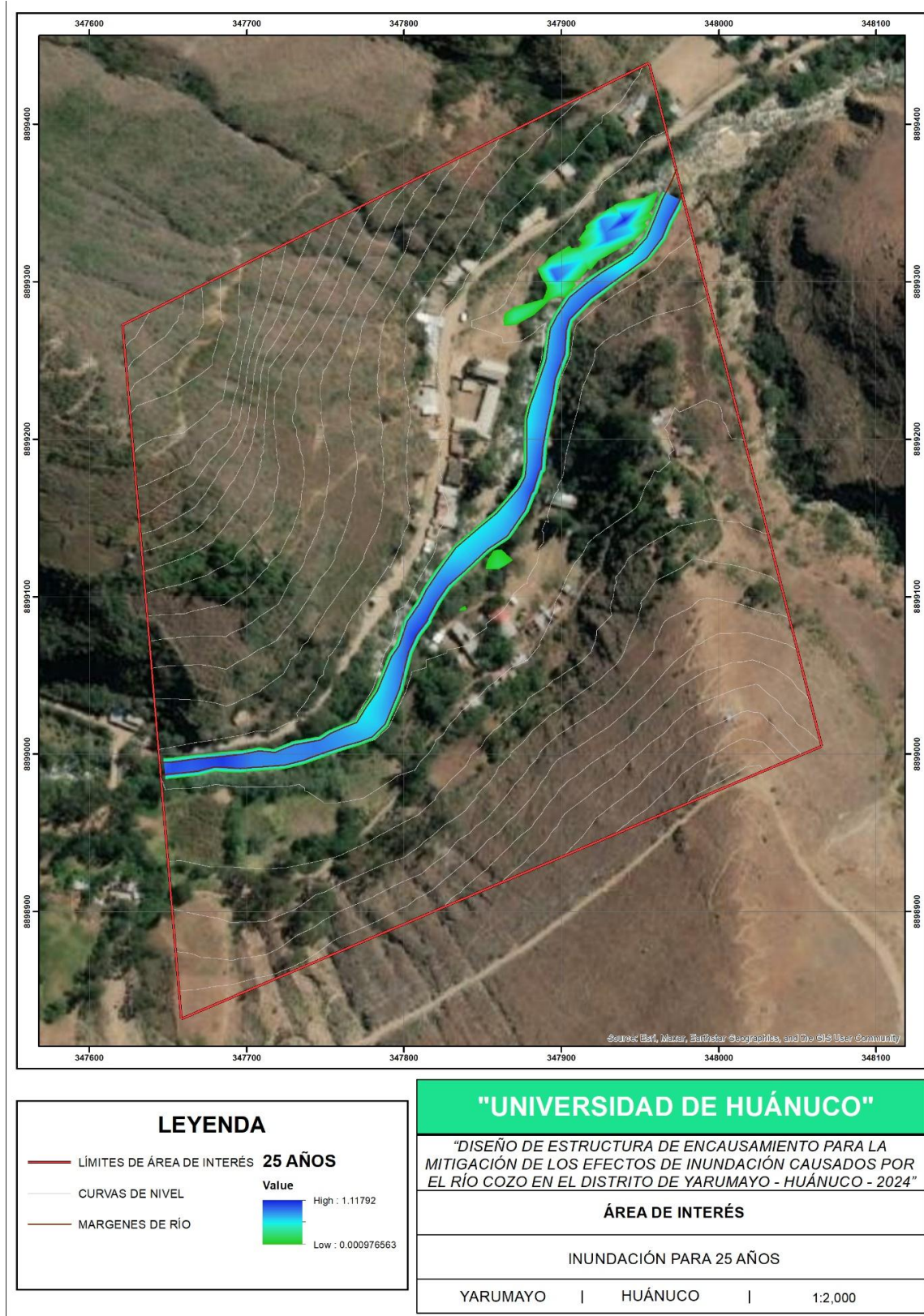


Figura 66

Modelo Hec-RAS – Inundación PR 50 años

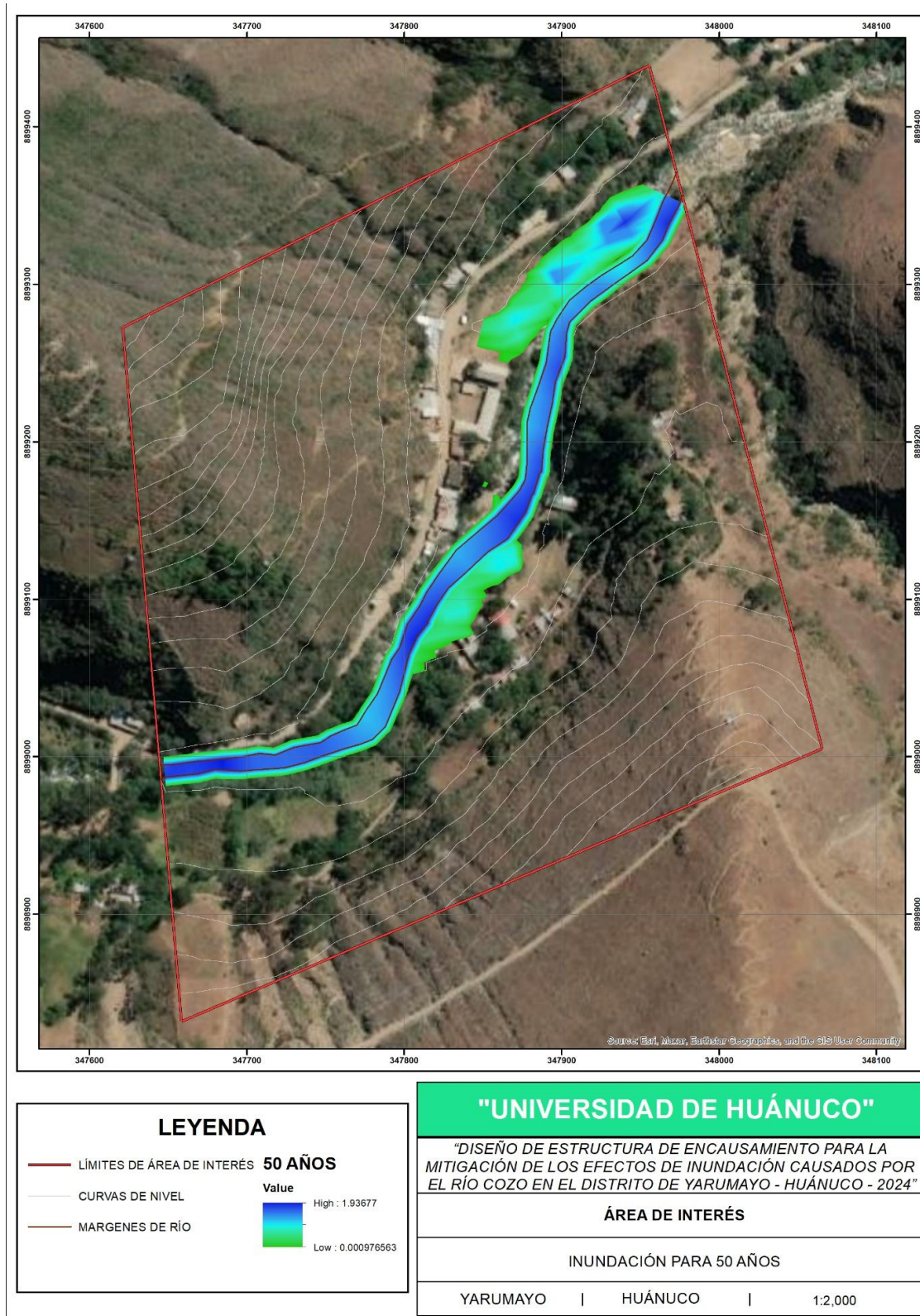


Figura 67

Modelo Hec-RAS – Inundación PR 500 años

