

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Modelación hidráulica para el análisis de la vulnerabilidad
ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo -
Huánuco - 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Dávila Flores, Gavino Fausto

ASESOR: Lambruschini Espinoza, Reyder Alexander

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión en la construcción

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 Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44083927

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 45250659

Grado/Título: Título oficial de máster universitario en ingeniería hidráulica y medio ambiente

Código ORCID: 0000-0003-0701-2621

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Davila Herrera, Percy Mello	Ingeniero civil	41050949	0000-0001-5484-6982
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambienta	70502371	0000-0002-5650-3745

D

H



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 16:00 horas del día miércoles 21 del mes de junio del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	(PRESIDENTE)
ING. PERCY MELLO DÁVILA HERRERA	(SECRETARIO)
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	(VOCAL)

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1325-2023-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: "MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE DESBORDE DEL RÍO HUALLAGA EN EL TRAMO URBANO AMBO – HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. Gavino Fausto DÁVILA FLORES, 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) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 17:20 horas del día 21 del mes de JUNIO del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE

ING. PERCY MELLO DAVILA HERRERA
ORCID: 0000-0003-3299-4655
SECRETARIO

MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-7346-9542
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza**, asesor del PA Ingeniería Civil y designado mediante **RESOLUCIÓN N° 997-2019-D-FI-UDH** del estudiante Bach. **DÁVILA FLORES GAVINO FAUSTO** de la investigación titulada **“MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE DESBORDE DEL RÍO HUALLAGA EN EL TRAMO URBANO AMBO – HUÁNUCO - 2022”**

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 19% verificable en el reporte final de análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio 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.

Adjunto captura del Turnitin con fecha actualizada.

Huánuco, 10 de Julio de 2023

M. Sc. Ing. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza
DNI N° 45250659
Asesor

SUST 01

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Rubén Ernesto Hernández-Uribe, Héctor Barrios-Piña, Aldo I. Ramírez. "Análisis de riesgo por inundación: metodología y	1%



APELLIDOS Y NOMBRES: LAMBRUSCHINI
ESPINOZA REYDER ALEXANDER
DNI N° 45250659
CÓDIGO ORCID N° 0000-0003-0701-2621

DEDICATORIA

En primer lugar, le dedico esta tesis de investigación a Dios porque Él fue mi principal fortaleza este año, dándome la fuerza y la voluntad para lograr mis metas. Dedico este proyecto de tesis a mis queridos padres, siendo ellos los que me guiaron en la dirección correcta y les agradezco, por su paciencia al traer, sus palabras de apoyo que recibí a diario, contando con su apoyo. Y finalmente, dedico esta tesis a mi familia, quienes, con su aliento, también jugaron un papel importante al permitirme concluir esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a Dios por darme la fuerza para lograr este objetivo, por ser mi guía incondicional a lo largo de mi vida; a mis profesores de la escuela profesional de ingeniería civil, cuyas enseñanzas han marcado un hito importante en toda mi carrera, gracias a sus consejos que he aprendido a sacar lo mejor de su carrera. Para mi familia, que con su apoyo económico y motivación no han podido conseguir que me rindiera todos estos años y así he podido poner fin a este importante ciclo de mi vida. A mis amigos, compañeros y a todos aquellos que en ese momento me apoyaron para continuar y no me permitieron rendirme, agradecerles, quienes con sus palabras y / o acciones me han demostrado lo importante que soy para cada uno de ellos.

La Universidad de Huánuco, especialmente en mi Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por permitirme recibir la educación necesaria en sus clases y así poder demostrar todas las habilidades que tengo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
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. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA	27
2.2.2. CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)....	28

2.2.3. PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA CUENCA.....	29
2.2.4. DESBORDE DE RÍO.....	30
2.2.5. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL	30
2.2.6. VULNERABILIDAD PELIGRO Y RIESGO	30
2.2.7. GESTIÓN DE INUNDACIONES.....	31
2.2.8. GESTIÓN DE HOLÍSTICA DE INUNDACIONES.....	31
2.2.9. INUNDACIONES.....	32
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	42
2.4. HIPÓTESIS	44
2.5. VARIABLES.....	44
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	44
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	44
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	45
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.1.1. ENFOQUE	46
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	46
3.1.3. DISEÑO	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.2.1. POBLACIÓN	47
3.2.2. MUESTRA	47
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	48
3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	54
CAPITULO IV.....	55
RESULTADOS.....	55
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	55
4.1.1. DATOS DE PRECIPITACIÓN	55
4.1.2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV – SMIMOV	79

4.1.3. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)	81
4.1.4. DEFENSA	98
4.1.5. PERIODO DE RETORNO	100
4.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	100
4.2.1. VULNERABILIDAD SOCIAL	100
4.2.2. VULNERABILIDAD ECONÓMICA	104
4.3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO	108
4.4. MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE	112
4.5. CONSTATACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	119
4.5.1. HIPÓTESIS	119
4.5.2. HIPÓTESIS	120
CAPITULO V	121
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	121
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala de valores de la matriz de Saaty captura	34
Tabla 2 Grupos etarios y ponderación	35
Tabla 3 Servicios educativos expuestos y ponderación.....	35
Tabla 4 Servicios de salud y ponderación	36
Tabla 5 Material de construcción de la edificación y ponderación	36
Tabla 6 Número de pisos por vivienda y ponderación	37
Tabla 7 Actitud frente al riesgo y ponderación	37
Tabla 8 Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres y ponderación	38
Tabla 9 Localización de la edificación y ponderación	38
Tabla 10 Material de construcción y ponderación.....	39
Tabla 11 Estado de la edificación de las viviendas.....	39
Tabla 12 Antigüedad de la construcción y ponderación.....	40
Tabla 13 Configuración de elevaciones y ponderación.....	41
Tabla 14 Ingreso familiar promedio y ponderación	41
Tabla 15 PEA desocupada, ponderación.....	42
Tabla 16 Operacionalización de Variables.....	45
Tabla 17 Plantilla de Encuesta (datos)	49
Tabla 18 Plantilla de Encuesta (primera parte).....	49
Tabla 19 Plantilla de Encuesta (segunda parte)	50
Tabla 20 Plantilla para el cálculo de las precipitaciones máximas parte 1... 51	51
Tabla 21 Plantilla para el cálculo de las precipitaciones máximas parte 2... 51	51
Tabla 22 Plantilla para la prueba de Kolmorov - Smirnov parte 1	52
Tabla 23 Plantilla para la prueba de Kolmorov - Smirnov parte 2.....	52
Tabla 24 Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 1	53
Tabla 25 Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 2.....	53
Tabla 26 Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 3.....	54
Tabla 27 Estación más cercana al lugar de estudio.....	55
Tabla 28 Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación San Rafael	56
Tabla 29 Precipitación máxima en 24 horas	59
Tabla 30 Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Normal.....	79

Tabla 31 Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Log Normal.....	80
Tabla 32 Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Gumbel.....	80
Tabla 33 Comparación con los datos de la Prueba de Bondad y el HidroEsta	81
Tabla 34 Intensidades para un T = 5 años.....	82
Tabla 35 Intensidades para un T = 10 años.....	83
Tabla 36 Intensidades para un T = 20 años.....	85
Tabla 37 Intensidades para un T = 50 años.....	86
Tabla 38 Intensidades para un T = 100 años.....	88
Tabla 39 Intensidad de Diseño para un T = 5 años	89
Tabla 40 Intensidad de Diseño para un T = 10 años	91
Tabla 41 Intensidad de Diseño para un T = 20 años	92
Tabla 42 Intensidad de Diseño para un T = 50 años	93
Tabla 43 Intensidad de Diseño para un T = 100 años	94
Tabla 44 Intensidades de Diseño ajustados para un T = 5 años	95
Tabla 45 Intensidades de Diseño ajustados para un T = 10 años	96
Tabla 46 Intensidades de Diseño ajustados para un T = 20 años	96
Tabla 47 Intensidades de Diseño ajustados para un T = 50 años	97
Tabla 48 Intensidades de Diseño ajustados para un T = 100 años	97
Tabla 49 Ponderación para los tiempos de retorno	100
Tabla 50 Material predominante en las edificaciones de Ambo	102
Tabla 51 Número de pisos por vivienda en Ambo	103
Tabla 52 Actitud frente al riesgo en Ambo	103
Tabla 53 Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres de Ambo	104
Tabla 54 Localización de la edificación y ponderación	105
Tabla 55 Estado de las edificaciones de Ambo	106
Tabla 56 Antigüedad de las construcciones de Ambo	106
Tabla 57 Ingreso de la familia de manera promedia de Ambo.....	107
Tabla 58 PEA desocupada de Ambo	107
Tabla 59 Resultado para un T= 5 años del software Iric.....	116
Tabla 60 Resultado para un T= 10 años del software Iric.....	117
Tabla 61 Resultado para un T= 20 años del software Iric.....	117
Tabla 62 Resultado para un T= 50 años del software Iric.....	117

Tabla 63 Resultado para un T= 100 años del software Iric.....	118
Tabla 64 Tabla de caudales y áreas de inundación para los periodos de retorno estudiados	118
Tabla 65 Área con riesgo de inundaciones para cada periodo de retorno.	119
Tabla 66 Matriz de consistencia.....	130
Tabla 67 Tabla de encuestas parte 1.....	133
Tabla 68 Tabla de encuestas parte 2.....	134
Tabla 69 Resultados para un T= 5 años	144
Tabla 70 Resultados para un T= 10 años	144
Tabla 71 Resultados para un T= 20 años	145
Tabla 72 Resultados para un T= 50 años	145
Tabla 73 Resultados para un T= 100 años	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundación.....	32
Figura 2 Distribución Normal para un T= 2 años	60
Figura 3 Distribución Normal para un T= 5 años	61
Figura 4 Distribución Normal para un T= 10 años	62
Figura 5 Distribución Normal para un T= 20 años	63
Figura 6 Distribución Normal para un T= 25 años	64
Figura 7 Distribución Normal para un T= 50 años	65
Figura 8 Distribución Normal para un T= 100 años	66
Figura 9 Distribución Normal para un T= 500 años	66
Figura 10 Distribución Log Normal para un T= 2 años	67
Figura 11 Distribución Log Normal para un T= 5 años	68
Figura 12 Distribución Log Normal para un T= 10 años	69
Figura 13 Distribución Log Normal para un T= 20 años	70
Figura 14 Distribución Log Normal para un T= 25 años	70
Figura 15 Distribución Log Normal para un T= 50 años	71
Figura 16 Distribución Log Normal para un T= 100 años	72
Figura 17 Distribución Log Normal para un T= 500 años	72
Figura 18 Distribución Gumbel para un T= 2 años	73
Figura 19 Distribución Gumbel para un T= 5 años	74
Figura 20 Distribución Gumbel para un T= 10 años	75
Figura 21 Distribución Gumbel para un T= 20 años	76
Figura 22 Distribución Gumbel para un T= 50 años	77
Figura 23 Distribución Gumbel para un T= 100 años	78
Figura 24 Distribución Gumbel para un T= 500 años	78
Figura 25 Hietograma para un T = 5 años	82
Figura 26 Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 5 años	83
Figura 27 Hietograma para un T = 10 años	84
Figura 28 Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 10 años	84
Figura 29 Hietograma para un T = 20 años	85

Figura 30 Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 20 años	86
Figura 31 Hietograma para un T = 50 años	87
Figura 32 Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 50 años	87
Figura 33 Hietograma para un T = 100 años	88
Figura 34 Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 100 años	89
Figura 35 Intensidad para un T = 5 años	90
Figura 36 Intensidad para un T = 10 años	91
Figura 37 Intensidad para un T = 20 años	92
Figura 38 Intensidad para un T = 50 años	93
Figura 39 Intensidad para un T = 100 años	94
Figura 40 Familia de Curvas IDF ajustados	98
Figura 41 Cauce del río Huallaga en el sector de estudio de Ambo	99
Figura 42 Desembocadura del río Huallaga en el sector de estudio de Ambo	99
Figura 43 Instituciones posiblemente expuestas ante una inundación	101
Figura 44 Servicios de salud expuestas ante una inundación	101
Figura 45 Lugar de riesgo	108
Figura 46 Viviendas cerca del río.....	109
Figura 47 Disipador de caudal	110
Figura 48 Sector del lado izquierdo del río.....	111
Figura 49 Canto del río	112
Figura 50 Eje del río.....	113
Figura 51 Modelamiento para un T= 5 años	114
Figura 52 Modelamiento para un T= 10 años	114
Figura 53 Modelamiento para un T= 20 años	115
Figura 54 Modelamiento para un T= 50 años	115
Figura 55 Modelamiento para un T= 100 años	116
Figura 56 Vista satelital.....	132
Figura 57 Cross Secction - 10.....	135
Figura 58 Cross Secction - 50.....	135
Figura 59 Cross Secction - 75.....	136

Figura 60 Cross Secction - 100.....	136
Figura 61 Cross Secction - 170.....	137
Figura 62 Cross Secction - 200.....	137
Figura 63 Cross Secction - 216.....	138
Figura 64 Cross Secction - 237.....	138
Figura 65 Cross Secction - 270.....	139
Figura 66 Cross Secction - 295.....	139
Figura 67 Cross Secction - 300.....	140
Figura 68 Cross Secction - 325.....	140
Figura 69 Cross Secction - 332.....	141
Figura 70 Perfil para un T= 5 años	141
Figura 71 Perfil para un T= 10 años	142
Figura 72 Perfil para un T= 20 años	142
Figura 73 Perfil para un T= 50 años	143
Figura 74 Perfil para un T= 100 años.....	143

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en un tramo del río Huallaga, el cual está ubicado en la provincia de Ambo del departamento de Huánuco, el cual tiene como objetivo principal diseñar un modelo hidráulico utilizando el software Iric para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en la sección del tramo urbano Ambo- Huánuco 2022. La metodología que se tuvo en cuenta para realizar el presente trabajo se enfocó en la recolección de datos de precipitación, curvas intensidad – duración y frecuencia y se realizó estimación del peligro en los diferentes campos como el análisis de vulnerabilidad social, económica, ambiental y también en los riesgos por inundación de la ciudad de ambo. Los resultados que se obtuvieron son: Las áreas de inundación para períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años fueron de 1461.19 m², 1544.83 m², 1698.27 m², 1890.55 m², 2031.31 m². La precipitación media del río Huallaga fueron de 31.07 mm, 39.89 mm, 45.46 mm, 50.65 mm, 52.26 mm, 57.19 mm, 62.01 mm, 73.05 mm para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, y 500 años respectivamente. Los máximos caudales para periodos de retomo de 5, 10, 20, 50 y 100 años fueron de 239.6363 m³ /s, 273.25198 m³ /s, 304.2358 m³ /s, 343.46027 m³ /s, 372. m³ /s. Una de las conclusiones que se obtuvo fue la determinación de la vulnerabilidad social en la parte de servicios educativos expuesto fue de 7.32%, para los servicios de salud se obtuvo un valor menor del 10%, para el material de edificación se obtuvo un ponderado de 0.10256, para el número de pisos por vivienda un ponderado de 0.09416, para la actitud frente al riesgo un ponderado de 0.41066 y para el conocimiento local sobre ocurrencias pasadas de desastres un ponderado de 0.186338.

Palabras claves: precipitación, curvas intensidad, duración, frecuencia, vulnerabilidad social.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in a section of the Huallaga River, which is located in the province of Ambo in the department of Huánuco, whose main objective is to design a hydraulic model using the Iric software for the analysis of vulnerability to river overflow. Huallaga in the section of the urban section Ambo-Huánuco 2022. The methodology that was taken into account to carry out this work focused on the collection of precipitation data, intensity curves - duration and frequency and an estimate of the danger was made in the different fields. such as the analysis of social, economic, environmental vulnerability and also in the risks of flooding in the city of ambo. The results obtained are: The flood areas for return periods of 5, 10, 20, 50 and 100 years were 1461.19 m², 1544.83 m², 1698.27 m², 1890.55 m², 2031.31 m². The average precipitation of the Huallaga River was 31.07 mm, 39.89 mm, 45.46 mm, 50.65 mm, 52.26 mm, 57.19 mm, 62.01 mm, 73.05 mm for return periods of 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, and 500 years respectively. The maximum flows for return periods of 5, 10, 20, 50 and 100 years were 239.6363 m³/s, 273.25198 m³/s, 304.2358 m³/s, 343.46027 m³/s, 372. m³/s. One of the conclusions that was obtained was the determination of social vulnerability in the part of educational services exposed was 7.32%, for health services a value of less than 10% was obtained, for the building material a weighted value of 0.10256, for the number of floors per dwelling a weighting of 0.09416, for the attitude towards risk a weighting of 0.41066 and for local knowledge about past occurrences of disasters a weighting of 0.186338.

Keywords: precipitation, intensity curves, duration, frequency, social vulnerability.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son consideradas fenómenos naturales la cual tiene un grado mayor peligrosidad cuando se tiene una población cerca de las llanuras naturales de inundación de un río, este fenómeno es uno de los más frecuentes en el mundo. En el Perú se sabe que es un problema muy frecuente la cual se presenta cada año, esto se debe a que en el Perú se tiene unas precipitaciones de manera estacional en la parte de la región andina, donde se tiene épocas de lluvias intensas, como también épocas de un periodo seco. En la ciudad de Ambo se tiene que los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo, son los meses de mayor lluvia que se tiene, la cual según estudios del SENAMHI los riesgos de inundación que puede tener son muy alto debido a que la ciudad de Ambo está ubicada cerca al río Huallaga. En la mayoría de los estudios que se realizan el tema de las inundaciones es uno que se ha desarrollado con mayor profundidad en el mundo y entre estos estudios se considera los sistemas de información geográfica la cual ayuda como una herramienta base para la obtención de información y que ayudar evaluar, ubicar y zonificar los riesgos que serán ocasionados por las inundaciones y en el Perú se tiene un método que es propuesto por el CENEPRED y mediante una modelación hidráulica se podría saber cuál es la vulnerabilidad mediante el uso del software iRIC, ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2021. En el capítulo 1 muestra la problemática y los objetivos que se tienen para esta tesis de la misma forma la justificación como limitación y viabilidad de esta investigación, para el capítulo 2 se enfoca en toda la parte teórica como también en los antecedentes que sirve de base para la investigación, junto a la hipótesis planteada y el cuadro de variables, en el capítulo 3 se tiene toda la parte metodológica de la investigación, en el capítulo 4 describe todos los resultados y por ultimo está el capítulo 5 donde se muestra la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los desastres de la naturaleza, se considera sin excepción como un hecho problemático en el mundo, estos se producen debido a ciertos fenómenos que son de origen natural, la cual alguno de ellos es de origen hidrometeorológico, en otras palabras, que son provenientes de la atmosfera como la precipitación pluvial o modificaciones de la temperatura, que originan agentes no positivos en ciertas zonas específicas. Como sostiene Contreras Leonardo (2005) La vulnerabilidad aumenta si se trata de inundaciones que se hallan en zonas de poca pendiente o planicie, teniendo en cuenta, si la cota en el fondo del río se halla a más altura que la cota del terreno donde la comunidad vive. Como sostiene el diario COMERCIO (2017): *“Los desastres son la suma de la exposición a los peligros (sismos, huaicos, etc.) y la incapacidad de los protocolos de respuesta del sistema afectado (comunidad, empresa, etc.) para controlar su impacto”*.

CENEPRED (2019), señaló que, en la zona de la sierra, la notoria muestra de lluvias que son mayores a sus promedios en ciertas zonas del país, mostrara la posibilidad de que puedan ser de mayor intensidad (factor desencadenante), la cual pueda generar eventos de movimientos en masa que traerá consigo situaciones de riesgo a la población y a sus medios de vida, la cual es la razón principal del presente escenario que focaliza el análisis de las áreas en donde se pronostique lluvias superiores a su promedio mínimo; Se menciona lo anterior debido a que son las precipitaciones, el factor más influyente en la ocurrencia del evento.

En el sector urbano de Ambo, gran parte de las infraestructuras viales y edificaciones se encuentran ubicadas en los márgenes del río Huallaga; el ejemplo más claro existente es la carretera central que cada temporada sufre daños por los desbordes. Cabe resaltar la problemática existente a causa de que hay muchas viviendas ubicadas en la parte marginal del río, áreas

inmediatas que es superior a las riberas de la fuente de agua, de fuente naturales o artificiales, (ANA, 2017) en el sector de estudio. Así como el crecimiento demográfico en dicha zona, que ha sido muy desordenado y no se ha tomado en cuenta el gran peligro al que están expuestos actualmente.

Urbina (2012), menciona que un factor determinante en cuanto al daño de las infraestructuras ubicadas en los márgenes del río, es que no se realizan adecuados estudios hidrológicos, y no se han tomado en cuenta el impacto y las consecuencias que generan.

De acuerdo a lo dicho anteriormente es sumamente importante determinar el daño que pueden sufrir o la vulnerabilidad que se tienen en las infraestructuras que se ubica cercano al río, para que sirva como una medida de prevención o datos que pueda ayudar a la comunidad.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la vulnerabilidad mediante el uso del software iRIC, ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué factores influyen en la vulnerabilidad ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?
- ¿Para qué periodos de retorno y a partir de que datos de precipitación se producirá un desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?
- ¿Cómo se produce un diseño de modelo hidráulico utilizando el software Iric se puede determinar cuáles son las áreas más vulnerables ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo hidráulico utilizando el software Iric para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores que influyen en la vulnerabilidad ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.
- Determinar los datos de precipitación y periodos de retorno que originen que se produzca un desborde, en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.
- Diseñar un modelo hidráulico utilizando el software Iric para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que las precipitaciones entre diciembre a marzo en la zona de la sierra de la ciudad de Huánuco, generan una gran acumulación y cargan de manera excesiva el río por su paso por la provincia de Ambo generando grandes embalsamientos a lo largo del curso del río; convirtiendo así a infraestructuras y personas ubicadas en los márgenes del río en vulnerables ante esta ocurrencia y poniéndolas en gran riesgo ante esta amenaza. Sin dejar de mencionar la mal ubicación de las viviendas, el alto riesgo, en el que por años los pobladores se encuentran a causa de dicha mal distribución geográfica.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Según Mamani, (2018). La investigación resulta indispensable, debido a que los resultados del modelamiento hidráulico generaran grandes conocimientos y grandes resultados.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación tiene como objetivo probar que la modelación hidráulica es una herramienta indispensable actualmente para poder realizar un análisis en el comportamiento hidráulico del flujo de escombros.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El software utilizado en el presente proyecto nos permitirá realizar modelos de medida ante riesgo de huaicos generando una herramienta en la toma de decisiones de tal manera que implemente criterios para la construcción de obras referentes a la hidrología y de ordenamiento territorial.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación abarco el sector urbano de la Provincia de Ambo - Huánuco; Asimismo se enfocó en analizar como objeto de estudio la cuenca del río Huallaga. Se analizó y estudio el impacto del desborde del río a las viviendas y estructuras; generando un modelo hidrodinámico del mismo y presentar un mapa de riesgo, en el que se delimito las áreas vulnerables ante la ocurrencia del evento; así también, se estimó realizar el proyecto en el período de 7 meses. Comenzando en diciembre del 2021 y culminando entre junio y julio del 2022.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de tesis presenta una viabilidad favorable, debido a que se considera todas las herramientas que son indispensables para poder desarrollar el proceso de toma de datos de forma confiable, y también su correcto análisis.

Además, la investigación pretende mostrar la gran importancia que tiene el realizar un modelo hidráulico que permita determinar estudiar la vulnerabilidad a la que podrían estar expuestos los pobladores y las

estructuras en el sector urbano de Ambo. Por este motivo, se determina que la investigación cumple con ser de soporte para futuros proyectos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Con respecto al problema identificado, que de forma alarmante es preocupación para muchos profesionales involucrados en la rama y autoridades cuyas obligaciones están comprometidas con resolver dicha problemática; encontramos diversos estudios realizados, que serán expuestos de manera concisa en los párrafos a continuación.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Hernández (2017), presentaron una investigación *Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac*. Aplicaron la metodología a la cuenca urbana del río Atemajac, Jalisco, El objetivo general es el desarrollo y aplicación de una metodología del análisis de riesgo por inundaciones en unas cuencas urbanizadas para que el estudio pueda ayudar a los planificadores a diseñar proyectos para reducir o minimizar los daños generados por inundaciones. Llegando a las siguientes conclusiones: Se empleó un método de análisis mediante riesgo por inundación que se use en cuencas urbanas empleada por ciertos modelos que se considera complementarios: el determinista y el paramétrico. Siendo el modelo determinista el que genero mapas de riesgo mostrando posibles daños en ciertos lugares causado por estas inundaciones y se consideró los periodos de retorno como un modelo paramétrico, la cual conceptualizó su vulnerabilidad en la parte social, económico físico y ambiental fundamentando la dificultad de los factores que la estudian. Como resultado del empleo de esta metodología en la cuenca urbana Atemajac se observó que el tramo T2 agrupo las condiciones correctas con el fin de que genere un riesgo alto y una vulnerabilidad alta por inundación. El modelo mostro importantes lugares de inundación para los dos periodos de retorno empleados 50 años y 100 años. Teniendo en cuenta que el estudio de daños mediante

costos nos mostró que en la presente ocurrencia de severas inundaciones el tramo T2 mostraría costos mayores y mediante esa misma razón un riesgo mayor. Al estudiar la vulnerabilidad mediante el modelo paramétrico nos mostró que ese tramo se encuentra como el que tiene mayor vulnerabilidad particularmente en las partes sociales, económicos y físicos. Este método permite elaborar una información completa que reduce la duda en la estimación del riesgo y la metodología es tomada como base para estas cuencas donde presentan daños que se asocia con las inundaciones por la presencia del fenómeno que son de forma meteorológica y extremos.

La tesista Vargas (2017) , en su proyecto de investigación que lleva como nombre: *Riesgo Físico Frente A Inundaciones Fluviales Y Pluviales En La Cabecera Parroquial Rocafuerte Del Cantón Río verde, Provincia De Esmeraldas, Ecuador,* Tiene como objetivo principal determinar el riesgo físico en la capital de la parroquia de Rocafuerte (Ecuador) en caso de crecidas de ríos a través del análisis espacial para identificar lugares seguros para la población. curvas de nivel y encuesta demográfica. Llegando a las siguientes conclusiones: Según datos obtenidos de los años 2012 - 2017 se han presentado varias veces crecidas de ríos y lluvias torrenciales en los meses de enero a mayo la precipitación esperada entre estos meses es de 6292 mm. Sin embargo, la mayor precipitación se registró en 2016 con un valor de 9865 mm y en 2012 fue de 8821 mm. Cae señalar que en 2012 la cantidad récord de lluvia fue de 5995 mm y la precipitación fue de 8381 mm. Mostrando que según la historia se deseaba que los registros sean menores que los mostrados actualmente; el aumento en el cambio climático debido a los factores que son antrópicos genera que alteraciones se incrementen mientras transcurran los años. También, se mostró que en los datos base que cada mes existían un cambio muy notable de lo que se esperaba en relación a lo que se consiguió, mostrándose que la comunidad está en desventaja mediante el riesgo por inundaciones, por ello es que la población demostró una percepción afirmando correctamente al momento de dar contestación a las encuestas se muestra

económicamente pérdidas, materiales dañados, en el comercio una interrupción, enfermedades, desbordamiento, árboles y sus caídas, del puente de Rioverde caída y en la tierra deslizamientos. De la misma forma la prensa comprobó que en diferentes ocasiones el fenómeno presenta cierto peligro, un ejemplo de esto el 10 de enero de 2017 y el 13 de mayo de 2012 se dieron eventos que son muy trágicos para la comunidad. Los sitios seguros a los cuales la población pues usar como zona de evacuación, en caso de presentarse una inundación son tres: escuela fiscal mixta Héctor Lara, escuela fiscal Márquez Miraflores y escuela fiscal Carmen Mideros. Las que se encuentran cerca de lugares de asistencia hospitalaria, vías y de lugares donde se puede construir temporalmente albergues. Los lugares de riesgo señalan que la precipitación se genera con rango anual de 500 a 700 mm, tanto planas y escarpadas en su pendiente, suelo gruesa y fina en su textura, llanura, pastizales y mosaicos agropecuarios como cobertura de tierra. Con estas características se creó un mapa físico de vulnerabilidad para cada escenario en la cual está mostrando un alta, media y baja vulnerabilidad. De la misma manera se calculó que en la comunidad se presenta capacidad de respuesta baja actualmente frente a las inundaciones. También se analizó que el riesgo físico muestra una proporción mayor en un riesgo bajo que afecta a un área de 0,23 km², después un riesgo medio en un área 0,08 km² y finalmente un riesgo alto en un área de 0,07 km². Las propuestas generadas para la gestión por el riesgo de inundación son: áreas de bio-retención siendo benéficas por los costos y tiempos bajos de implementación, también que con el medio ambiente se considera amigables puesto que permiten en áreas verdes una expansión; sistema de alerta que son beneficiosas al evitar los problemas económicos-sociales, o afectaciones debido a estas; las capacitaciones son alternativas significativas siendo inesperada la presencia de inundaciones que previamente ha tomado desprevenidos a la comunidad del lugar, también se empleara una gran capacidad en la respuesta de manera eficiente frente a todos los daños que pueden generar dichas inundaciones.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

La investigación realizada por Tuesta (2018) que lleva como título *Evaluación De La Vulnerabilidad Y Riesgo Por Inundación Del Rio Huallaga En La Ciudad De Tingo María En Un Entorno SIG*, se produjo en una sección del río Huallaga, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, tuvo como finalidad evaluar la vulnerabilidad y riesgo por inundación del río Huallaga en la ciudad de Tingo María en un entorno SIG. Su metodología fue una recopilación de los datos de gabinete siendo estos datos de precipitación, curvas IDF y de campo para la estimación de los peligros con sus escenarios particulares, análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental y el riesgo por inundación en la ciudad de Tingo María; Tuesta estudio e interpretó los resultados para mostrarlos en los mapas temáticos respectivos en un entorno SIG. Tuesta llegó a estas conclusiones: El peligro alcanza una extensión de 52.239 Ha siendo muy alto, representando 10.36% del área. Los lugares afectados por ello esta desde la ribera del río, hasta las primeras cuadras de los jirones al lado derecho de la Av. Raymondi. El peligro alcanza una extensión de 116.833 Ha siendo bajo, representando 23.17% del área. La Vulnerabilidad es de una extensión de 195.623 Ha siendo alta, mostrando el 34.32% del área. La Vulnerabilidad es de una extensión de 148.009 Ha siendo baja, mostrando el 25.97% del área. La vulnerabilidad es de una extensión de 93.686 Ha siendo muy alta, mostrando el 22.20% del área. La vulnerabilidad es de una extensión de 328.333 Ha siendo alta, representando el 77.80% del área. La vulnerabilidad ambiental del lugar, muestra una categoría muy alta.

La tesis de Chagua (2018) que lleva como título: *Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima, Mediante el uso de los modelos matemáticos HEC-HMS Y HEC-RAS*, tuvo como objetivo general, la realización un análisis hidráulico e hidrológico para la obtención de mapas de inundación mediante los modelos matemáticos HEC-HMS y

HEC-RAS, y el Sistema de Información Geográfica ARCGIS el cual comprendió en el Análisis Hidrológico y el Análisis Hidráulico De La Cuenca Del Río Mala donde obtuvo como resultado un mapa de inundación en el distrito de Calango, provincia de Cañete, departamento de Lima. El empleo del mapa de inundación empezó con la delimitación de la cuenca, la delimitación de las sub-cuencas, generar la red hídrica y los parámetros geomorfológicos, todo eso mediante el software ARCGIS. El análisis hidrológico que realizó James, estuvo comprendido desde la recolección de datos de máxima precipitación de 24 horas, generar los hietogramas de diseño por el método de la simulación hidrológica mediante el modelo matemático HEC-HMS generando como resultado los caudales de diseño para los periodos de retorno de 100 años y 500 años. Teniendo las siguientes conclusiones: Los parámetros geomorfológicos que se obtuvieron para esa cuenca del río mala, como principal caracterización fue delimitar la cuenca. Esa delimitación se obtuvo mediante el DEM tomado por el satélite de la NASA, generando un área de cuenca igual a 2355.43 clasificándolo como una cuenca grande. En los resultados de los parámetros geomorfológicos se generó el índice de Gravelius igual a 1.54, siendo ese mayor a 1. Por lo tanto, la cuenca del río Mala tiene una tendencia a generarse unas crecientes de avenidas mostrando de esa manera lo que sucede realmente. Para el modelamiento hidrológico se tuvo que ingresar parámetros hidrológicos solicitados por el programa HEC-HMS y aplicar el modelo del SCS en el que se generó hidrogramas de diseño que se empleó en el periodo de retorno de 100 años los caudales siendo 409.5m³/s y para tiempo de retorno de 500 años de 542.58m³/s. Para elaborar un modelamiento hidráulico, al no tener una batimetría del río, se prefirió usar como una alternativa las curvas de nivel obtenido del DEM, sacado por la NASA. Este método no es exacto del todo, debido a una resolución baja del DEM, sin embargo, las secciones del río se asemejan mucho a lo que se encuentra realmente. Esas curvas de nivel cuentan con una peculiaridad de tener una aproximación de 3 metros máxima, lo que se considera de cierta manera aceptable. Por último, se concluyó que la elaboración de un mapa de inundación en lugares aledaños a los ríos, es importante al

tomar decisiones con el fin de evitar desastres futuros como inundación en las zonas urbanas, lugares agrícolas, lugares de ganadería, lugares de minería, entre otros.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Rojas (2018) realizó su tesis *Modelación Hidrológica E Hidráulica Del Río Tirishuanca Para Identificación De Zonas Vulnerables A Inundaciones En La Localidad De Molino, Distrito De Molino, Provincia De Pachitea, Departamento De Huánuco*, siendo su propósito de mostrar las áreas propensas a inundaciones mediante una modelación hidráulica e hidrológica del río Tirishuanca en la zona comprendida entre el Paseo Molino y las cercanías de Ulcumanos en la localidad de Molino. El estudio tiene un enfoque cuantitativo descriptivo y transversal. La muestra comprende tramos del río Tirishuanca aledaños al poblado de Molino (margen izquierda) y las inmediaciones de Ulcumanos (margen derecha). Jefferson realizó un modelo hidrológico e hidráulico para identificar zonas y regiones de inundación del río Tirishuanca y concluyó que en períodos de tiempo que se remontan a 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, 200 años y 500 años el río Tirishuanca se desbordará provocando inundaciones en los alrededores. tierras de cultivo y casas.

El objetivo de la tesis presentada por Córdova (2017) que lleva como nombre *Aplicación De La Simulación Hidrológica E Hidráulica Con Sistemas De Información Geográfica Para Identificar Las Áreas De Inundación Del Río Huallaga En El Tramo Huaylla - Ambo, 2017*, es proponer el empleo de una modelación hidrológica e hidráulica precisa con un sistema de información geográfica para identificar las zonas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Amo; Derly señala que los ríos mayormente en la región Huánuco y del país no cuentan con un registro histórico de caudales y señala que es complicado identificar las zonas de inundación cuando se inunda el tramo del río Huallaga entre las ciudades de Huaylla y Amo es no. con una excepción ante esta problemática Derly señala que el empleo de los sistemas de información geográfica (SIG) es una poderosa herramienta la cual se ayuda de los

modelos matemáticos que simulan la hidrología y la hidráulica permite identificar áreas propensas a inundaciones; pero no son comunes en el medio. Derly utilizó un método asado en dos grupos; el primero es el análisis hidrológico asado en información meteorológica y mapas obtenidos de los caudales de las vías máximas; y segundo análisis hidráulico asado en información de topografía del río visitas de campo y resultados del análisis hidrológico. La tesis concluye que la correcta aplicación de simulaciones hidrológicas e hidráulicas con SIG permite determinar la zona de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Amo utilizando una metodología sencilla y automática ahorrando esfuerzo y su tiempo.

2.2. BASES TEÓRICAS

Se considera importante que en toda investigación se establezca las bases de información que a partir de ello pueda entenderse el planteamiento del problema y una posible solución, determinando los conceptos básicos del proyecto en sí, con el fin de poder tener una clara idea de lo que se planea estudiar.

2.2.1. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Rojas (2018), Indicó que en Perú la disponibilidad de datos de precipitación e hidrometeorológicos es limitada y la mayoría de las cuencas hidrográficas no han sido diseñadas y medidas por métodos indirectos para estimar los caudales de diseño.

En función de la información disponible se seleccionará el método más efectivo para la obtención de las estimaciones en la magnitud del caudal que se verificarán con directas observaciones empleadas en el punto de interés como mediciones significativas de planicies de inundación y análisis de las obras existentes en su comportamiento.

La específica calidad de extensión y consistencia de los datos son fundamentales para iniciar los estudios hidrológicos por lo que se requiere un registro mínimo de 25 años que permita con ase en

información histórica esta historia predecir el futuro. Eventos con resultados Para que los resultados sean confiables esta información también debe incluir el año en que se registraron los eventos del evento "El Niño". Sin embargo, dado que durante un evento de El Niño la información no se mide ya que los valores a menudo se estiman como atípicos esta información debe evaluarse de tal manera que las dimensiones sobredimensionadas no se deriven de las estructuras. (MTC, 2011)

2.2.2. CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

Según el Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2011), la Intensidad se puede calcular indirectamente por medio de la fórmula siguiente:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

- I= Intensidad Máxima (mm/h)
- K,m,n = Factores característicos de la zona de estudio
- T=Periodo de retorno en años
- T= Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Según la norma técnica de Edificaciones OS 0.60; Las curvas IDF son una familia de curvas definida gráficamente, por medio de unas formulas que se relacionan con intensidad de precipitación y con la duración, frecuencia (inversa del periodo de retorno), para un sitio específico o para una región específica, las cuales están determinadas por los análisis estadísticos y los ajustes de las curvas. Si en caso no se disponga de información pluviométricas, sino de valores de precipitaciones máximas diarias, en ese caso es posible calcular las precipitaciones que tengan una duración menor a las 24 horas y con sus

respectivas intensidades las cuales están relacionadas en función de la precipitación máxima diaria.

De la misma forma, para poder determinar la intensidad de la precipitación de diseño, para duración y periodo de retorno específicos, es posible emplear las curvas IDF del “Estudio de la hidrología del Perú” (II LASENAMHI – UNI, 1983), y la siguiente expresión es deducida por la misma.

$$I_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} * \left(\frac{t + b}{t_g + b}\right)^{(n - 1)}$$

Donde:

- $P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de período de retorno, estimado para el sitio.
- t : Duración en horas
- t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15.2 horas para el Perú.
- b y n : Parámetros de tiempos y de duración, respectivamente según el manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011

2.2.3. PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA CUENCA

Según Mejía (2012), los datos medidos obtenidos de las estaciones pluviales son puntuales, y solo muestran solo la lluvia reducidamente en el área de forma pluviométrica en el entorno.

La única forma de conocer esta verdadera distribución es instalar una gran cantidad de pluviómetros en el área lo que no sería factible económica y operativamente. Se trabaja entonces con muestras reducidas cuya información se debe aprovechar al máximo ponderando sus valores es decir asignando pesos diferentes a cada muestra en el calculo del valor medio.

Según Villón (2012), para hallar la precipitación media de una lluvia existen tres métodos de usan generalmente, las cuales son: Promedio aritmético, Polígono de Thiessen, Isoyetas.

2.2.4. DESBORDE DE RÍO

Existen diversas definiciones sobre desbordes de río o inundaciones, pero básicamente se trata del aumento del tirante del río a causa de las precipitaciones. Según Rosa de la Cruz (2017), por el aumento de lluvia en su intensidad, Huarmey fue azotada por un repentino cambio que coge de su realidad, es otras palabras, la inundación fue por poco al 100% de esa ciudad lo que fue suficiente para dar paso que se cuentan con pocas medidas de prevención lo que afirma que eso se mantiene en muchas ciudades de la costa del Perú.

2.2.5. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL

La Morfología es una ciencia que se encarga de estudiar las deformaciones y la fluidez de la materia en el comportamiento por sus esfuerzos. La elección de un modelo geológico que preciso determina el comportamiento y la velocidad del flujo de escombros como se ve en las fórmulas anteriores. Su morfología y formulación pueden inducir a errores graves si no controlan de manera adecuada los parámetros que la usan. Hussain (2007).

2.2.6. VULNERABILIDAD PELIGRO Y RIESGO

Los datos obtenidos al relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos mostrados se encargan de determinar el riesgo y este se emplea para la determinación de los posibles efectos, consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas al evento natural evaluado Cenepred (2015). Según el SGM (Servicio Geológico Mexicano (2012)) Un estudio de Peligro y Riesgo por Fenómenos Naturales permite establecer estrategias de prevención, reducción y mitigación de riesgos y siniestros.

2.2.7. GESTIÓN DE INUNDACIONES

La gestión de inundaciones es un proceso de toma de decisiones por parte de los gobiernos regionales provinciales y distritales utilizando todos los medios posibles para controlar un sistema de protección contra inundaciones. Encuentre formas de lograr objetivos sociales económicos y ambientales salvando vidas y medios de subsistencia Montez (2014).

2.2.8. GESTIÓN DE HOLÍSTICA DE INUNDACIONES

Peña, Andrés (2016) Asevera que las maneras actuales de control de inundación consideran como la gestión en los recursos hídricos como un estudio específicamente para la protección de edificios sin tener en cuenta que nuestra tierra trabaja de manera sistemática. Por lo tanto, existe la necesidad de enfocarlo globalmente que considere los aspectos en su totalidad de la climática dinámica global. Un sistema que controle las inundaciones debe tener dentro los factores naturales (precipitación, escorrentía y sedimentos de carga) hechos por el hombre (medidas de protección estructural y no estructural) y factores institucionales (gestión y desarrollo). En este sistema total crea cierta confianza contra inundaciones para las personas y las propiedades y condiciones mejores para el medio ambiente. Por lo tanto, apoyamos esta visión que incluye una gran cantidad de variables siendo fenómeno dinámico el clima. La gestión holística debe tener por lo mínimo lo siguiente:

- Una unidad geográfica de gestión
- Un principio participativo, en donde todos los involucrados concurren en la solución de la problemática que les afecte.
- Un principio orientado a las acciones, es decir, que se asegure que el proceso de gestión tenga resultados reales.
- Un principio de control que sugiere que la autoridad y decisión debe recaer en los niveles inferiores de gobierno.

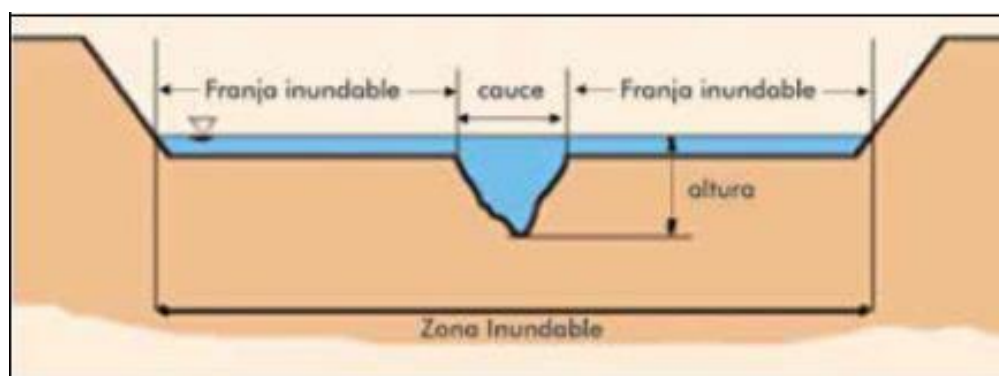
2.2.9. INUNDACIONES

En la investigación de Rodríguez (2018), Las inundaciones ocurren cuando las lluvias continuas o intensas exceden el suelo en su capacidad exceden la carga máxima del río desbordan el canal principal e inundan la tierra circundante.

Las llanuras aluviales (andas de inundaciones) son áreas adyacentes a ríos o arroyos que están sujetas a inundaciones frecuentes. Debido a su naturaleza variable las llanuras aluviales y otras llanuras aluviales deben examinarse para determinar como pueden verse afectadas o impactadas por el desarrollo.

Figura 1

Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundación



Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

2.2.9.1. TIPOS DE INUNDACIÓN

Las inundaciones pueden clasificarse: Por su duración y origen.

a) Por su duración Inundaciones

Dinámicas o rápidas: Aparecen en ríos con grandes cuencas inclinadas bajo las influencias de lluvias intensas. Las crecidas de los ríos ocurren repentinamente y en poco tiempo. Son los que mas

daño hacen a las poblaciones ya la infraestructura porque el tiempo de respuesta es casi nulo. Ejemplo: los ríos de la cuenca del pacífico (La Leche, etc.) CENEPRED (2015).

Inundaciones estáticas o lentas: Se producen generalmente cuando en las lluvias son persistentes y también generales, la cual produce un aumento paulatino del cual en río hasta sobrepasar su capacidad máxima de transporte, por lo cual el río se llega a desbordar, y por llegar a inundar las áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les nombra como llanuras de inundación CENEPRED (2015)

b) Según su origen Inundaciones pluviales

Se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o zona geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento del cauce del río. Este tipo de crecida se produce tras un régimen de lluvias intensas y persistentes es decir por la concentración de lluvias intensas en un periodo muy corto de tiempo o por lluvias moderadas y persistentes durante un largo periodo de tiempo sobre suelos de alta pluviometrías y baja permeabilidad tierra CENEPRED. (2015)

Inundaciones fluviales: Causado por el desbordamiento de los ríos se cree que es causado por un aumento repentino en la cantidad de agua que excede la capacidad de carga de un lecho o canal de un lago sin desbordarse durante lo que se conoce como una inundación (consecuencia excesiva de las lluvias). CENEPRED (2015)

2.2.9.2. PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (LA MATRIZ DE SAATY)

Este método fue desarrollado por el matemático Saaty (1980) para desarrollar problemas de múltiples criterios complejos mediante la elaboración de un modelo jerárquicamente lo que nos

ayuda a los para la toma de decisiones a construir el problema de manera intuitiva. Combina los aspectos objetivos tangibles y racionales de la ciencia clásica con los aspectos subjetivos, intangibles y emocionales del humano en su comportamiento. En ese sentido se puede cumplir con un tratamiento de la subjetividad objetiva. Central para el JHP es un proceso de asignación de pesos a los parámetros y descriptores involucrados en una decisión y la calidad final de las diversas alternativas a los criterios seleccionados. CENEPRED (2015).

Tabla 1
Escala de valores de la matriz de Saaty captura

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos jicás adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

2.2.9.3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD CON LA METODOLOGÍA CENEPRED:

a) Vulnerabilidad Social

- Exposición

Tabla 2

Grupos etarios y ponderación

GRUPO ETARIO	PESO
De 0 a 5 años y mayores de 65 años.	0.503
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.26
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.134
De 15 a 30 años.	0.068
De 30 a 50 años.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 3

Servicios educativos expuestos y ponderación

SERVICIOS EDUCATIVOS EXPUESTOS	PESO
> 75 % del servicio educativo expuesto.	0.503
< 75% y > 50 % del servicio educativo expuesto.	0.26
< 50% y > 25 % del servicio educativo expuesto.	0.134
< 25% y > 10 % del servicio educativo expuesto.	0.068
< de 10% del servicio educativo expuesto	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 4*Servicios de salud y ponderación*

SERVICIOS DE SALUD EXPUESTOS	PESO
> 60 % del servicio de salud expuesto.	0.503
< 60% y > 35 % del servicio de salud expuesto.	0.26
< 35% y > 20 % del servicio de salud expuesto.	0.134
< 20% y > 10 % del servicio de salud expuesto.	0.068
< De 10% del servicio de salud expuesto.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

- **Fragilidad**

Tabla 5*Material de construcción de la edificación y ponderación*

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO
Estera/cartón.	0.503
Madera.	0.26
Quincha (caña con barro).	0.134
Adobe o tapia.	0.068
Ladrillo o bloque de cemento	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 6*Número de pisos por vivienda y ponderación*

CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES	PESO
5 pisos.	0.503
4 pisos.	0.26
3 pisos.	0.134
2 pisos.	0.068
1 piso.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

- **Resiliencia**

Tabla 7*Actitud frente al riesgo y ponderación*

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	PESO
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	0.503
Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	0.26

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 8*Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres y ponderación*

Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	PESO
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.503
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.26
Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.134
La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.068
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

b) Vulnerabilidad Económica

- **Exposición**

Tabla 9*Localización de la edificación y ponderación*

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO
Muy cercana: 0 - 25 m	0.503
Cercana: 25 - 50 m	0.26
Medianamente cercana: 50 - 100 m	0.134
Alejada: 100 - 250 m	0.068
Muy alejada > 250 m	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

- **Fragilidad**

Tabla 10

Material de construcción y ponderación

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO
Estera/cartón.	0.503
Madera.	0.26
Quincha (caña con barro)	0.134
Adobe o tapia.	0.068
Ladrillo o bloque de cemento	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 11

Estado de la edificación de las viviendas

ESTADO DE LA EDIFICACIÓN PESO	PESO
Muy malo: las edificaciones en que las estructuras presentan tal deterioro, que hace presumir su colapso.	0.503
Malo: las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome y que los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
Regular: las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuya estructura no tiene deterioro y si lo tiene no lo compromete y es sustentable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al uso normal.	0.134

Bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	0.068
Muy bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 12

Antigüedad de la construcción y ponderación

ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO
De 40 a 50 años.	0.503
De 30 a 40 años.	0.26
De 20 a 30 años.	0.134
De 10 a 20 años.	0.068
De 5 a 10 años.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 13*Configuración de elevaciones y ponderación*

CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES	PESO
5 pisos.	0.503
4 pisos.	0.26
3 pisos.	0.134
2 pisos.	0.068
1 piso.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

- **Resiliencia**

Tabla 14*Ingreso familiar promedio y ponderación*

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO (SOLES)	PESO
< 500	0.503
> 500 - <750	0.26
> 750 - < 1000	0.134
> 1000 - < 1500	0.068
>1500	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

Tabla 15
PEA desocupada, ponderación

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA	PESO
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con ciertas limitaciones socioeconómicas.	0.503
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con limitaciones socioeconómicas.	0.26
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.	0.134
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	0.068
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	0.035

Fuente: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural, 2015)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Vulnerabilidad:

Se define como la sensibilidad de un uso del suelo a las inundaciones que tiene dependencia únicamente del tipo del suelo de su uso y la percepción de riesgo de la sociedad. Porta (2020).

Amenaza/peligro

Probabilidad de que un fenómeno físico generalmente de origen dañino que puede ser de manera natural o elaborado por el hombre que se genere en un sitio en particular con una intensidad determinada y durante un período y una frecuencia determinados. (Ministerio de Salud, 2015)

Riesgo

Se considera el daño potencialmente en las amenazas la que puedan causar a los elementos vulnerables y se examina al conocer los datos de amenazas y vulnerabilidades. Robayo (2014).

$$R = A \times V$$

Donde:

A: Amenaza, R: Riesgo y V: Vulnerabilidad

Hidrología

Mejía (2012) manifiesta que en el año 1961 Merriam y Webster señala que la hidrología es “Las propiedades, distribución y circulación del agua que estudia la ciencia, sobre una superficie de la tierra, suelo, rocas y atmosfera, que en cierta manera se refiere a la evaporación y precipitación”

Precipitación

Siendo todo tipo de agua que recae en la superficie de la tierra. Siendo diferentes las formas de lluvia la cual incluye la llovizna, lluvia de nieve, agua-nieve y lluvia helada. Robayo (2014).

Cuenca

Es la la superficie de una zona terrestre, siendo las precipitaciones que recaen en ella las que tienden a ser drenadas por un sistema de corrientes que llega un mismo punto. Robayo (2014).

Hidrometría

La hidrometría se tiene como fin el de registrar, medir, calcular y analizar el agua en volúmenes, la cuales que circulan en una sección transversal del río, canal o tubería en la unidad de tiempo. Ergueta (2016).

Caudal

Se denomina caudal en hidrografía, hidrología, hidrometría y, en general, en geografía física, al agua en volúmenes que circulan por el cauce de un río en tiempo determinados. Ergueta (2016).

2.4. HIPÓTESIS

“La hipótesis puede surgir como una tentativa del investigador para solucionar el problema que investiga. Para aclarar esta idea, podemos afirmar que una hipótesis es como un enunciado sobre un acontecimiento futuro, o cuyo resultado aún se desconoce” Gómez S. (2012 p.31).

Siguiendo lo dicho por Gómez, se planteó lo siguiente.

H1: La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2022.

H0: La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric no permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2022.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Zonas Vulnerables

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Modelo Hidráulico

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 16

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
V. independiente Modelo Hidráulico.	Topografía	Secciones Transversales	m/m
	Factor climatológico	(Pendiente)	mm
	Fenómenos demográficos de localización	Lluvias de gran intensidad	--
	Estudio Hidráulico	Indica el lugar de ubicación de las estructuras	m3/seg.
		Máximas Avenidas (Caudal)	
V. dependiente Zonas Vulnerables	Fenómenos naturales	Desborde de río	mm
	Extensión en riesgo ante el evento	Áreas en peligro ante deslizamiento de escombros	m2

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se ha evaluado, interpretado, establecido precedentes, determinado causalidad y su implicación Hernández (2014).

3.1.1. ENFOQUE

Según Hernández (2014), el enfoque cuantitativo se usa como una recolección por medio datos para corroborar la hipótesis con base en la medición numérica y un análisis estadístico, con la finalidad de establecer pautas de comportamiento y probar ciertas teorías. Lo descrito anteriormente, la investigación presentada se clasifica por su naturaleza con un enfoque cuantitativo. En el que se identificó, clasifíco y delimito las áreas vulnerables ante la ocurrencia del evento.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Hernández (2014), Describe que en un estudio descriptivo se encarga de buscar y especificar propiedades y ciertas características importantes de cualquier fenómeno que se estudie. También describe ciertas tendencias de una población.

Entonces se puede definir que el nivel de la investigación es descriptivo teniendo en cuenta el enfoque planteado; ya que se ha realizado un modelo hidráulico, mediante el cual se ha analizado las características y comportamientos del fenómeno en estudio. y ello no influyo en sus variables.

3.1.3. DISEÑO

Según la definición de Hernández (2014), La investigación no experimental se considera como estudios que se realiza sin una manipulación libre de variables y en los cuales sólo se observa los fenómenos en un ambiente natural para estudiarlos.

Por lo tanto, la presente investigación fue del tipo no experimental, es decir no se alteró ni manipulo las variables involucradas dentro del proceso de la investigación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Según la revisión de la literatura acerca de la selección del universo de nuestra investigación, se encontró a Hernández (2014) quién lo define como, “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.”. Mediante ello, se considera lo siguiente.

3.2.1. POBLACIÓN

Para la presente investigación, según los antecedentes revisados y el entorno que envuelve el proyecto. Se consideró como población la sub cuenca del río Huallaga en el sector urbano de la provincia de Ambo; ubicada en el departamento de Huánuco- Perú.

3.2.2. MUESTRA

Las muestras no probabilísticas, son llamadas también como muestras que son dirigidas, la que se suponen que son un procedimiento de selección orientada por las características en la investigación, y no por un criterio estadístico de generalización. Hernández (2014).

A través de la presente descripción podemos definió como muestra la cuantificación de los datos obtenidos de la sub cuenca del rio Huallaga justo en el tramo de estudio.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Gabriel (2013) recalca que en la recolección de datos se enfoca al uso de una gran diversidad de herramientas y algunas técnicas que pueden ser usadas por el analista para desarrollar los sistemas de información.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se procedió a realizar una recopilación de datos que obtuvieron con la colaboración del Sistema de información Geográfica, entonces se utilizó como técnica, la observación, medición y documentación.

Asimismo, con el fin de garantizar, durante el proceso de investigación, una buena recolección de datos, se necesitó de los instrumentos mencionados a continuación:

- Fichas de medición, que será de elaboración propia basándome en las descripciones válidas por autores ya mencionados dentro de las bases teóricas.
- Tablas estadísticas sobre indicadores establecido.
- Cuestionarios.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Asimismo, con el fin de garantizar, durante el proceso de investigación, una buena recolección de datos, se necesitará de los instrumentos mencionados a continuación:

- Cuestionarios

La plantilla de cuestionario que se realizo fue la siguiente:

Tabla 17*Plantilla de Encuesta (datos)*

Cantidad de Personas encuestadas:		
Edades:	Sexo:	Lugar:

Tabla 18*Plantilla de Encuesta (primera parte)*

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN
¿Cuál es el material predominante en la construcción de su vivienda?
Estera
Madera
Quincha
Adobe
Ladrillo
CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES
¿Cuántos pisos tiene su vivienda?
5 pisos
4 pisos
3 pisos
2 pisos
1 piso
ACTITUD FRENTE AL RIESGO
¿Cómo es tu actitud frente a un riesgo de inundación, elige entre estas dos opciones?
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población
Actitud escasamente previsora de la mayoría de la población
CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE OCURRENCIA PASADA DE DESASTRES
¿De las siguientes opciones cual crees que es el conocimiento de la población sobre la ocurrencia pasada de destres mediante inundaciones?
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres
ESTADO DE LA EDIFICACIÓN PESO
¿En cuál de las siguientes opciones cree usted que se encuentra el estado de su vivienda?
Muy malo
Malo
Regular
Bueno
Muy bueno

Tabla 19

Plantilla de Encuesta (segunda parte)

ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN
¿Cuántos años de antigüedad tiene su vivienda?
De 40 a 50 años
De 30 a 40 años
De 20 a 30 años
De 10 a 20 años
De 5 a 10 años
INGRESO FAMILIAR PROMEDIO (SOLES)
¿Cuánto es su ingreso familiar promedio mensual?
< 500
> 500 - <750
> 750 - < 1000
> 1000 - < 1500
>1500
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA
¿De las siguientes opciones cuál cree usted que es la situación referente al acceso y permanencia de un puesto de trabajo ?
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo.
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo.
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo.

➤ Plantillas de Excel

De las siguientes plantillas se usó para calcular las precipitaciones máximas, el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, coeficiente de asimetría que es necesario para el cálculo de poder calcular los datos de la distribución y las intensidades.

Para las pruebas de kolmorov - Smirnov se elaboraron cuadros de Excel para el cálculo del delta teórico para poder determinar la distribución adecuada.

Por último, se tiene una plantilla para calcular las intensidades de diseño en los periodos de retorno estudiado para poder calcular el caudal y realizar el modelamiento en el software.

Tabla 20

Plantilla para el cálculo de las precipitaciones máximas parte 1

CÁLCULO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO USANDO LAS DISTRIBUCIONES NORMAL, LOGNORMAL, LOG GUMBEL, Y GUMBEL PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS INSTANTÁNEAS ANUALES 1994-2017					
ESTACIÓN:					
LATITUD:					
LONGITUD:					
ALTITUD:					
DEPARTAMENTO:					
PROVINCIA:					
DISTRITO:					
Nº	ESTACIÓN	AÑO	P _{máx} (mm)	Log P	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Tabla 21

Plantilla para el cálculo de las precipitaciones máximas parte 2

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
PROMEDIO (mm)
DESVIACIÓN ESTÁNDAR
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA
K/6
Nº

Tabla 22

Plantilla para la prueba de Kolmorov - Smirnov parte 1

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Normal									
Intervalo	Probabilidad	z	Normal LS (mm.)	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Se toma el máximo del valor de Δ=								0.0000	

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Log Normal									
Intervalo	Probabilidad	z	Log Ls	LN LS (mm.)	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Se toma el máximo del valor de Δ=								0.0000	

Tabla 23

Plantilla para la prueba de Kolmorov - Smirnov parte 2

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Log Pearson									
Intervalo	Probabilidad	z	Kt	Log Ls	LP LS (mm.)	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Se toma el máximo del valor de Δ=								0.0000	

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Gumbel									
Intervalo	Probabilidad	T	ym	k	Gumbel CL (mm.)	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Se toma el máximo del valor de Δ=								0.0000	

Tabla 24

Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 1

Datos:				
Per.Retorno	:			(Dato)
Pmáx24h	:			
N°	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00			
2	2.00			
3	4.00			
4	6.00			
5	7.00			
6	8.00			
7	8.50			
8	9.00			
9	9.50			
10	9.75			
11	10.00			
12	10.50			
13	11.00			
14	11.50			
15	11.75			
16	12.00			
17	12.50			
18	13.00			
19	13.50			
20	14.00			
21	16.00			
22	20.00			
23	24.00			

Tabla 25

Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 2

INTENSIDAD DE DISEÑO					
N°	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T: años	C1	C2	C3
			1	15	0.00
2	30	0.00			
3	60	0.00			
4	90	0.00			
5	120	0.00			
6	180	0.00			
7	240	0.00			
8	300	0.00			
9	360	0.00			
10	720	0.00			
11	1440	0.00			

Tabla 26

Plantilla para el cálculo de las intensidades parte 3

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO			
N°	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	
2	20	1.33	
3	40	2.33	
4	60	3	
5	90	4	
6	120	5	
7	180	6	
8	240	7	
9	300	8	
10	360	9	
11	720	10	
12	1440	11	

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de datos se tomó en consideración la información proporcionada por el SIG quién nos brindó datos de la cuenca del río Huallaga, de manera sencilla, así mismo dichos datos irán acompañados de los registros de antecedentes que encontró en las diferentes entidades relacionadas al proyecto como el SENAMHI que fue de ayuda para obtener los datos de precipitación de la estación en estudio; así se tuvo la información necesaria para los parámetros que se tomó en cuenta en la investigación.

Luego del procesamiento, de los datos obtenidos del SENAMHI se procedió a calcular las intensidades para poder estimar las curvas de familia y con esos datos ingresarlos al software.

Se hizo uso del Software iRIC, cuyos resultados nos dio el modelamiento del desborde del río Huallaga en el tramo de estudio e impacto a las estructuras aledañas. Además, con los resultados arrojados por el software se pudo calcular los caudales máximos que se tendrá para cada periodo de retorno.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para la **EVALUACIÓN DEL PELIGRO** primero se verán los factores desencadenantes

4.1.1. DATOS DE PRECIPITACIÓN

Para realizar este procedimiento se tuvo que seleccionar una estación pluviométrica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la cual cuenta con una red de estaciones a nivel nacional y para este trabajo de investigación se eligió la estación más cercana a nuestro lugar de estudio.

En la siguiente Tabla se mostrará las características de la estación seleccionada.

Tabla 27

Estación más cercana al lugar de estudio

Estación	Tipo	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altura (msn m)
San Rafael	Pluviométrica	Ambo	San Rafael	10°19'45.27"S	76°10'35.47"W	2722

En la siguiente Tabla 27, muestra los datos de precipitación que se obtuvo de la estación de San Rafael.

Tabla 28*Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación San Rafael*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1994	23.2	38.5	20.1	12.8	5.4	0.8	0	2.1	11	15.8	9.4	31.2
1995	25.5	30	36.8	16	18.5	13	1.5	3.5	18	22	26.3	31.7
1996	18	17.4	22.8	22.2	8	6	0.9	3.7	21.1	3.5	19.5	16
1997	13	18.6	10.2	12.2	4.5	0	0	7	8.7	22.4	14.3	56.7
1998	29.4	27.5	22.5	7.2	4.4	7.8	0	5.1	6.2	19.8	19	24.6
1999	17.3	21	21.6	9	7.9	9.7	2.4	12.8	14.3	6.6	19.2	14.7
2000	15.9	19.8	20.7	12.8	2.9	14.5	3.5	12.3	12.2	9.4	5.9	25.1
2001	24.4	18.8	17.6	16	5.1	5.6	5.3	7.9	9.2	16.2	41.8	26.1
2002	10.2	16	20.2	9.6	11.4	2.7	17.6	0.7	7	29.9	12	25
2003	7.5	8.6	15.2	52.9	1.9	7.2	0	22.8	9.4	6.7	27.3	18.6
2004	29.6	16.3	20.2	10.8	15	8	3	4.3	27.4	11.8	24.1	41.6
2005	9.9	32	25.9	0	1.3	0	1.9	9.3	10.6	13	16.1	10.1
2006	13.9	13.7	12.7	9	0.6	5.3	5.6	5.8	16.3	16.5	28.8	15.7
2007	22.5	11.1	25.8	6.8	6.8	0.7	31.9	3.5	12	17.1	12	22.6
2008	17	28.2	8.6	6.1	6.3	6.1	1.2	1.8	42.1	15.3	24.5	17.6
2009	16.1	17.6	25.5	14.7	14.7	3.6	7.1	4.9	9.3	12.7	16.3	22.9
2010	25.1	19.8	20.9	20.8	17.5	4.4	7.7	5.4	3.9	11.8	9	23
2011	16.4	18.2	10.4	21.8	14.4	0.8	1.4	4.5	10.3	20.1	12.2	16.1
2012	13.2	19.5	15.3	24.3	5	6.1	1.7	6.4	1.9	14.8	21.3	33.5
2013	15.6	24.8	15.9	12.2	4.7	9.9	0	0	9.1	24.6	27	41.1

2014	18.5	16.9	25.7	12.4	8.9	2.7	0	3.4	21.3	3.5	9.2	11.2
2015	13.4	9.7	16.4	12.1	13.6	0.6	6.9	3.2	4.9	10.9	13.6	15.6
2016	0	0	12.5	21.3	9.1	1	1.9	1.2	4.7	14.3	10.7	28.2
2017	15	28.4	20.8	7.2	12.1	0.9	14	7	13.3	13.6	19.7	28.6

Fuente: SENAMHI, 1994 – 2017.

En la Tabla 28 se muestra los datos que se obtuvo de la estación, estos datos se sacaron de la página del SENAMHI.

Después de obtener los datos de precipitación se tiene que procesar los datos obtenidos de precipitación para lo cual se va a representar mediante la precipitación máxima en 24 horas para la estación de San Rafael.

Estos datos nos servirán para realizar las distribuciones respectivas para calcular los diferentes periodos de retorno mediante el uso de las precipitaciones máximas anuales.

Tabla 29*Precipitación máxima en 24 horas*

N°	ESTACIÓN	AÑO	P _{máx} (mm)	Log P
1	San Rafael	1994	38.5	1.58546073
2	San Rafael	1995	36.8	1.565847819
3	San Rafael	1996	22.8	1.357934847
4	San Rafael	1997	56.7	1.753583059
5	San Rafael	1998	29.4	1.46834733
6	San Rafael	1999	21.6	1.334453751
7	San Rafael	2000	25.1	1.399673721
8	San Rafael	2001	41.8	1.621176282
9	San Rafael	2002	29.9	1.475671188
10	San Rafael	2003	52.9	1.723455672
11	San Rafael	2004	41.9	1.622214023
12	San Rafael	2005	32	1.505149978
13	San Rafael	2006	28.8	1.459392488
14	San Rafael	2007	31.9	1.503790683
15	San Rafael	2008	42.1	1.624282096
16	San Rafael	2009	25.5	1.40654018
17	San Rafael	2010	25.1	1.399673721
18	San Rafael	2011	21.8	1.338456494
19	San Rafael	2012	33.5	1.525044807
20	San Rafael	2013	41.1	1.613841822
21	San Rafael	2014	25.7	1.409933123
22	San Rafael	2015	16.4	1.214843848
23	San Rafael	2016	28.2	1.450249108
24	San Rafael	2017	28.6	1.456366033
PROMEDIO (mm)			32.421	1.49230762
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			9.899	0.12900084
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)			0.31	0.086444
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA			0.85	0.122409852
K/6			0.14129627	0.02040164
N°			24	24

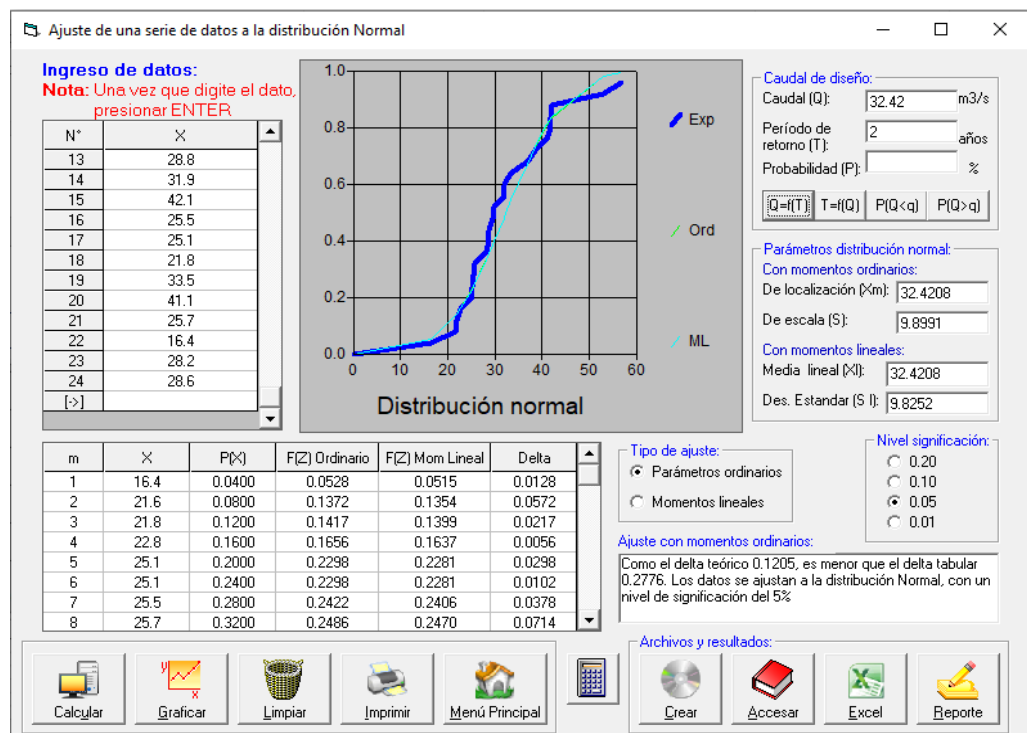
Fuente: datos del SENAMHI, 1994 – 2017.

Interpretación: una vez obtenida las precipitaciones se sacó la precipitación mayor por cada año, para luego realizar el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación para así ingresarlo en las siguientes pruebas que se muestra a continuación.

Después de realizar la Tabla de precipitación máxima en 24 horas se procede a realizar la distribución normal, distribución log normal y la distribución de Gumbel para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 500 años para facilitar el cálculo se utilizó el software Hidro Esta 2.0. Obteniéndose los siguientes resultados con sus graficas respectivas.

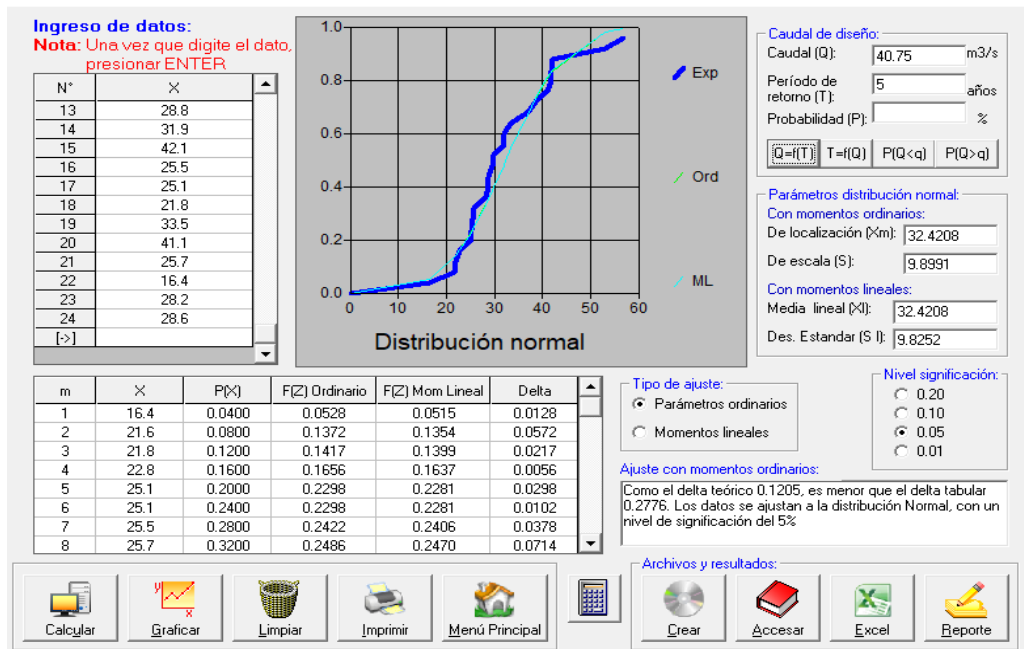
- **DISTRIBUCIÓN NORMAL**

Figura 2
Distribución Normal para un T= 2 años



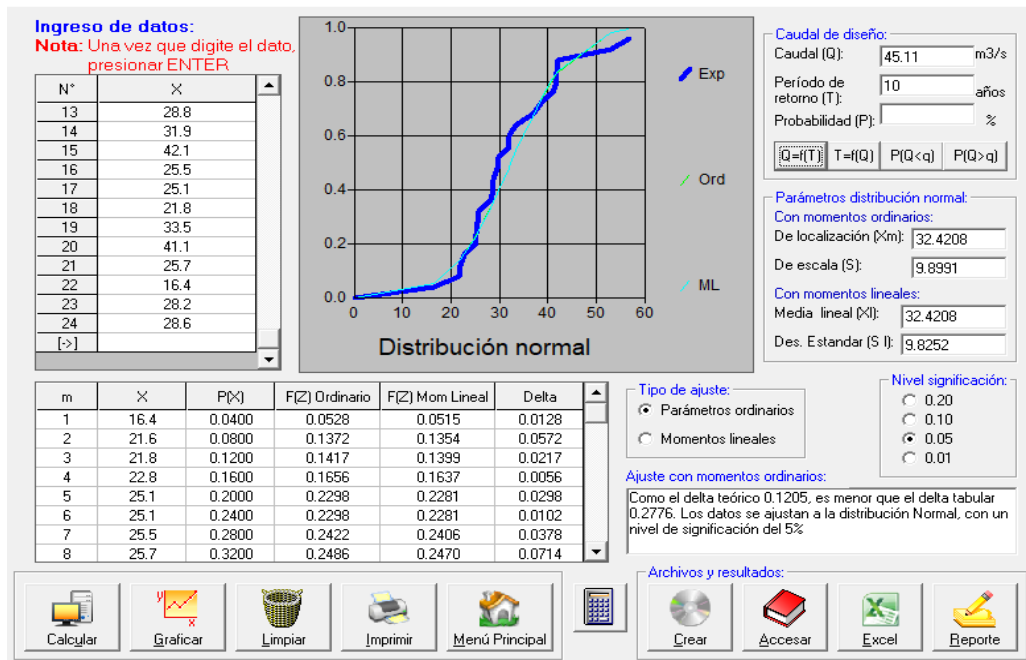
Interpretación: los resultados se obtuvieron del hidroesta, ingresando los datos del Excel y poniendo el periodo de retorno deseado calculando automáticamente el caudal y el delta teórico lo que es de suma importancia siendo esto que la distribución normal para un periodo de 2 años de retorno tiene un caudal de 32.42 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 3
Distribución Normal para un T= 5 años



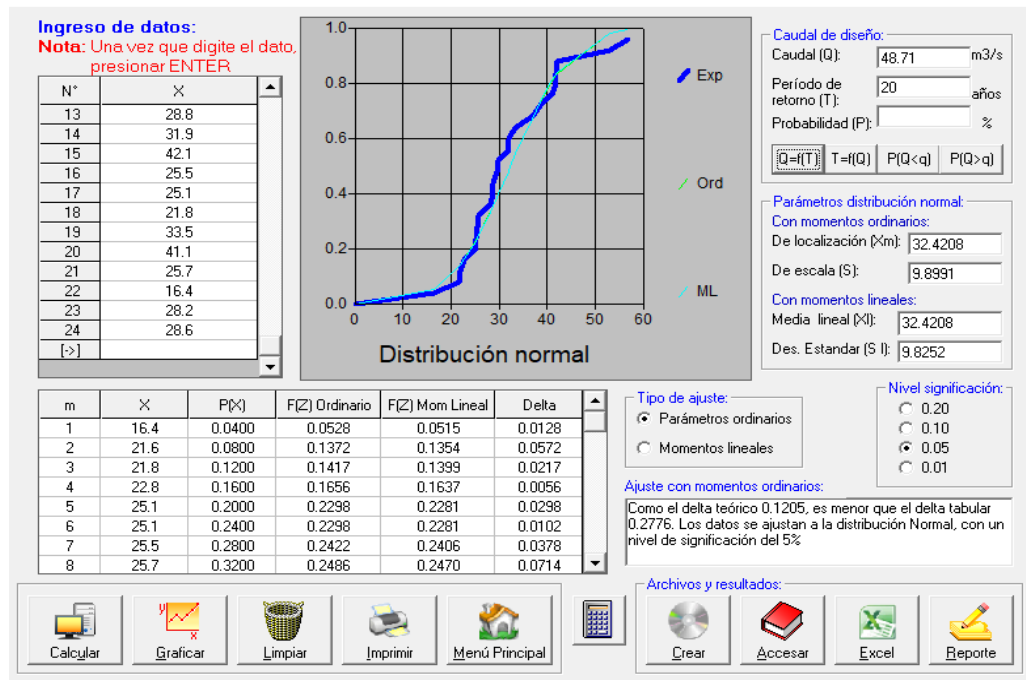
Interpretación: la distribución normal para un periodo de 5 años de retorno tiene un caudal de 40.75 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 4
Distribución Normal para un T= 10 años



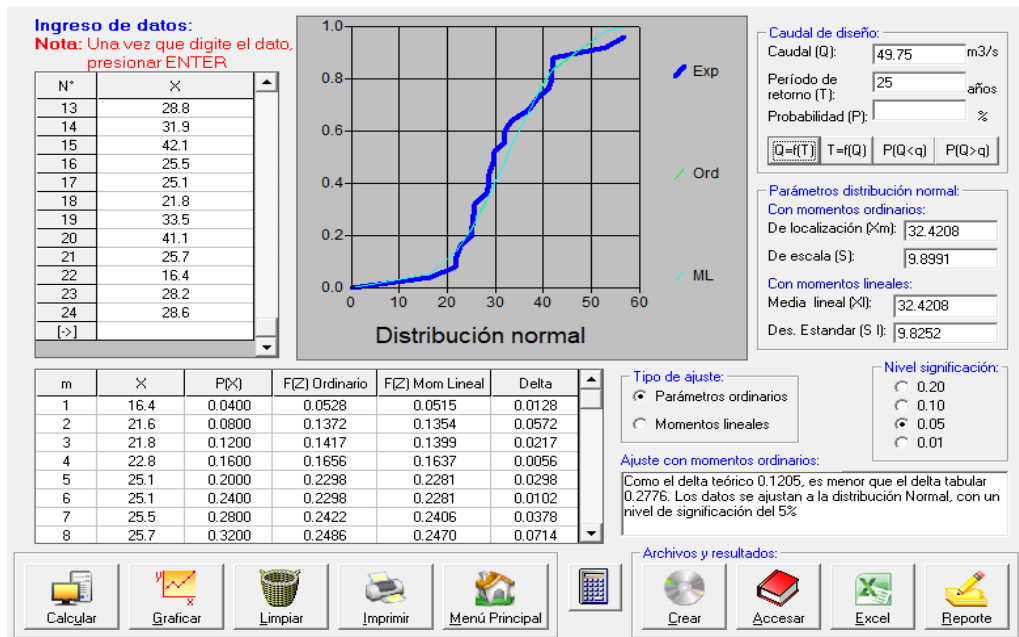
Interpretación: la distribución normal para un periodo de 10 años de retorno tiene un caudal de 45.11 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 5
Distribución Normal para un T= 20 años



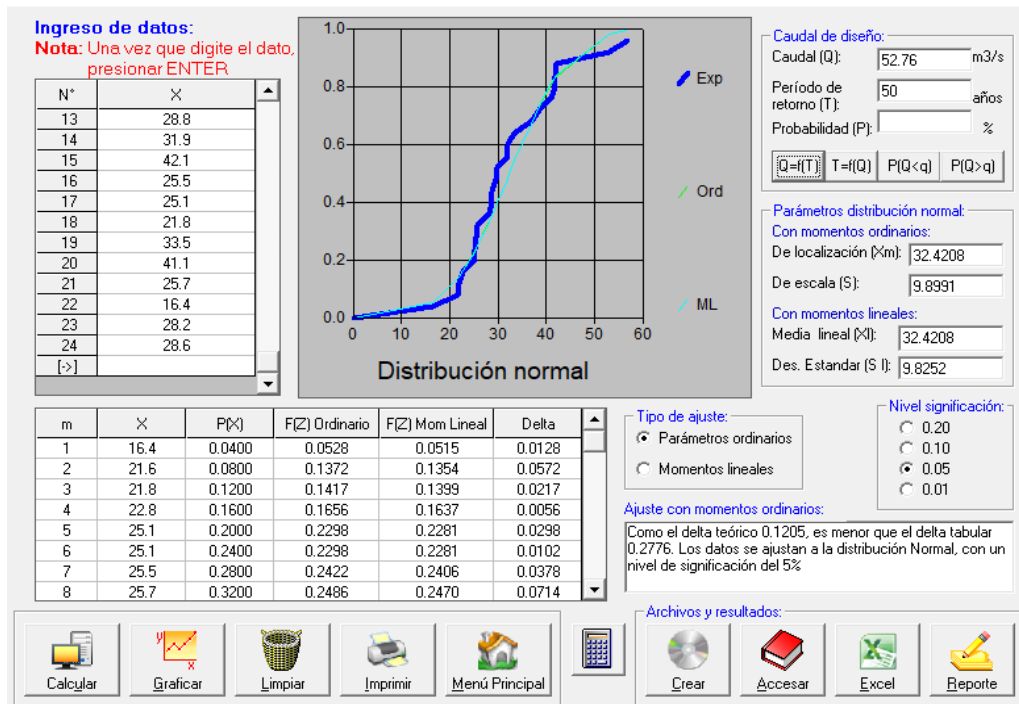
Interpretación: la distribución normal para un periodo de 20 años de retorno tiene un caudal de 48.71 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 6
Distribución Normal para un T= 25 años



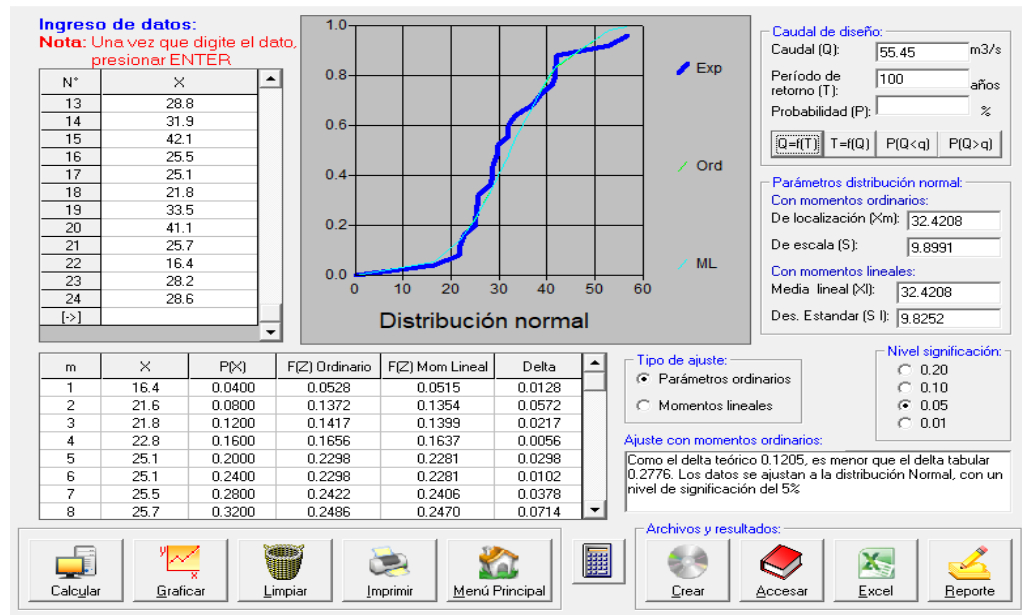
Interpretación: la distribución normal para un periodo de 25 años de retorno tiene un caudal de 49.75 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 7
Distribución Normal para un T= 50 años



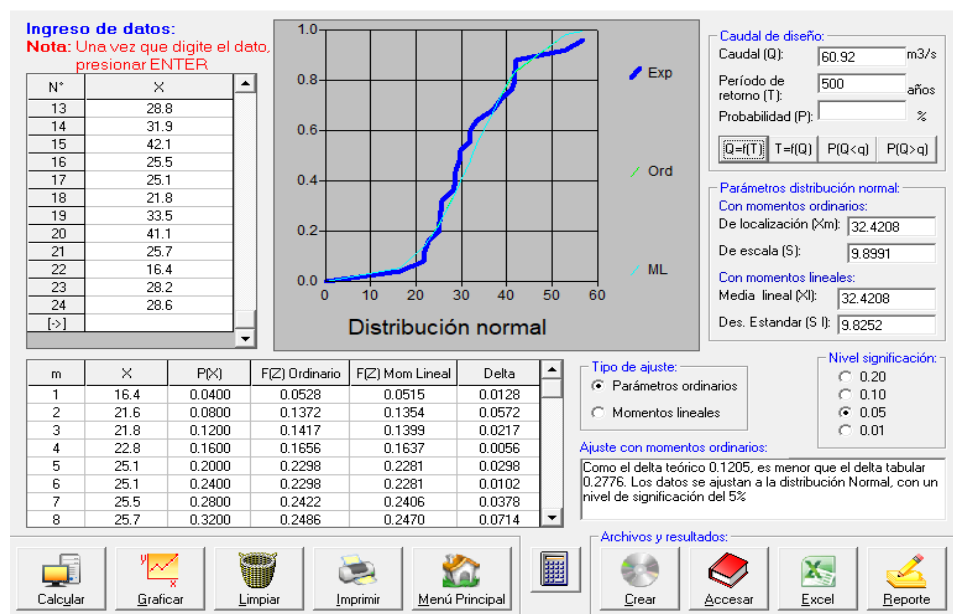
Interpretación: la distribución normal para un periodo de 50 años de retorno tiene un caudal de 52.75 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 8
Distribución Normal para un $T= 100$ años



Interpretación: la distribución normal para un periodo de 100 años de retorno tiene un caudal de 55.45 y un delta teórico de 0.1205.

Figura 9
Distribución Normal para un $T= 500$ años

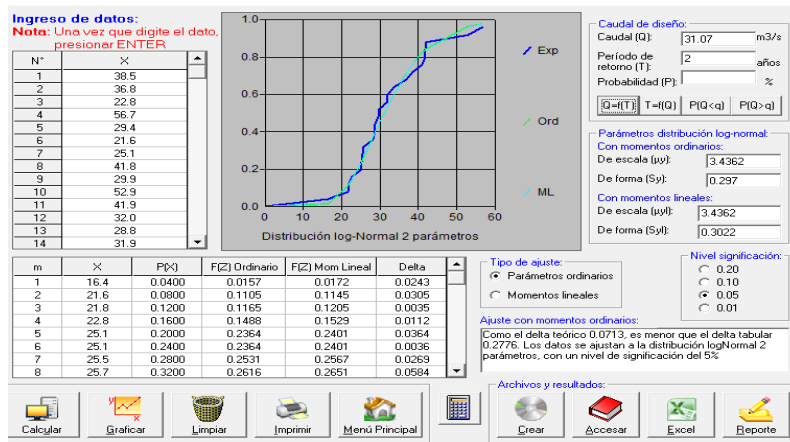


Interpretación: la distribución normal para un periodo de 500 años de retorno tiene un caudal de 60.92 y un delta teórico de 0.1205.

- **DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL**

Figura 10

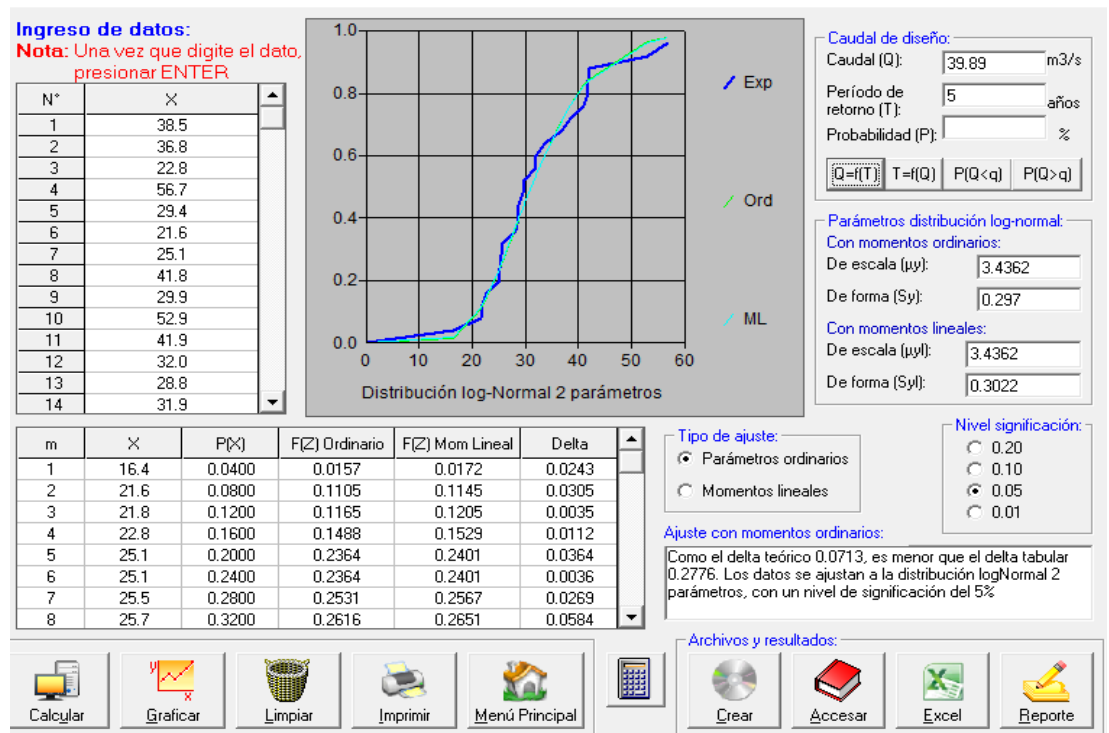
Distribución Log Normal para un T= 2 años



Interpretación: los resultados se obtuvieron del hidroesta, ingresando los datos del Excel y poniendo el periodo de retorno deseado calculando automáticamente el caudal y el delta teórico lo que es de suma importancia siendo esto que la distribución log normal para un periodo de 2 años de retorno tiene un caudal de 31.07 y un delta teórico de 0.0713.

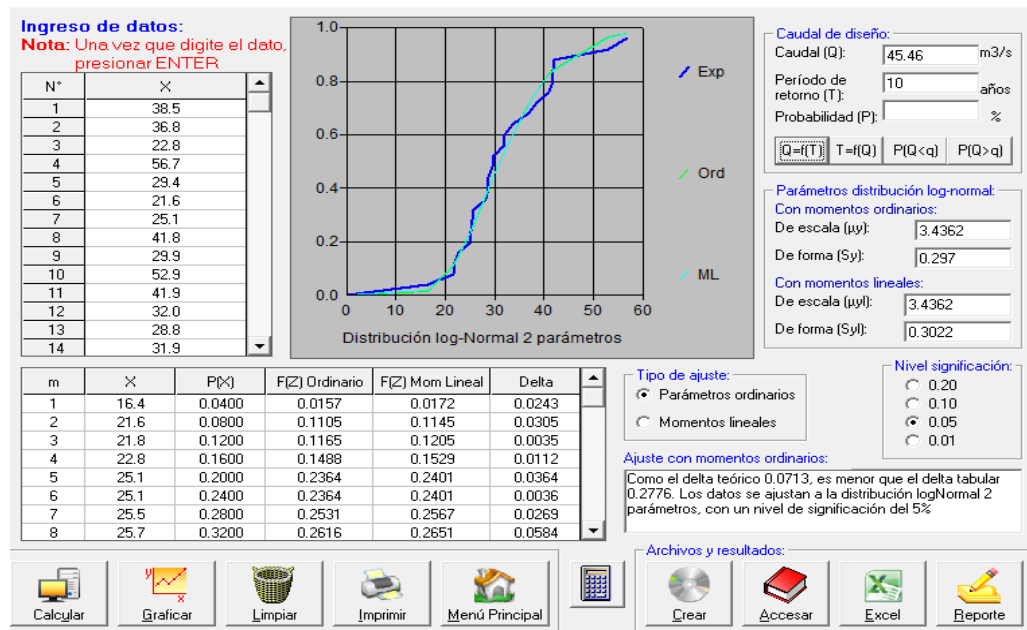
Figura 11

Distribución Log Normal para un T= 5 años



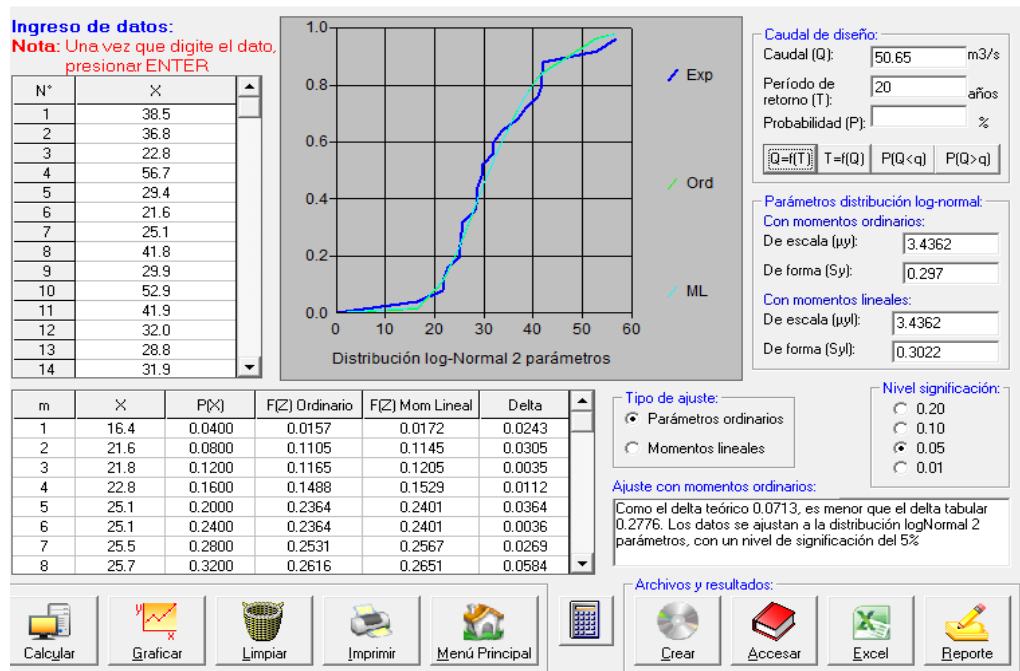
Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 5 años de retorno tiene un caudal de 39.89 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 12
Distribución Log Normal para un T= 10 años



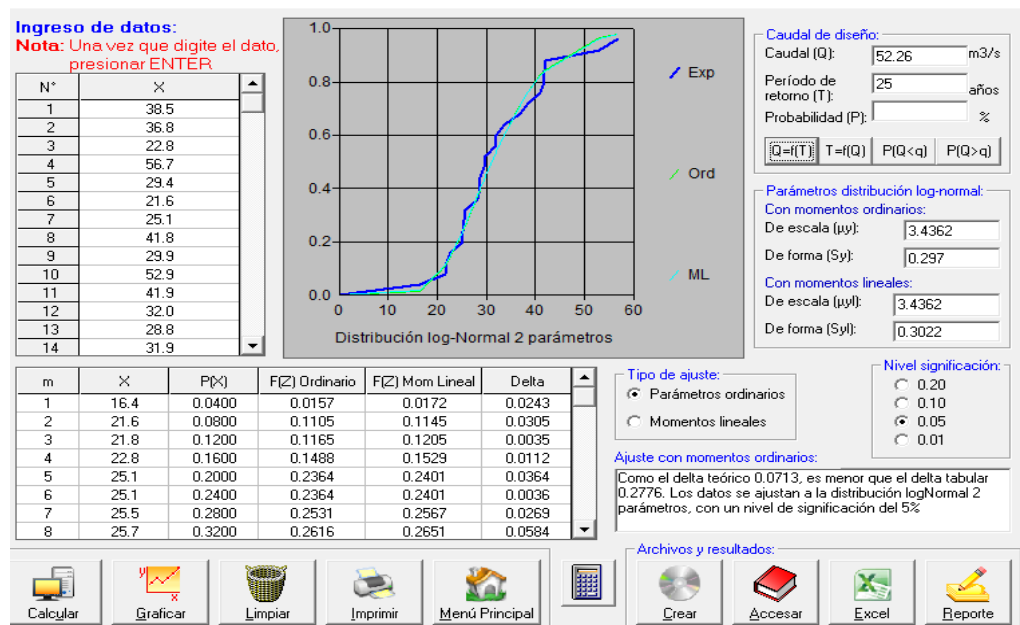
Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 10 años de retorno tiene un caudal de 45.46 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 13
Distribución Log Normal para un T= 20 años



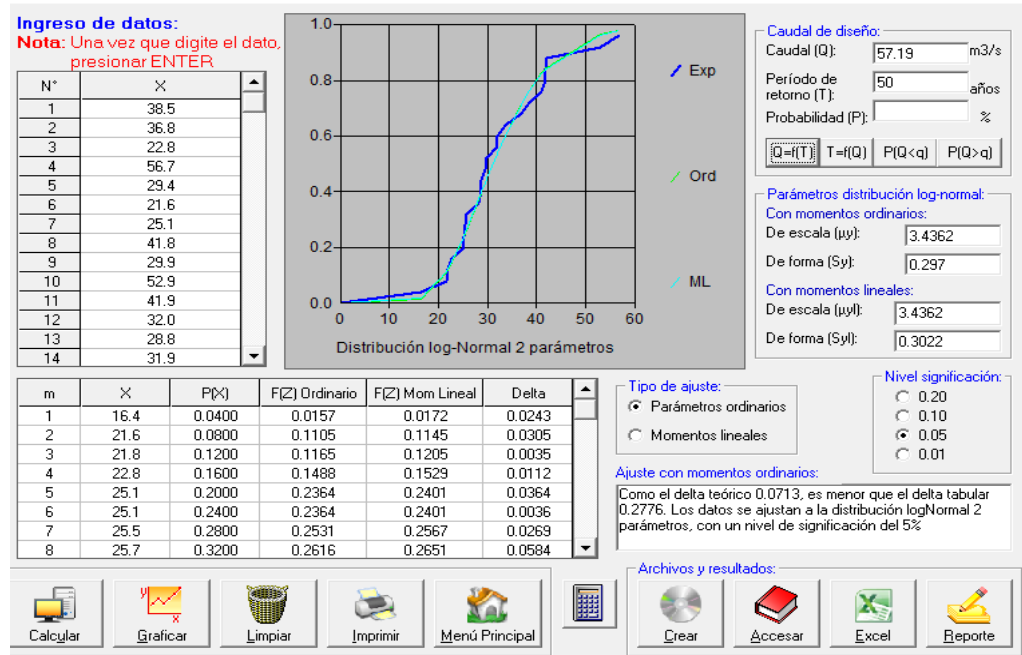
Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 20 años de retorno tiene un caudal de 50.65 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 14
Distribución Log Normal para un T= 25 años



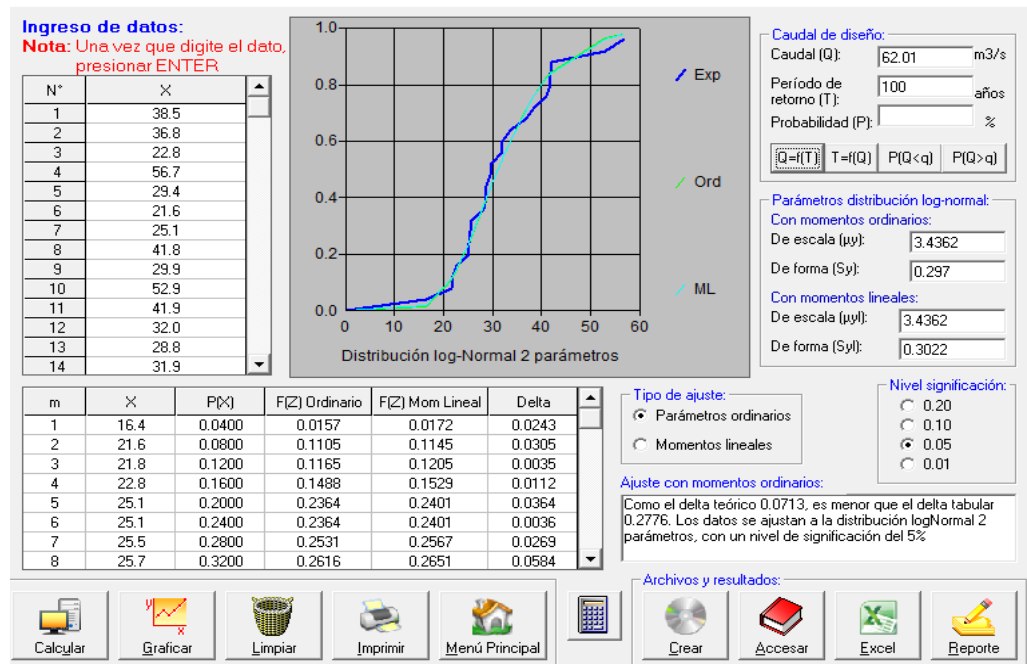
Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 25 años de retorno tiene un caudal de 52.26 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 15
Distribución Log Normal para un $T= 50$ años



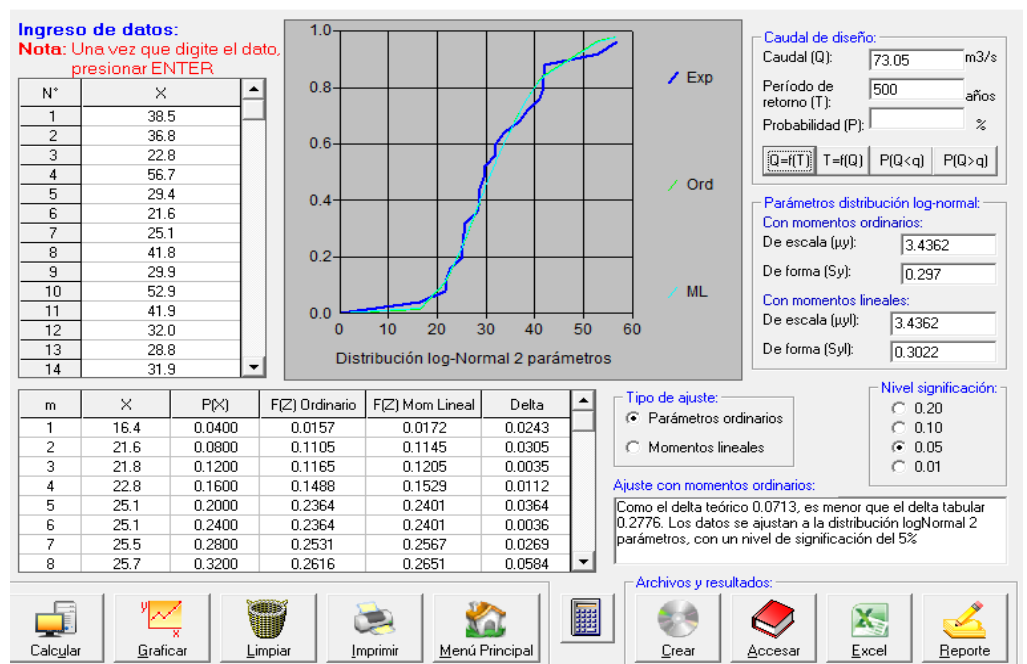
Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 50 años de retorno tiene un caudal de 57.19 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 16
Distribución Log Normal para un T= 100 años



Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 100 años de retorno tiene un caudal de 62.01 y un delta teórico de 0.0713.

Figura 17
Distribución Log Normal para un T= 500 años

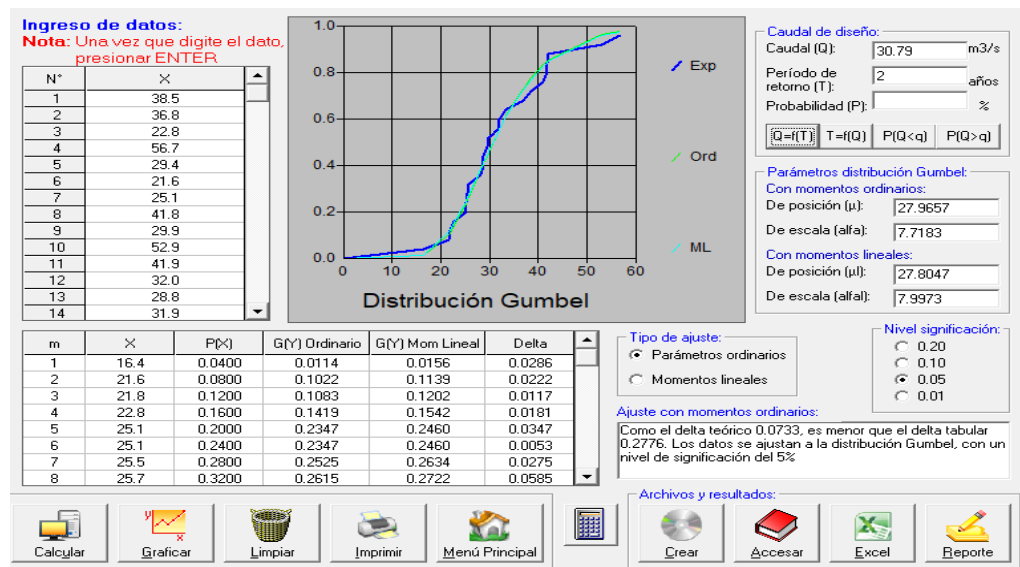


Interpretación: la distribución log normal para un periodo de 500 años de retorno tiene un caudal de 73.05 y un delta teórico de 0.0713.

- **DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL**

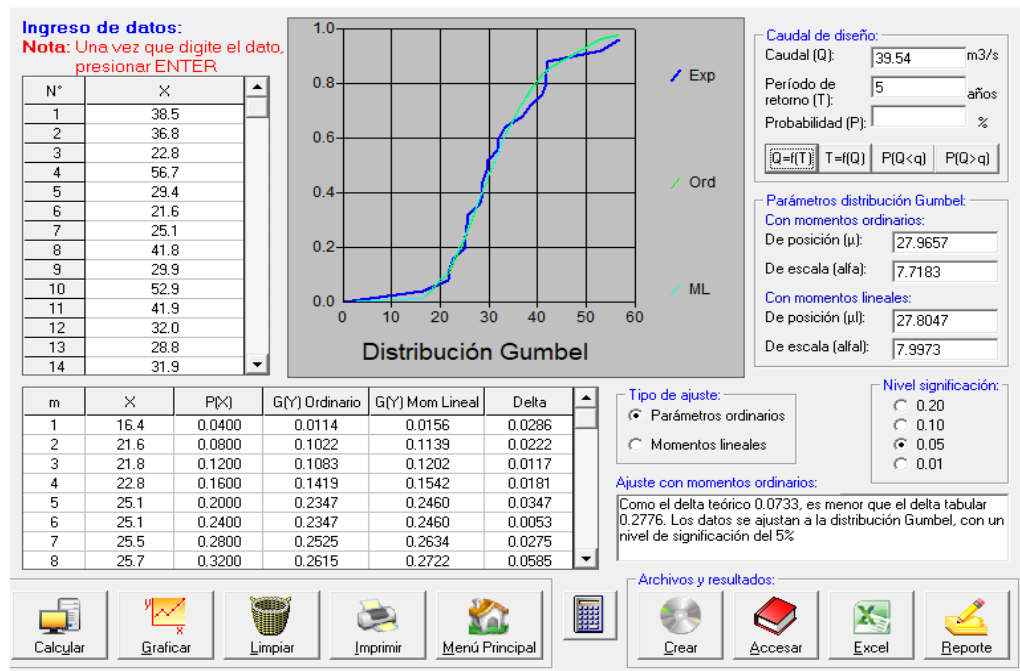
Figura 18

Distribución Gumbel para un T= 2 años



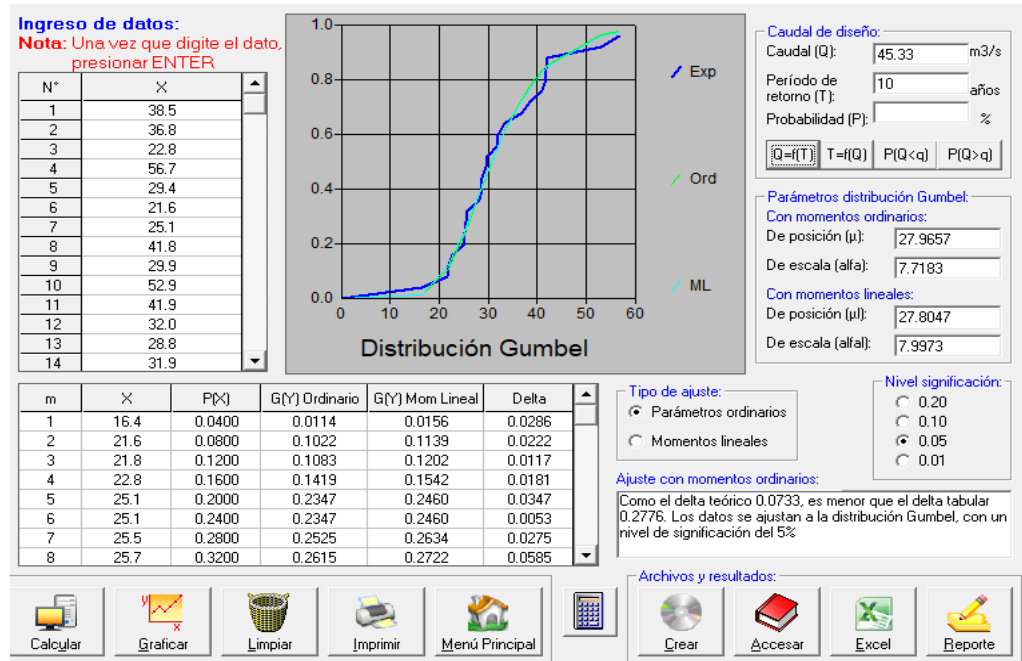
Interpretación: los resultados se obtuvieron del hidroesta, ingresando los datos del Excel y poniendo el periodo de retorno deseado calculando automáticamente el caudal y el delta teórico lo que es de suma importancia siendo esto que la distribución Gumbel para un periodo de 2 años de retorno tiene un caudal de 30.79 y un delta teórico de 0.0733.

Figura 19
Distribución Gumbel para un T= 5 años



Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 5 años de retorno tiene un caudal de 39.54 y un delta teórico de 0.0733.

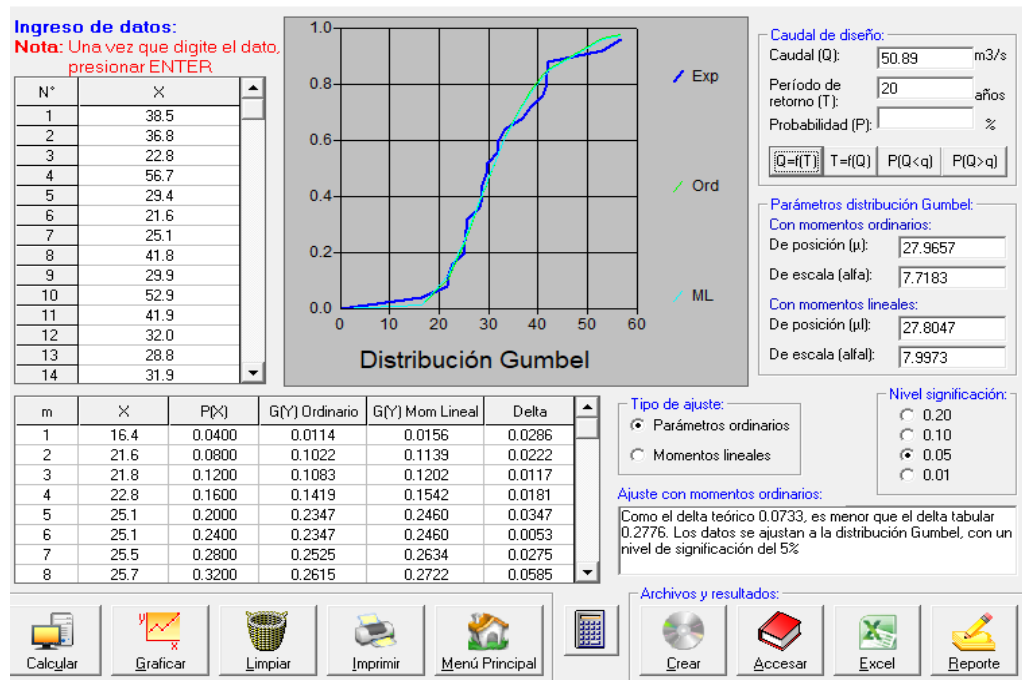
Figura 20
Distribución Gumbel para un T= 10 años



Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 10 años de retorno tiene un caudal de 45.33 y un delta teórico de 0.0733.

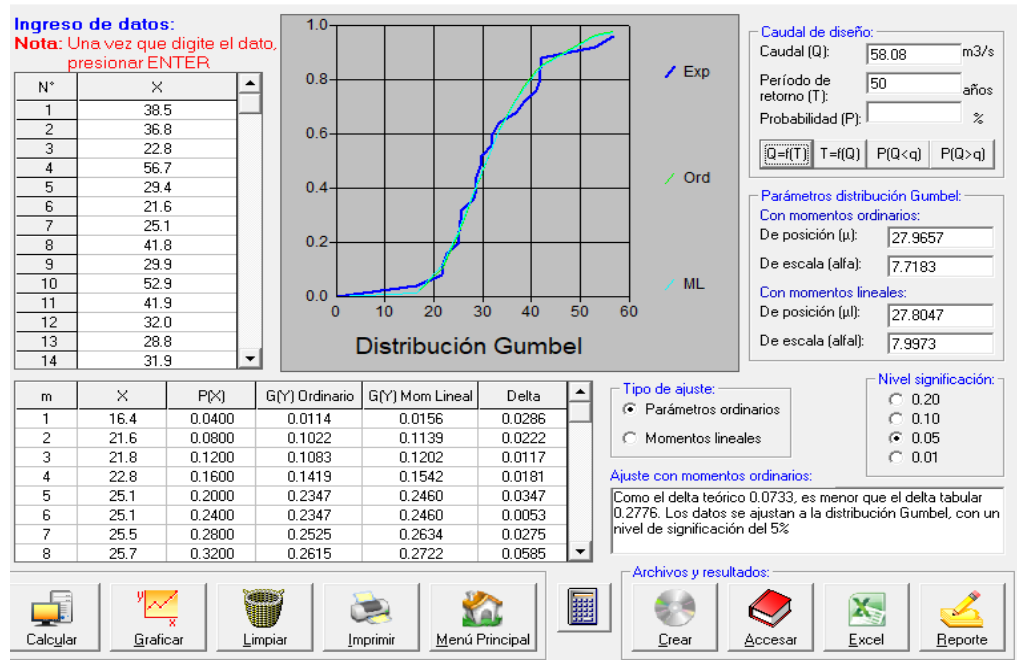
Figura 21

Distribución Gumbel para un T= 20 años



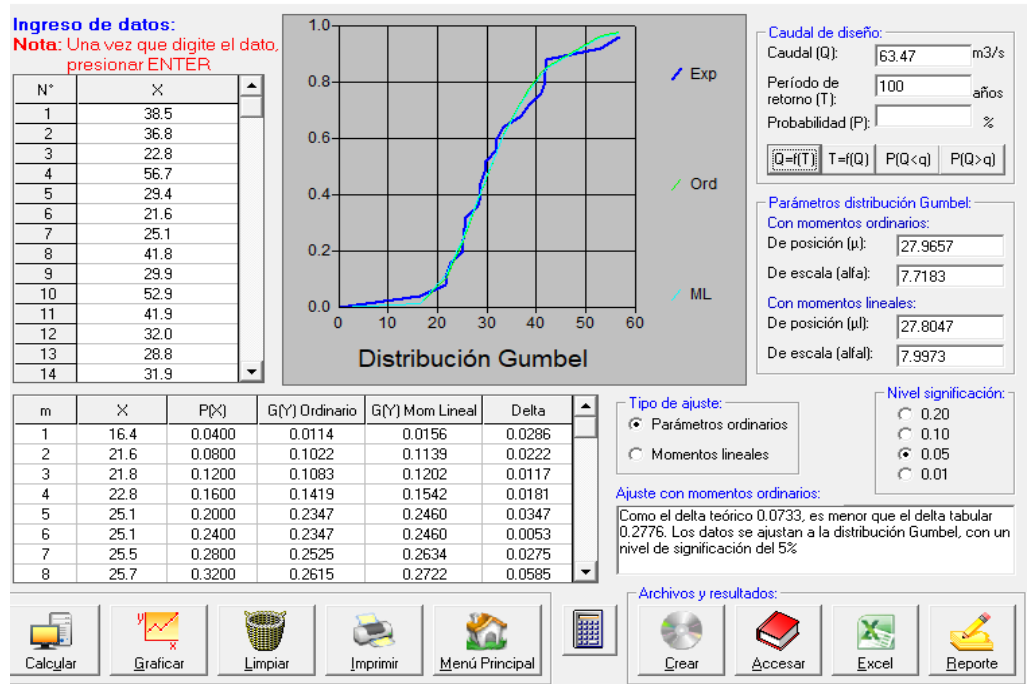
Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 20 años de retorno tiene un caudal de 50.89 y un delta teórico de 0.0733.

Figura 22
Distribución Gumbel para un T= 50 años



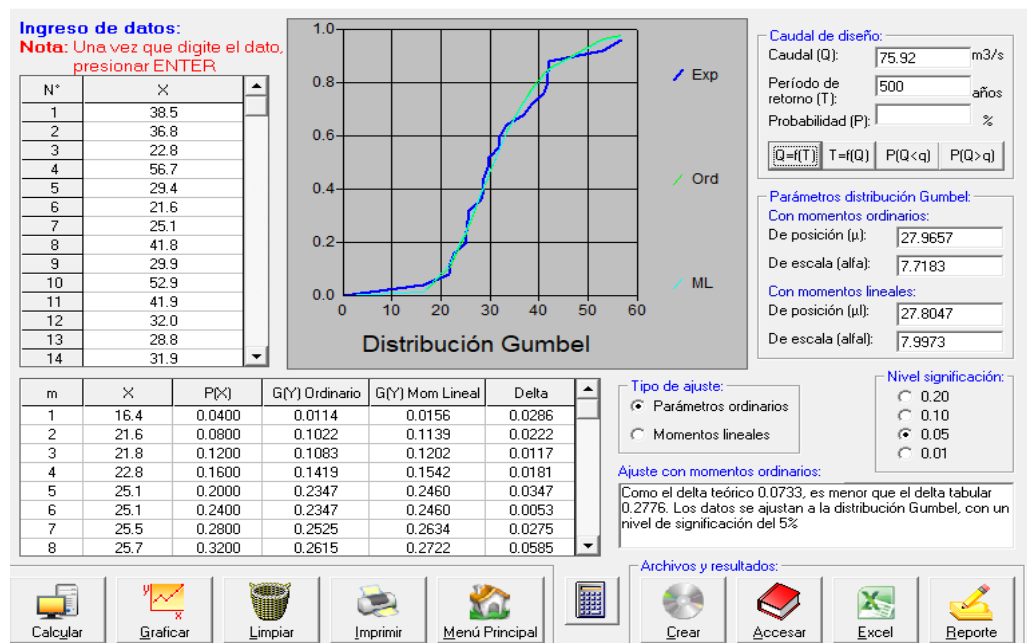
Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 50 años de retorno tiene un caudal de 58.08 y un delta teórico de 0.0733.

Figura 23
Distribución Gumbel para un $T= 100$ años



Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 100 años de retorno tiene un caudal de 63.47 y un delta teórico de 0.0733.

Figura 24
Distribución Gumbel para un $T= 500$ años



Interpretación: la distribución Gumbel para un periodo de 500 años de retorno tiene un caudal de 75.92 y un delta teórico de 0.0733.

4.1.2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV – SMIMOV

Para comprobar los datos obtenidos del delta teórico obtenido del HidroEsta 2.0; el cual nos servirá para realizar las curvas de intensidad se realizó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smimov y se obtuvo lo siguiente para las distribuciones respectivas.

Tabla 30

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Normal

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Normal							
Intervalo	Probabilidad	z	Normal	Nº Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ
			LS (mm.)				
1	0.143	-1.06757	21.8528	3	0.125	0.125	0.0179
2	0.286	-0.56595	26.8184	5	0.208	0.333	0.0476
3	0.429	-0.18001	30.6389	5	0.208	0.542	0.1131
4	0.571	0.18001	34.2028	3	0.125	0.667	0.0952
5	0.714	0.56595	38.0232	1	0.042	0.708	0.0060
6	0.857	1.06757	42.9889	5	0.208	0.917	0.0595
7	1.000		56.7000	2	0.083	1.000	0.0000
				24	1.000		
Se toma el máximo del valor de $\Delta=$							0.1131

Interpretación: en la prueba de Kolmorov tiene como método determinar el delta teórico por medio de los datos obtenidos de la precipitación máxima que se obtuvo en la Tabla 30 y compararlo con el delta teórico del hidroesta obtenido por dicho programa, para la distribución normal por la prueba de Smirnov se tiene un delta de 0.1131.

Tabla 31*Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Log Normal*

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Log Normal								
Intervalo	Probabilidad	z	Log Ls	LN	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ
				LS (mm.)				
1	0.143	-1.06757	1.3546	22.6251	3	0.125	0.125	0.0179
2	0.286	-0.56595	1.4193	26.2603	5	0.208	0.333	0.0476
3	0.429	-0.18001	1.4691	29.4500	4	0.167	0.500	0.0714
4	0.571	0.18001	1.5155	32.7740	3	0.125	0.625	0.0536
5	0.714	0.56595	1.5653	36.7549	1	0.042	0.667	0.0476
6	0.857	1.06757	1.6300	42.6604	6	0.250	0.917	0.0595
7	1.000		1.4923	56.7000	2	0.083	1.000	0.0000
					24	1.000		
Se toma el máximo del valor de $\Delta=$								0.0714

Interpretación: en la prueba de Kolmorov tiene como método determinar el delta teórico por medio de los datos obtenidos de la precipitación máxima que se obtuvo en la Tabla 31 y compararlo con el delta teórico del hidroesta obtenido por dicho programa, para la distribución log normal por la prueba de Smirnov se tiene un delta de 0.0714.

Tabla 32*Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Gumbel*

Prueba Kolmorov - Smirnov para Distribución Gumbel									
Intervalo	Probabilidad	T	ym	k	Gumbel	N° Datos	Frec. Rango	Frec. Acum	Δ
					CL (mm.)				
1	0.143	1.16667	-0.6657	-0.9691	22.8271	4	0.167	0.167	0.0238
2	0.286	1.40000	-0.2254	-0.6258	26.2262	4	0.167	0.333	0.0476
3	0.429	1.75000	0.1657	-0.3209	29.2446	3	0.125	0.458	0.0298
4	0.571	2.33333	0.5805	0.0026	32.4463	4	0.167	0.625	0.0536
5	0.714	3.50000	1.0892	0.3993	36.3731	1	0.042	0.667	0.0476
6	0.857	7.00000	1.8698	1.0079	42.3981	6	0.250	0.917	0.0595
7	1.000				56.7000	2	0.083	1.000	0.0000
					24	1.000			
Se toma el máximo del valor de $\Delta=$									0.0595

Interpretación: en la prueba de Kolmorov tiene como método determinar el delta teorico por medio de los datos obtenidos de la precipitación máxima que se obtuvo en la Tabla 32 y compararlo con el delta teorico del hidroesta obtenido por dicho programa, para la distribución gumbel por la prueba de Smirnov se tiene un delta de 0.0595.

Tabla 33

Comparación con los datos de la Prueba de Bondad y el HidroEsta

Prueba Kolmogorov-Smirnov para Distribuciones	HIDROESTA DELTA TEORICO
Normal	0.113095238
Log Normal	0.071428571
Gumbel	0.059523810

Después de realizar la prueba de bondad se puede observar en la Tabla anterior que el delta teórico del log normal es el menor de las distribuciones realizadas mediante el uso del HidroEsta y comprobando con la prueba de Kolmogorov – Smirnov se puede observar que es el delta correcto. Una vez obtenido el delta teórico se procede a realizar las curvas de intensidad, los datos de las Tablas anteriores se realizaron mediante el uso del Excel el cual facilito el proceso.

4.1.3. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

Para el cálculo de las intensidades fueron realizadas con el método SCS tipo III, usando las hojas Excel mediante la precipitación obtenida para cada tiempo de retorno de la distribución Log Normal que se calculó previamente en la prueba de bondad.

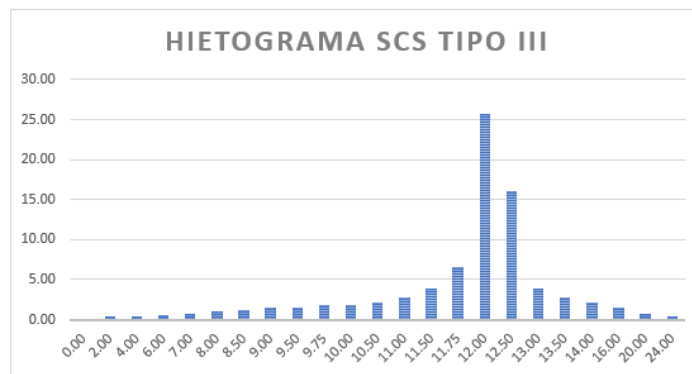
En los siguientes cuadros, Hietogramas y graficos se podrá observar las diferentes intensidades que se obtuvieron en 24 horas para los diferentes tiempos de retorno.

Para un T = 5 años

Tabla 34
Intensidades para un T = 5 años

N°	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.80	0.40
3	4.00	0.043	1.72	0.46
4	6.00	0.072	2.87	0.58
5	7.00	0.089	3.55	0.68
6	8.00	0.115	4.59	1.04
7	8.50	0.130	5.19	1.20
8	9.00	0.148	5.90	1.44
9	9.50	0.167	6.66	1.52
10	9.75	0.178	7.10	1.76
11	10.00	0.189	7.54	1.76
12	10.50	0.216	8.62	2.15
13	11.00	0.250	9.97	2.71
14	11.50	0.298	11.89	3.83
15	11.75	0.339	13.52	6.54
16	12.00	0.500	19.95	25.69
17	12.50	0.702	28.00	16.12
18	13.00	0.751	29.96	3.91
19	13.50	0.785	31.31	2.71
20	14.00	0.811	32.35	2.07
21	16.00	0.886	35.34	1.50
22	20.00	0.957	38.17	0.71
23	24.00	1.000	39.89	0.43

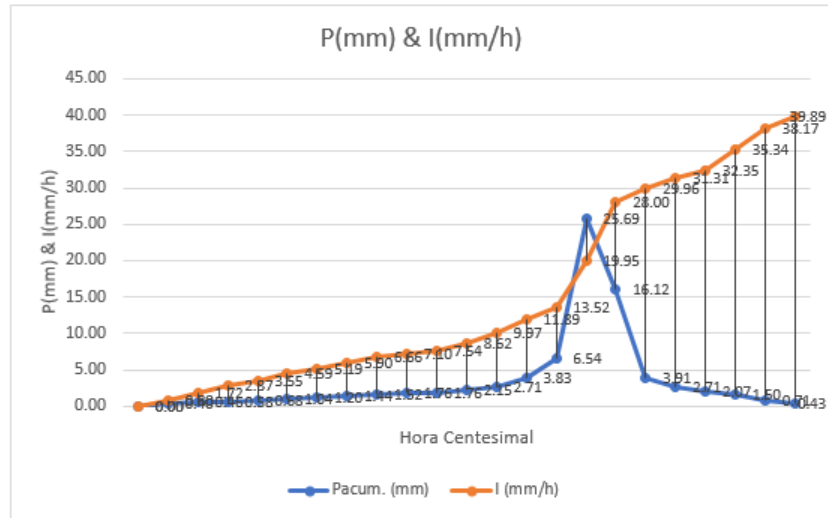
Figura 25
Hietograma para un T = 5 años



Comentario: Los picos más altos nos indica que para un tiempo de 12 horas se tiene una intensidad de 25 y para el segundo pico alto que en un tiempo de 12.5 horas se tiene una intensidad de 16.12, representa los datos de la Tabla anterior para un periodo de 5 años.

Figura 26

Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 5 años



Comentario: es una comparación de la precipitación y las intensidades para ver cómo es la acumulación de la precipitación con la intensidad.

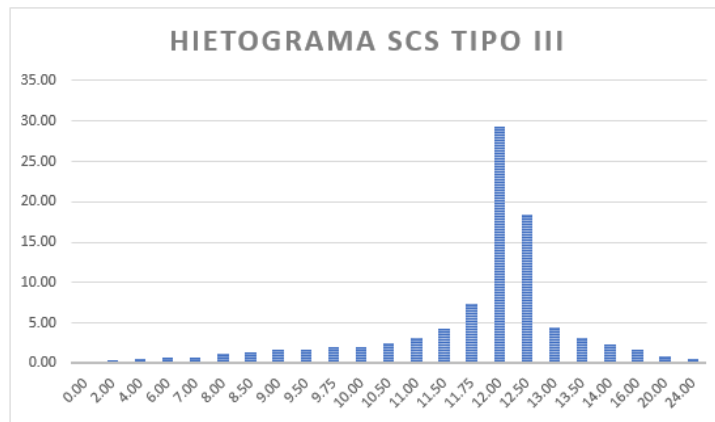
Para un T = 10 años

Tabla 35

Intensidades para un T = 10 años

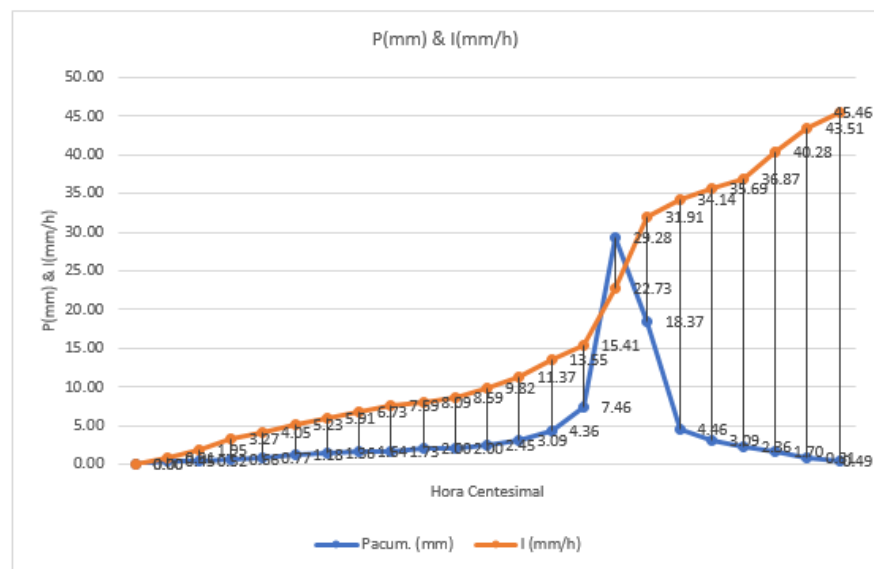
N°	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	0.91	0.45
3	4.00	0.043	1.95	0.52
4	6.00	0.072	3.27	0.66
5	7.00	0.089	4.05	0.77
6	8.00	0.115	5.23	1.18
7	8.50	0.130	5.91	1.36
8	9.00	0.148	6.73	1.64
9	9.50	0.167	7.59	1.73
10	9.75	0.178	8.09	2.00
11	10.00	0.189	8.59	2.00
12	10.50	0.216	9.82	2.45
13	11.00	0.250	11.37	3.09
14	11.50	0.298	13.55	4.36
15	11.75	0.339	15.41	7.46
16	12.00	0.500	22.73	29.28
17	12.50	0.702	31.91	18.37
18	13.00	0.751	34.14	4.46
19	13.50	0.785	35.69	3.09
20	14.00	0.811	36.87	2.36
21	16.00	0.886	40.28	1.70
22	20.00	0.957	43.51	0.81
23	24.00	1.000	45.46	0.49

Figura 27
Hietograma para un T = 10 años



Comentario: Los picos más altos nos indica que para un tiempo de 12 horas se tiene una intensidad de 29.28 y para el segundo pico alto que en un tiempo de 12.5 horas se tiene una intensidad de 18.37, representa los datos de la Tabla anterior para un periodo de 10 años.

Figura 28
Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 10 años

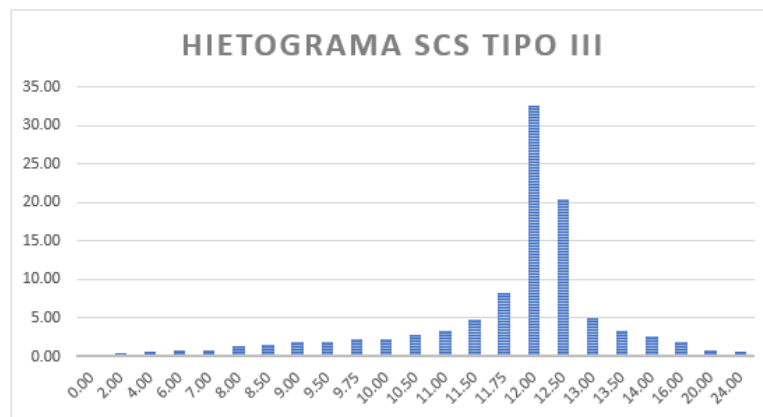


Para un T = 20 años

Tabla 36
Intensidades para un T = 20 años

Nº	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	1.01	0.51
3	4.00	0.043	2.18	0.58
4	6.00	0.072	3.65	0.73
5	7.00	0.089	4.51	0.86
6	8.00	0.115	5.82	1.32
7	8.50	0.130	6.58	1.52
8	9.00	0.148	7.50	1.82
9	9.50	0.167	8.46	1.92
10	9.75	0.178	9.02	2.23
11	10.00	0.189	9.57	2.23
12	10.50	0.216	10.94	2.74
13	11.00	0.250	12.66	3.44
14	11.50	0.298	15.09	4.86
15	11.75	0.339	17.17	8.31
16	12.00	0.500	25.33	32.62
17	12.50	0.702	35.56	20.46
18	13.00	0.751	38.04	4.96
19	13.50	0.785	39.76	3.44
20	14.00	0.811	41.08	2.63
21	16.00	0.886	44.88	1.90
22	20.00	0.957	48.47	0.90
23	24.00	1.000	50.65	0.54

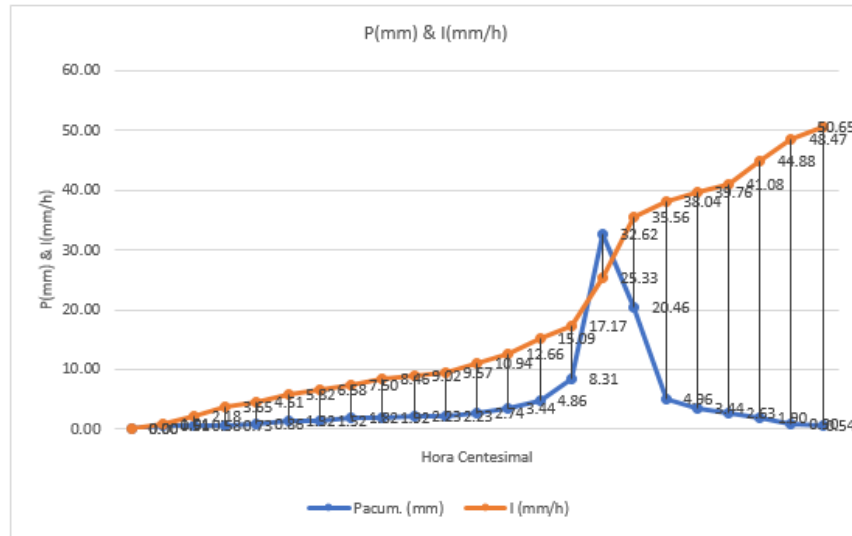
Figura 29
Hietograma para un T = 20 años



Comentario: Los picos más altos nos indica que para un tiempo de 12 horas se tiene una intensidad de 32.62 y para el segundo pico alto que en un tiempo de 12.5 horas se tiene una intensidad de 20.45, representa los datos de la Tabla anterior para un periodo de 20 años.

Figura 30

Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 20 años



Para un T = 50 años

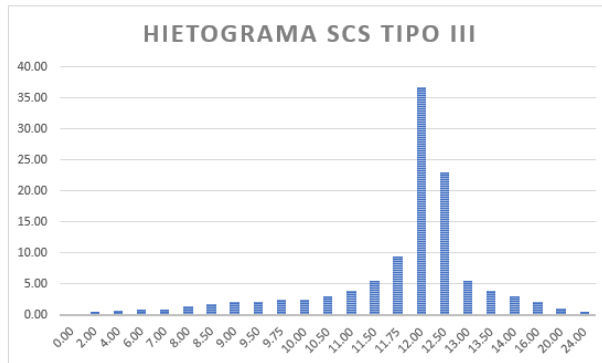
Tabla 37

Intensidades para un T = 50 años

N°	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	1.14	0.57
3	4.00	0.043	2.46	0.66
4	6.00	0.072	4.12	0.83
5	7.00	0.089	5.09	0.97
6	8.00	0.115	6.58	1.49
7	8.50	0.130	7.43	1.72
8	9.00	0.148	8.46	2.06
9	9.50	0.167	9.55	2.17
10	9.75	0.178	10.18	2.52
11	10.00	0.189	10.81	2.52
12	10.50	0.216	12.35	3.09
13	11.00	0.250	14.30	3.89
14	11.50	0.298	17.04	5.49
15	11.75	0.339	19.39	9.38
16	12.00	0.500	28.60	36.83
17	12.50	0.702	40.15	23.10
18	13.00	0.751	42.95	5.60
19	13.50	0.785	44.89	3.89
20	14.00	0.811	46.38	2.97
21	16.00	0.886	50.67	2.14
22	20.00	0.957	54.73	1.02
23	24.00	1.000	57.19	0.61

Figura 31

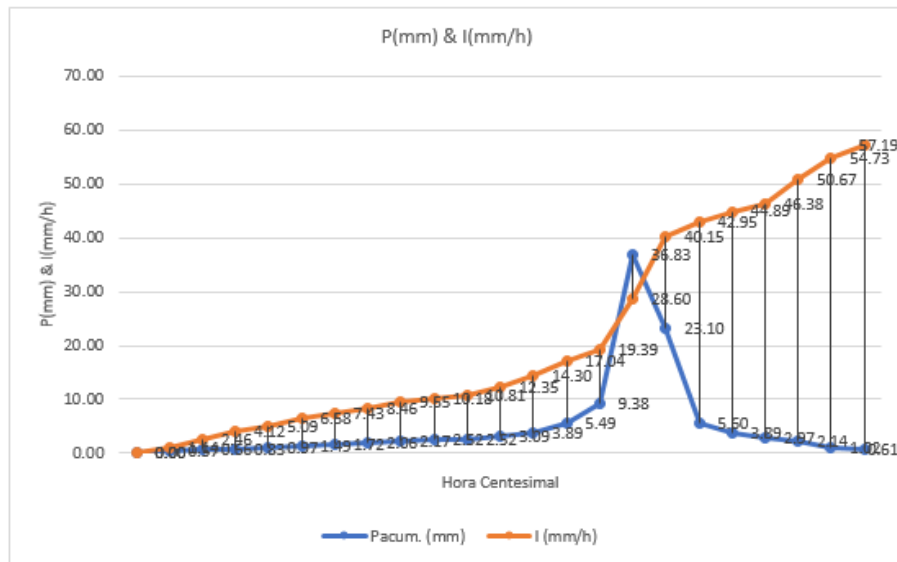
Hietograma para un T = 50 años



Comentario: Los picos más altos nos indica que para un tiempo de 12 horas se tiene una intensidad de 36.82 y para el segundo pico alto que en un tiempo de 12.5 horas se tiene una intensidad de 23.10, representa los datos de la Tabla anterior para un periodo de 50 años.

Figura 32

Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un T = 50 años



Para un T = 100 años

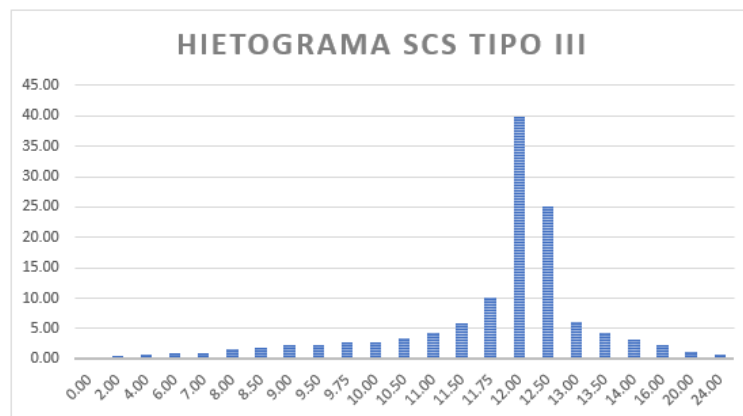
Tabla 38

Intensidades para un T = 100 años

N°	Hora t	Precipitación de 24 horas		
		Tipo III	Pacum. (mm.)	I (mm./hr)
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	2.00	0.020	1.24	0.62
3	4.00	0.043	2.67	0.71
4	6.00	0.072	4.46	0.90
5	7.00	0.089	5.52	1.05
6	8.00	0.115	7.13	1.61
7	8.50	0.130	8.06	1.86
8	9.00	0.148	9.18	2.23
9	9.50	0.167	10.36	2.36
10	9.75	0.178	11.04	2.73
11	10.00	0.189	11.72	2.73
12	10.50	0.216	13.39	3.35
13	11.00	0.250	15.50	4.22
14	11.50	0.298	18.48	5.95
15	11.75	0.339	21.02	10.17
16	12.00	0.500	31.01	39.93
17	12.50	0.702	43.53	25.05
18	13.00	0.751	46.57	6.08
19	13.50	0.785	48.68	4.22
20	14.00	0.811	50.29	3.22
21	16.00	0.886	54.94	2.33
22	20.00	0.957	59.34	1.10
23	24.00	1.000	62.01	0.67

Figura 33

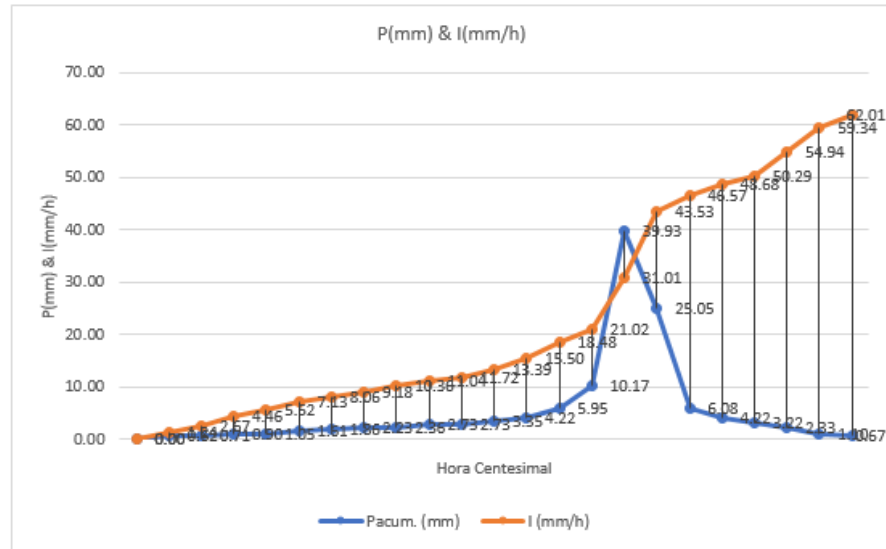
Hietograma para un T = 100 años



Comentario: Los picos más altos nos indica que para un tiempo de 12 horas se tiene una intensidad de 39.93 y para el segundo pico alto que en un tiempo de 12.5 horas se tiene una intensidad de 25.05, representa los datos de la Tabla anterior para un periodo de 100 años.

Figura 34

Precipitación en: (mm) e Intensidad en: (mm/h) para un $T = 100$ años



Después de realizar el cálculo para cada tiempo de retorno se podrá calcular la familia de curvas sin ajustar y luego previamente ajustados.

Tabla de datos y gráficos sin ajustar:

Tabla 39

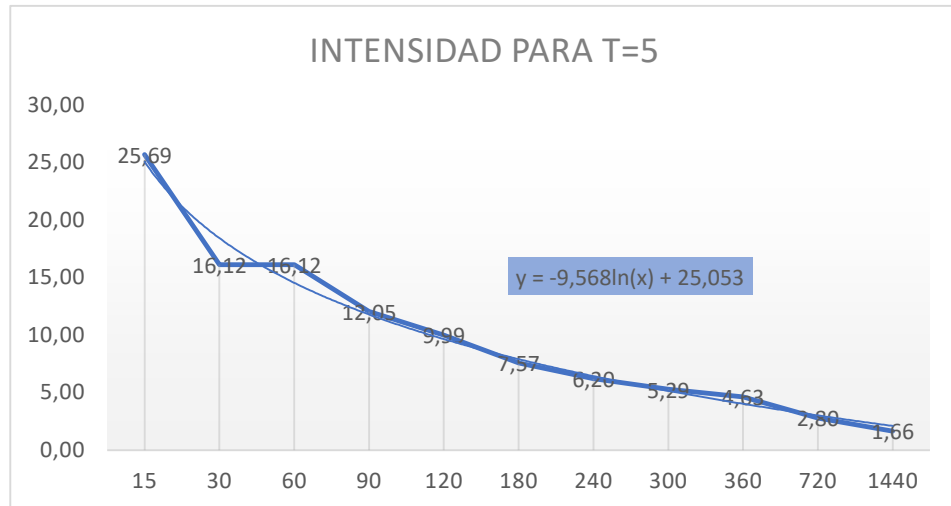
Intensidad de Diseño para un $T = 5$ años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
Nº	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T: 5 años (mm./hora)
1	15	25.69
2	30	16.12
3	60	16.12
4	90	12.05
5	120	9.99
6	180	7.57
7	240	6.20
8	300	5.29
9	360	4.63
10	720	2.80
11	1440	1.66

Comentario: son los datos antes de la corrección para así reducir el margen de error.

Figura 35

Intensidad para un T = 5 años



Comentario: el grafico y la ecuación sirve para así reducir el margen de error, como ahí se muestra en la ecuación los datos que son importantes son los coeficientes que se muestra y así es para cada grafico solo cambia el periodo de retorno.

Tabla 40

Intensidad de Diseño para un T = 10 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
Nº	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T:10 años (mm./hora)
1	15	29.28
2	30	18.37
3	60	18.37
4	90	13.73
5	120	11.39
6	180	8.62
7	240	7.07
8	300	6.03
9	360	5.28
10	720	3.19
11	1440	1.89

Figura 36

Intensidad para un T = 10 años

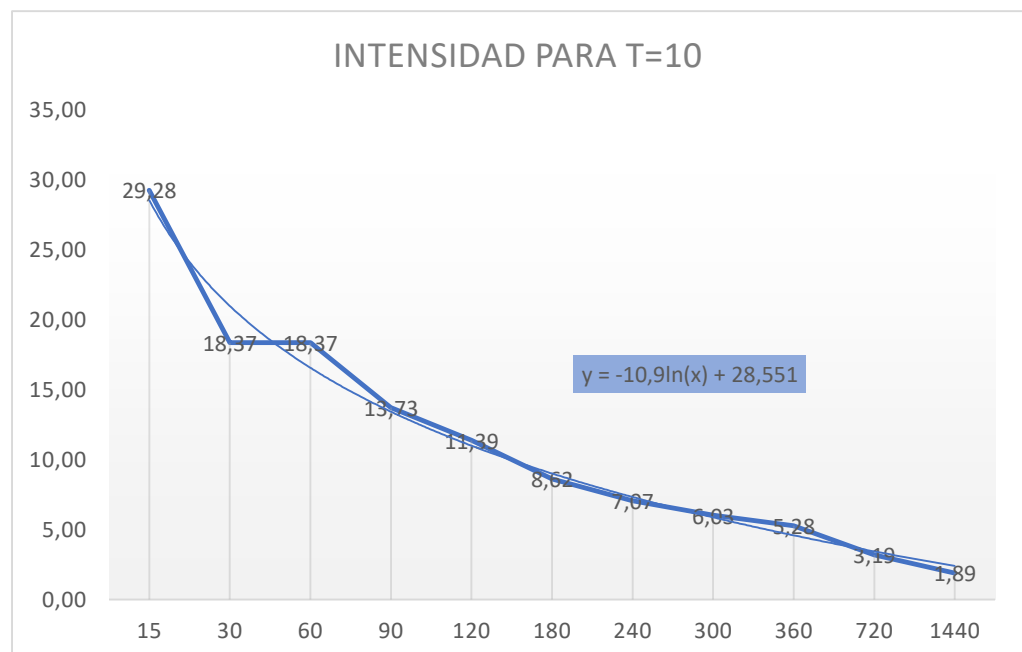


Tabla 41

Intensidad de Diseño para un T = 20 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
Nº	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T: 20 años (mm./hora)
1	15	32.62
2	30	20.46
3	60	20.46
4	90	15.30
5	120	12.69
6	180	9.61
7	240	7.88
8	300	6.72
9	360	5.88
10	720	3.56
11	1440	2.11

Figura 37

Intensidad para un T = 20 años

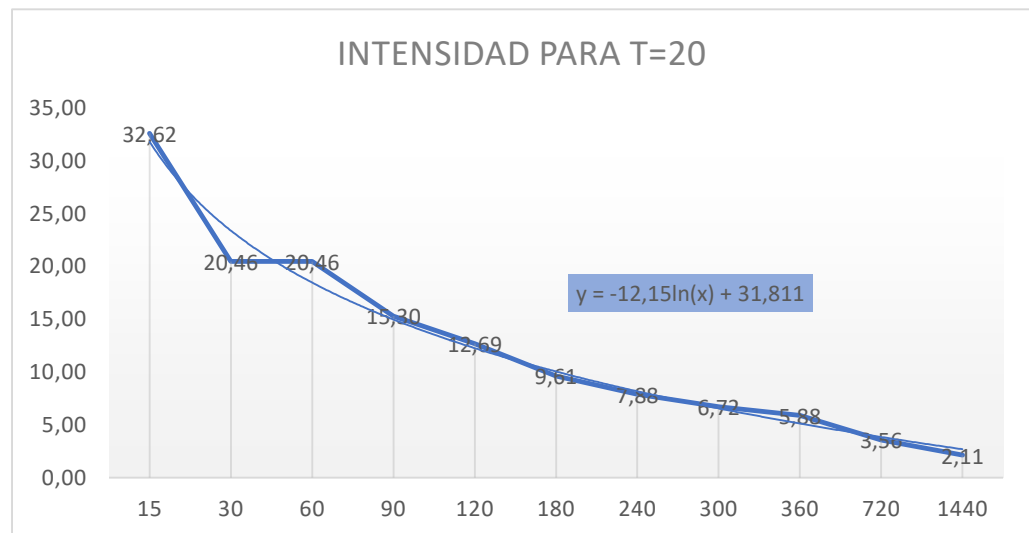


Tabla 42

Intensidad de Diseño para un T = 50 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
N°	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T: 50 años(mm./hora)
1	15	36.83
2	30	23.10
3	60	23.10
4	90	17.27
5	120	14.33
6	180	10.85
7	240	8.89
8	300	7.58
9	360	6.64
10	720	4.02
11	1440	2.38

Figura 38

Intensidad para un T = 50 años

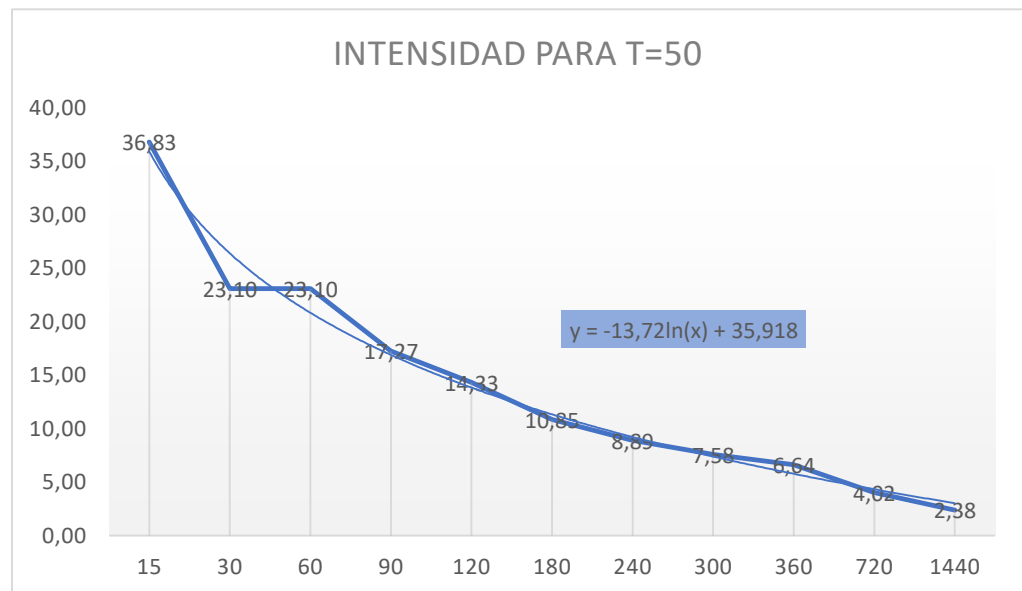


Tabla 43

Intensidad de Diseño para un T = 100 años

INTENSIDAD DE DISEÑO		
N°	TIEMPOS (minutos)	INTENSIDAD T: 100 años(mm./hora)
1	15	39.93
2	30	25.05
3	60	25.05
4	90	18.73
5	120	15.53
6	180	11.76
7	240	9.64
8	300	8.22
9	360	7.20
10	720	4.36
11	1440	2.58

Figura 39

Intensidad para un T = 100 años

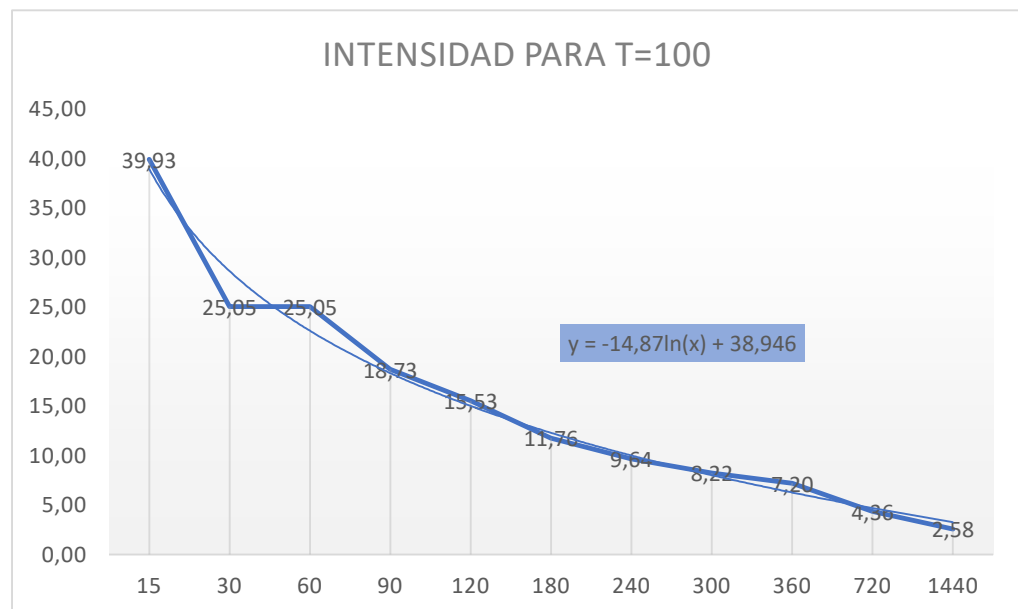


Tabla de datos y gráficos ajustados:

Tabla 44

Intensidades de Diseño ajustados para un T = 5 años

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

Nº	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	35.56
2	20	1.33	22.30
3	40	2.33	16.95
4	60	3	14.54
5	90	4	11.79
6	120	5	9.65
7	180	6	7.91
8	240	7	6.43
9	300	8	5.16
10	360	9	4.03
11	720	10	3.02
12	1440	11	2.11

Comentario: con los datos anteriores que se obtuvieron en la ecuación se usa para reducir el margen de error y reajustarlos con la línea que se forma de la ecuación de la línea de tendencia eso se hace de forma automática en el Excel solo cambia el periodo de retorno.

Tabla 45*Intensidades de Diseño ajustados para un T = 10 años*

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

Nº	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	40.53
2	20	1.33	25.42
3	40	2.33	19.32
4	60	3	16.58
5	90	4	13.44
6	120	5	11.01
7	180	6	9.02
8	240	7	7.34
9	300	8	5.89
10	360	9	4.60
11	720	10	3.45
12	1440	11	2.41

Tabla 46*Intensidades de Diseño ajustados para un T = 20 años*

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

Nº	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	45.16
2	20	1.33	28.32
3	40	2.33	21.52
4	60	3	18.46
5	90	4	14.97
6	120	5	12.26
7	180	6	10.04
8	240	7	8.17
9	300	8	6.55
10	360	9	5.11
11	720	10	3.83
12	1440	11	2.68

Tabla 47*Intensidades de Diseño ajustados para un T = 50 años*

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

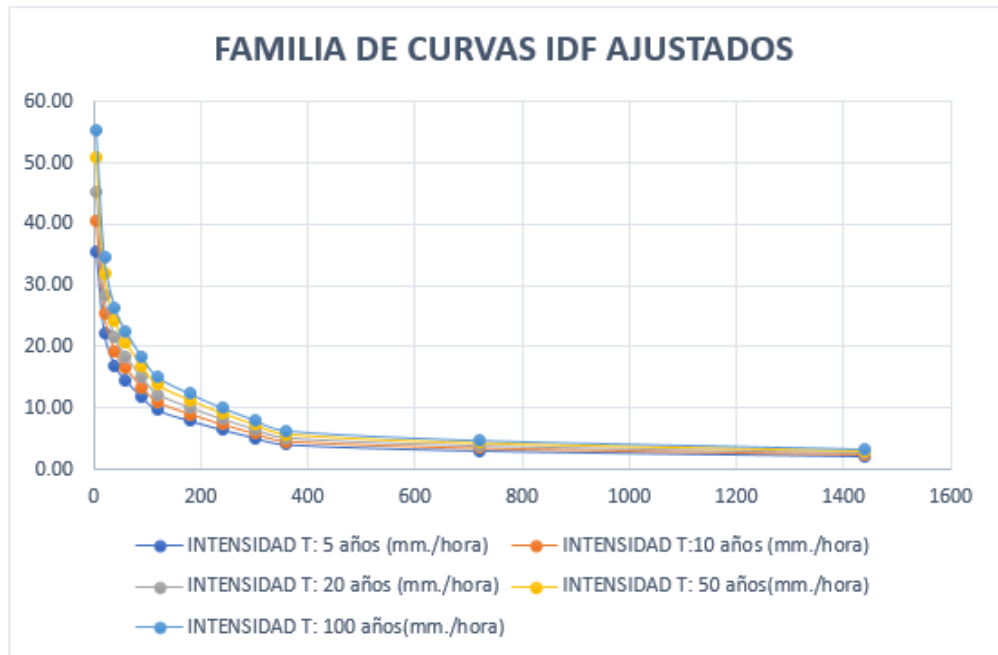
Nº	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	50.99
2	20	1.33	31.97
3	40	2.33	24.29
4	60	3	20.85
5	90	4	16.90
6	120	5	13.84
7	180	6	11.34
8	240	7	9.22
9	300	8	7.39
10	360	9	5.77
11	720	10	4.33
12	1440	11	3.02

Tabla 48*Intensidades de Diseño ajustados para un T = 100 años*

INTENSIDADES DE DISEÑO PARA TIEMPOS INTERMEDIOS Y REAJUSTADOS CON LÍNEA DE AJUSTE DE TENDENCIA, CALCULADOS USANDO LA ECUACIÓN DEL GRÁFICO

Nº	TIEMPOS	X	INTENSIDADES
1	5	0.33	55.28
2	20	1.33	34.67
3	40	2.33	26.35
4	60	3	22.61
5	90	4	18.33
6	120	5	15.01
7	180	6	12.30
8	240	7	10.01
9	300	8	8.02
10	360	9	6.27
11	720	10	4.71
12	1440	11	3.29

Figura 40
Familia de Curvas IDF ajustados



A continuación, se mostrará los factores condicionantes

4.1.4. DEFENSA

El río Huallaga presenta un drenaje que tiene una forma rectilínea, también que la corriente tiene una característica la cual es de sinusidad baja. El río Huallaga tiene una superficie muy amplia, la cual aporta de gran manera a los sedimentos que son originados por movimientos en masa.

Figura 41

Cauce del río Huallaga en el sector de estudio de Ambo



Figura 42

Desembocadura del río Huallaga en el sector de estudio de Ambo



4.1.5. PERIODO DE RETORNO

De acuerdo a la Tabla

Tabla 49

Ponderación para los tiempos de retorno

TIEMPO DE RETORNO	CÓDIGO	PESO
Cada 100 años	TR1	0.467
Cada 50 años	TR2	0.256
Cada 25 años	TR3	0.148
Cada 20 años	TR4	0.084
Cada 10 años	TR5	0.044

Fuente: Qualytec

De acuerdo al cuadro anterior el tiempo de retorno que será el adecuado es de 100 años, igualmente se realizó el diseño de intensidad para todos los periodos de tiempo posibles pero el elegido para este estudio es de 100 años. Y tiene un valor de 0.467.

4.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

4.2.1. VULNERABILIDAD SOCIAL

- **EXPOSICIÓN**

a) Porcentaje de servicios educativos expuestos

De los 41 centros educativos que están registradas en la ciudad de Ambo, solo 4 de ellas pueden resultar afectadas en un desastre de inundación. Estas instituciones son: I.E.P. Sagrado Corazón De Jesús ubicado en el Jr. Carmen Alto y el Jr. Constitución (PE-3N 495, Ambo 10421), I.E.S. Julio Benavides Sanguinetti ubicado en el Jr. Carmen Alto

(VQCV+F6P, Ambo 10421), Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Hessen ubicado en el Jr. Carmen Alto y Jr. Progreso, I.E.S.T.P. Max Planck. El porcentaje de servicios expuestos es del 7.32% lo cual sería menor del 10% de acuerdo a la Tabla 2 si el porcentaje es menor del 10% tiene un peso de 0.035.

Figura 43

Instituciones posiblemente expuestas ante una inundación



Fuente: Google Earth

b) Porcentaje de servicios de salud expuestos

Se encontró un puesto de salud expuesto ante una posible inundación; el Hospital EsSalud que se encuentra en el Jr. Bolognesi cdra 1. De acuerdo a la Tabla 3, se le asigna un parámetro con un valor de 0.035.

Figura 44

Servicios de salud expuestas ante una inundación



Fuente: Google Earth

- **FRAGILIDAD**
 - a) Material de las edificaciones

Tabla 50
Material predominante en las edificaciones de Ambo

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO	PORCENTAJE	PONDERADO
Estera/cartón.	0.503	3.8%	0.02012
Madera.	0.26	10.9%	0.0286
Quincha (caña con barro).	0.134	15.6%	0.02144
Adobe o tapia.	0.068	25.4%	0.017
Ladrillo o bloque de cemento	0.035	44.3%	0.0154
		SUMA	0.10256

Comentario: el peso que se muestra ahí son dados por el CENEPRED y en el porcentaje que se tiene es de las encuestas realizadas y la ponderación es el producto de los dos, el peso y porcentaje. Y así se usa para cada Tabla todos los resultados obtenidos de la encuesta.

Tabla 51*Número de pisos por vivienda en Ambo*

CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES	PESO	PORCENTAJE	PONDERADO
5 pisos.	0.503	2%	0.01006
4 pisos.	0.26	6%	0.0156
3 pisos.	0.134	20%	0.0268
2 pisos.	0.068	50%	0.034
1 piso.	0.035	22%	0.0077
		SUMA	0.09416

- **RESILIENCIA**

a) Actitud frente al riesgo

Tabla 52*Actitud frente al riesgo en Ambo*

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	PESO	PORCENTAJE	PONDERADO
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	0.503	62%	0.31186
Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	0.26	38%	0.0988
		SUMA	0.41066

b) Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres

Tabla 53

Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres de Ambo

Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	PESO	PORCENTAJE	PONDERADO
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.503	15%	0.07545
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.26	20%	0.052
Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.134	27%	0.03618
La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas	0.068	32%	0.022176
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.035	6%	0.0021
		SUMA	0.186338

4.2.2. VULNERABILIDAD ECONÓMICA

- **EXPOSICIÓN**

a) Localización de la edificación y ponderación

De las 5 edificaciones que se vieron en la parte de la vulnerabilidad social se hizo la localización correspondiente.

Tabla 54*Localización de la edificación y ponderación*

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO	PORCENTAJE	PONDERACIÓN
Muy cercana: 0 - 25 m	0.503	20%	0.1006
Cercana: 25 - 50 m	0.26	20%	0.052
Medianamente cercana: 50 - 100 m	0.134	20%	0.0268
Alejada: 100 - 250 m	0.068	20%	0.0136
Muy alejada > 250 m	0.035	20%	0.007
		SUMA	0.2

- **FRAGILIDAD**

La parte de materiales de los pisos de viviendas y número de pisos se calculó en la parte de vulnerabilidad social en las Tablas 50 y 51 respectivamente.

a) Estado de la edificación peso

Tabla 55

Estado de las edificaciones de Ambo

ESTADO DE LA EDIFICACIÓN PESO	PESO	PORCENTAJE	PONDERACIÓN
Muy malo	0.503	3%	0.01509
Malo	0.26	6%	0.0156
Regular	0.134	41%	0.05494
Bueno	0.068	35%	0.0238
Muy bueno	0.035	15%	0.00525
SUMA			0.11468

b) Antigüedad de la construcción

Tabla 56

Antigüedad de las construcciones de Ambo

ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	PESO	PORCENTAJE	PONDERACIÓN
De 40 a 50 años.	0.503	15%	0.07545
De 30 a 40 años.	0.26	21%	0.0546
De 20 a 30 años.	0.134	25%	0.0335
De 10 a 20 años.	0.068	33%	0.02244
De 5 a 10 años.	0.035	6%	0.0021
		SUMA	0.18809

- **RESILIENCIA**

a) Ingreso de la familia de manera promedia

Tabla 57

Ingreso de la familia de manera promedia de Ambo

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO (SOLES)	PESO	PORCENTAJE	PONDERACIÓN
< 500	0.503	2%	0.01006
> 500 - <750	0.26	5%	0.013
> 750 - < 1000	0.134	36%	0.04824
> 1000 - < 1500	0.068	46%	0.03128
>1500	0.035	11%	0.00385
		SUMA	0.10643

b) PEA desocupada

Tabla 58

PEA desocupada de Ambo

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA	PESO	PORCENTAJE	PONDERACIÓN
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo.	0.503	21%	0.10563
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo.	0.26	26%	0.0676
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	0.134	20%	0.0268
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	0.068	17%	0.01156
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	0.035	16%	0.0056
		SUMA	0.21719

4.3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO

Para determinar los lugares que sufren un riesgo mayor ante las inundaciones que pueda surgir en los años siguientes se puede realizar de dos maneras mediante la observación y la utilización de un programa para realizar una modelación hidráulica y que nos salga el porcentaje adecuado del área que sufrirá de inundación en los periodos de retorno requerido.

Primero se desarrolla la determinación del riesgo mediante observación para ello se fue al lugar de estudio y mediante paneles fotográficos y de ayuda de google earth para una visualización mayor se pudo observar los lugares con mayor riesgo. Como se ve en las siguientes imágenes:

Figura 45

Lugar de riesgo



Fuente: Google Earth

Como se puede observar en la se tienen dos lugares que sufren un riesgo mayor a comparación de los lugares restantes en todo el lugar de estudio, esto se debe a que las construcciones que se realizaron por la

población están muy apegada al canto del río, las siguientes fotografías se puede observar cómo no respetan la distancia adecuada que se debe tener para construir cerca al río.

Figura 46

Viviendas cerca del río



En la figura 46 se puede observar que las viviendas están muy apegadas al canto del río, sin tomar precauciones ante eso, pero también se puede observar que intentaron crear un pequeño muro que sirve como prevención cuando el caudal sube, aunque ese muro es muy pequeño.

Figura 47

Disipador de caudal



En la figura 47 se puede observar un sistema para reducir el caudal del río y así prevenir desbordes mediante las lluvias, este disipador es de mucha ayuda para las personas que viven al margen derecho del río, siendo ese sector el más afectado de todos los sectores del lugar de estudio en ambo.

Figura 48

Sector del lado izquierdo del río



En la figura 48 se puede observar la carretera central y debido a eso las viviendas se encuentra a una distancia prudente del canto del río evitando así un riesgo por inundación, generando que ese sector tenga menor riesgos que el sector que se encuentra al margen derecho.

De acuerdo a lo mostrado anteriormente mediante el método de observación se puede determinar los lugares que tendrán mayor riesgo mediante un caso de inundación para datos más exactos y dependiendo de cada periodo de retorno se tendrá el área que tenga mayor riesgo, para ello se puede usar un modelamiento con cualquier software para determinar las zonas de riesgo y así obtener los datos más exactos, aunque el método anterior también es un método aceptado.

4.4. MODELAMIENTO CON EL SOFTWARE

Para poder realizar el modelamiento hidraulico con el software Iric primero demenos calcular el coeficiente de rugosidad n de Manning. Para ellos nos guiaremos de una observacion visual en campo para la constatacion de los materiales que se tengan en el rio, la mayoria de los rios esta conformado en los cauces con grava y rocas por ello para obtener el n de manning.

Si se tiene un cauce natural con crecidas menores de 30 metros y para ello se tomara un valor genera de 0.03 para bordes y para el cauce central.

Figura 49

Canto del rio



Para el tiempo de concentración y tiempo de retardo que se usara en la modelación media el software Iric se sabe que para lugares de estudios pequeños se toma un valor aproximado para el tiempo de retardo de 52 minutos por consecuencia el tiempo lag 0.6 veces el tiempo de retardo siendo 31.2 minutos.

Para las características del perfil resultante se realizó la simulación para los periodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 años.

Primero se modelo en eje del rio y se realizó la modelación para los respectivos años de estudio.

Se eligieron tramos de 10, 50, 75, 100, 170, 200, 216, 237, 270, 295, 300, 325 y 332 metros.

Figura 50

Eje del rio

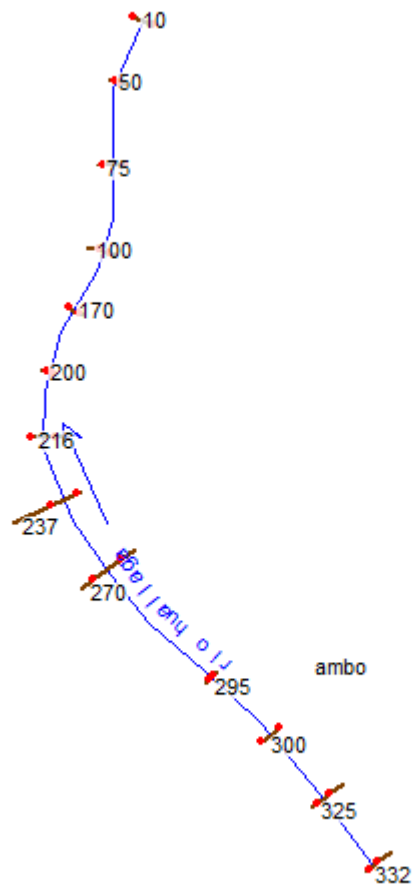


Figura 51
Modelamiento para un T= 5 años

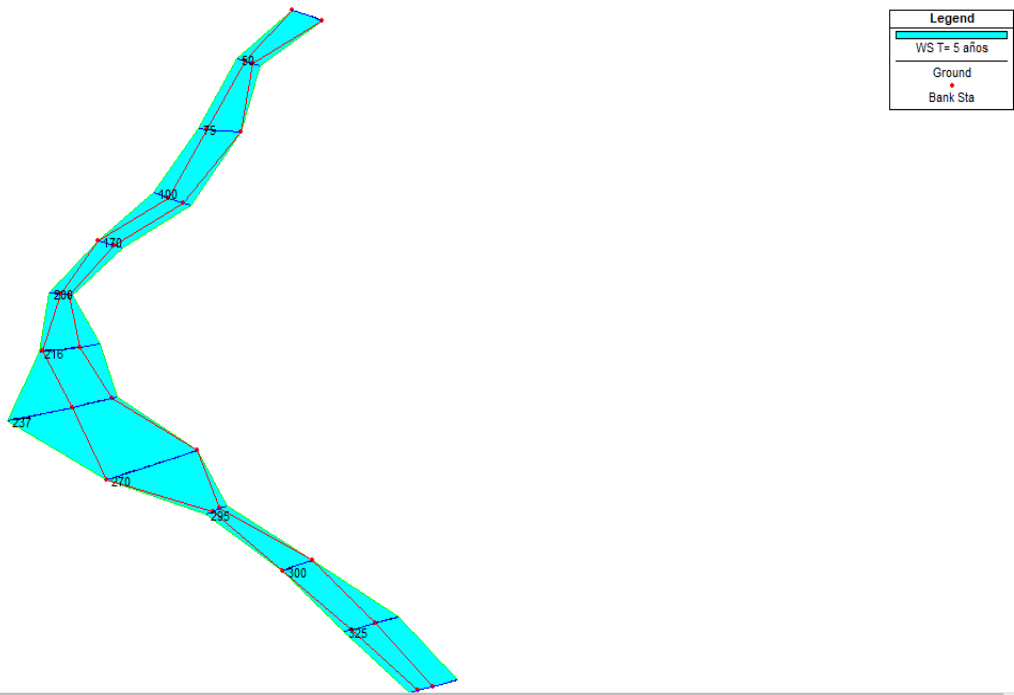


Figura 52
Modelamiento para un T= 10 años

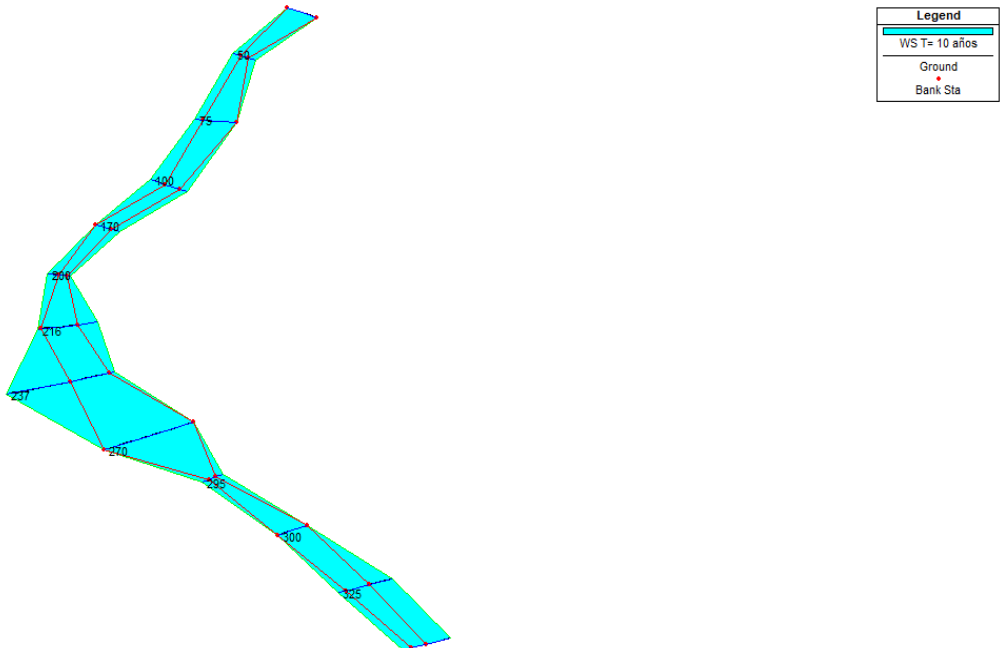


Figura 53

Modelamiento para un $T=20$ años

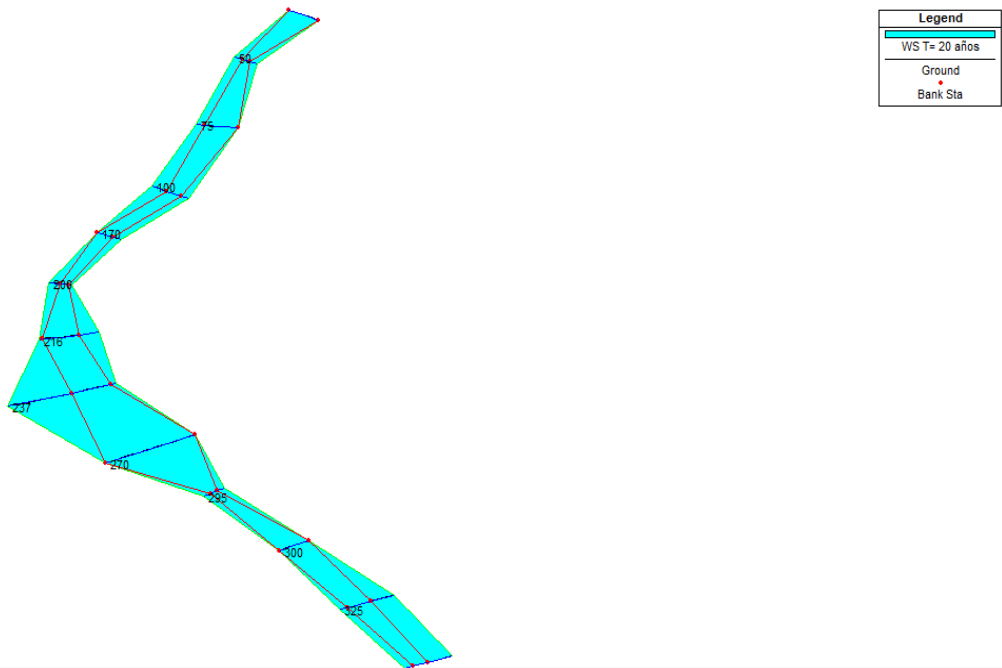


Figura 54

Modelamiento para un $T=50$ años

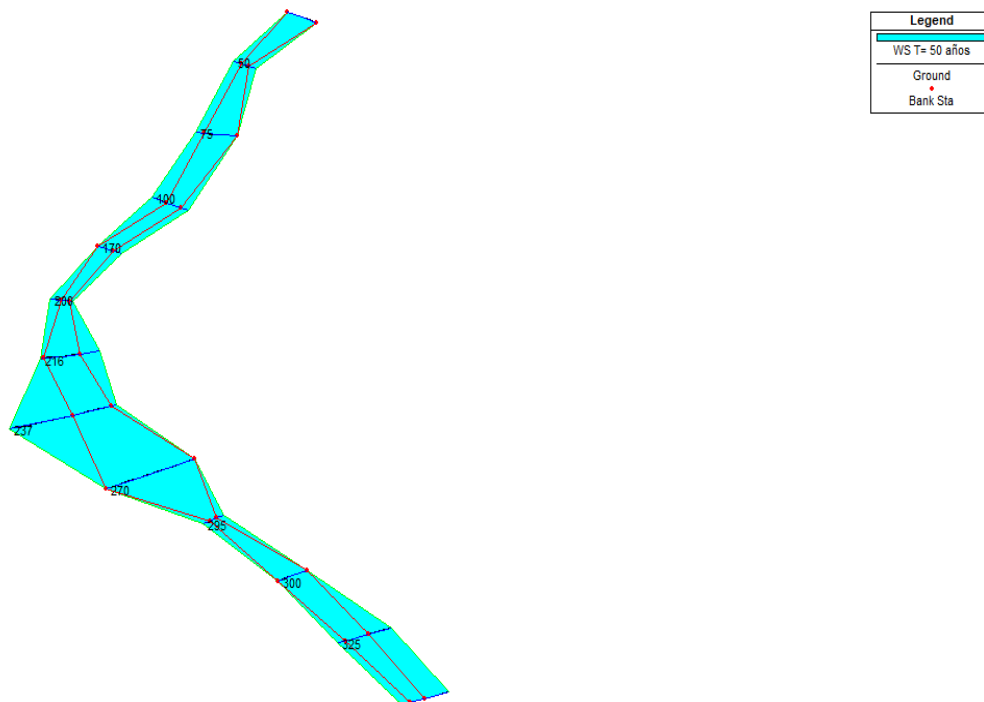
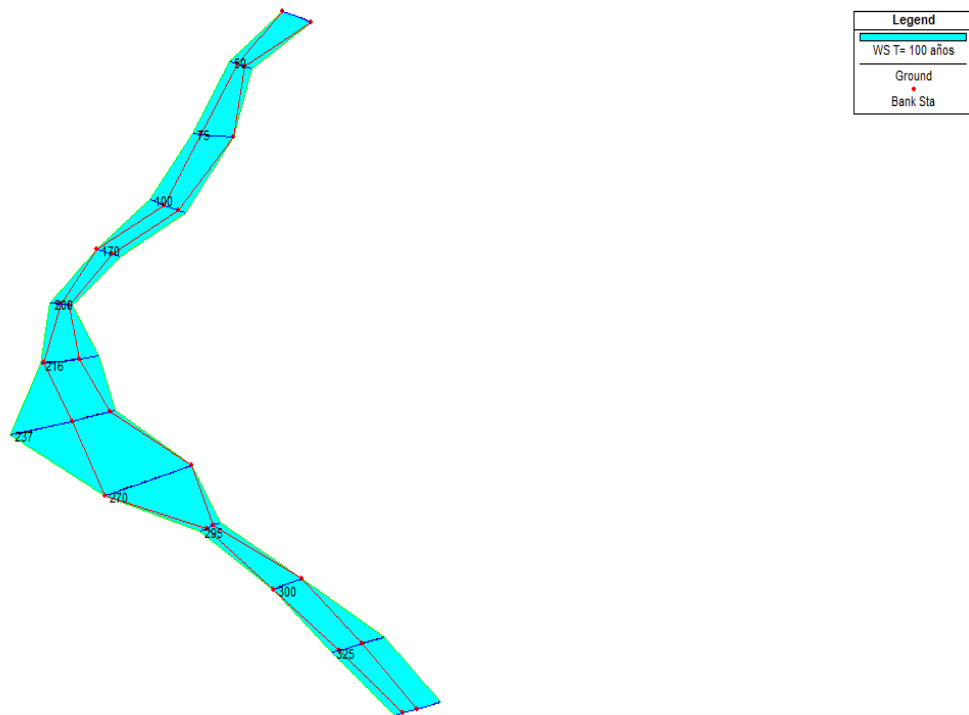


Figura 55

Modelamiento para un T= 100 años



Después de realizado el modelado se obtuvo los resultados donde se puede calcular el caudal y el área de inundación obtenida.

Tabla 59

Resultado para un T= 5 años del software Iric

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.55		2084.17	0.000258	4.01	119.02	5.79	0.28
ambo	325	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.74		2084.08	0.000136	2.94	145.37	7.01	0.21
ambo	300	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.63		2084.07	0.003512	2.93	81.75	3.96	0.21
ambo	295	T= 5 años	239.64	2063.00	2075.05	2075.05	2083.22	0.007411	15.08	36.72	3.05	1.39
ambo	270	T= 5 años	239.64	2062.00	2080.47		2080.53	0.000145	1.09	219.49	11.89	0.08
ambo	237	T= 5 años	239.64	2061.00	2080.45		2080.52	0.000039	1.50	254.87	13.11	0.11
ambo	216	T= 5 años	239.64	2060.00	2080.23		2080.50	0.000098	2.45	141.83	7.01	0.17
ambo	200	T= 5 años	239.64	2059.00	2071.49	2071.49	2079.70	0.006904	14.91	34.26	2.74	1.35
ambo	170	T= 5 años	239.64	2058.00	2076.39		2077.44	0.009001	4.87	56.05	3.05	0.36
ambo	100	T= 5 años	239.64	2057.00	2076.44		2077.40	0.000429	4.99	100.74	5.18	0.36
ambo	75	T= 5 años	239.64	2057.00	2076.84		2077.21	0.001418	2.78	96.76	4.88	0.20
ambo	50	T= 5 años	239.64	2056.00	2068.25	2068.25	2076.39	0.007155	14.98	36.72	3.05	1.37
ambo	10	T= 5 años	239.64	2056.00	2069.99	2063.22	2070.95	0.008061	4.32	55.44	3.96	0.37

Tabla 60

Resultado para un T= 10 años del software Iric

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	N.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 10 años	273.25	2063.00	2085.82		2086.50	0.000244	4.19	132.17	5.79	0.28
ambo	325	T= 10 años	273.25	2063.00	2086.03		2086.41	0.000128	3.06	161.45	7.01	0.20
ambo	300	T= 10 años	273.25	2063.00	2085.94		2086.40	0.003652	3.01	90.88	3.96	0.20
ambo	295	T= 10 años	273.25	2063.00	2076.70	2076.45	2085.49	0.006580	15.48	41.76	3.05	1.34
ambo	270	T= 10 años	273.25	2062.00	2082.80		2082.87	0.000143	1.10	247.29	11.89	0.08
ambo	237	T= 10 años	273.25	2061.00	2082.78		2082.86	0.000036	1.56	285.44	13.11	0.11
ambo	216	T= 10 años	273.25	2060.00	2082.55		2082.84	0.000090	2.52	158.09	7.01	0.17
ambo	200	T= 10 años	273.25	2059.00	2073.75	2072.91	2082.04	0.005455	14.81	40.46	2.74	1.23
ambo	170	T= 10 años	273.25	2058.00	2078.70		2079.78	0.009111	4.94	63.09	3.05	0.35
ambo	100	T= 10 años	273.25	2057.00	2078.71		2079.75	0.000399	5.18	112.48	5.18	0.36
ambo	75	T= 10 años	273.25	2057.00	2079.16		2079.54	0.001446	2.84	108.07	4.88	0.19
ambo	50	T= 10 años	273.25	2056.00	2069.66	2069.66	2078.64	0.006717	15.61	41.03	3.05	1.35
ambo	10	T= 10 años	273.25	2056.00	2071.80	2063.88	2072.78	0.008061	4.36	62.62	3.96	0.35

Tabla 61

Resultado para un T= 20 años del software Iric

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 20 años	304.24	2063.00	2087.89		2088.62	0.000233	4.33	144.14	5.79	0.28
ambo	325	T= 20 años	304.24	2063.00	2088.12		2088.52	0.000122	3.16	176.07	7.01	0.20
ambo	300	T= 20 años	304.24	2063.00	2088.03		2088.51	0.003767	3.07	99.18	3.96	0.20
ambo	295	T= 20 años	304.24	2063.00	2078.93	2077.73	2087.62	0.005200	15.22	48.56	3.05	1.22
ambo	270	T= 20 años	304.24	2062.00	2084.97		2085.03	0.000141	1.11	272.98	11.89	0.07
ambo	237	T= 20 años	304.24	2061.00	2084.94		2085.02	0.000034	1.61	313.70	13.11	0.11
ambo	216	T= 20 años	304.24	2060.00	2084.70		2085.00	0.000083	2.58	173.14	7.01	0.17
ambo	200	T= 20 años	304.24	2059.00	2075.70	2074.20	2084.18	0.004648	14.85	45.82	2.74	1.16
ambo	170	T= 20 años	304.24	2058.00	2080.77		2081.88	0.009235	5.00	69.42	3.05	0.33
ambo	100	T= 20 años	304.24	2057.00	2080.74		2081.87	0.000377	5.35	123.02	5.18	0.35
ambo	75	T= 20 años	304.24	2057.00	2081.24		2081.64	0.001473	2.90	118.21	4.88	0.19
ambo	50	T= 20 años	304.24	2056.00	2070.90	2070.90	2080.66	0.006418	16.17	44.80	3.05	1.34
ambo	10	T= 20 años	304.24	2056.00	2073.47	2064.46	2074.46	0.008060	4.39	69.23	3.96	0.34

Tabla 62

Resultado para un T= 50 años del software Iric

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.56		2091.35	0.000217	4.48	159.59	5.79	0.27
ambo	325	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.80		2091.24	0.000113	3.26	194.92	7.01	0.20
ambo	300	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.74		2091.23	0.003873	3.13	109.89	3.96	0.19
ambo	295	T= 50 años	343.46	2063.00	2081.59	2079.29	2090.35	0.004168	15.10	56.66	3.05	1.12
ambo	270	T= 50 años	343.46	2062.00	2087.67		2087.73	0.000140	1.13	305.13	11.89	0.07
ambo	237	T= 50 años	343.46	2061.00	2087.63		2087.73	0.000032	1.67	349.05	13.11	0.10
ambo	216	T= 50 años	343.46	2060.00	2087.38		2087.71	0.000076	2.65	191.97	7.01	0.16
ambo	200	T= 50 años	343.46	2059.00	2078.08	2075.77	2086.86	0.003961	14.98	52.33	2.74	1.09
ambo	170	T= 50 años	343.46	2058.00	2083.34		2084.49	0.009406	5.08	77.25	3.05	0.32
ambo	100	T= 50 años	343.46	2057.00	2083.24		2084.46	0.000354	5.54	135.97	5.18	0.35
ambo	75	T= 50 años	343.46	2057.00	2083.80		2084.21	0.001511	2.96	130.68	4.88	0.18
ambo	50	T= 50 años	343.46	2056.00	2072.45	2072.45	2083.14	0.006078	16.81	49.52	3.05	1.32
ambo	10	T= 50 años	343.46	2056.00	2075.58	2065.17	2076.58	0.008060	4.43	77.59	3.96	0.32

Tabla 63*Resultado para un T= 100 años del software Iric*

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.54		2093.38	0.000207	4.58	171.06	5.79	0.27
ambo	325	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.80		2093.26	0.000108	3.33	208.92	7.01	0.19
ambo	300	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.74		2093.25	0.003942	3.16	117.85	3.96	0.19
ambo	295	T= 100 años	372.68	2063.00	2083.49	2080.43	2092.36	0.003660	15.10	62.44	3.05	1.07
ambo	270	T= 100 años	372.68	2062.00	2089.65		2089.71	0.000139	1.13	328.63	11.89	0.07
ambo	237	T= 100 años	372.68	2061.00	2089.61		2089.71	0.000030	1.71	374.90	13.11	0.10
ambo	216	T= 100 años	372.68	2060.00	2089.35		2089.68	0.000072	2.69	205.75	7.01	0.16
ambo	200	T= 100 años	372.68	2059.00	2079.77	2076.92	2088.81	0.003600	15.11	56.98	2.74	1.06
ambo	170	T= 100 años	372.68	2058.00	2085.21		2086.37	0.009551	5.13	82.92	3.05	0.31
ambo	100	T= 100 años	372.68	2057.00	2085.05		2086.35	0.000340	5.68	145.35	5.18	0.34
ambo	75	T= 100 años	372.68	2057.00	2085.65		2086.08	0.001540	3.00	139.71	4.88	0.18
ambo	50	T= 100 años	372.68	2056.00	2073.61	2073.61	2084.94	0.005823	17.22	53.06	3.05	1.31
ambo	10	T= 100 años	372.68	2056.00	2077.13	2065.67	2078.14	0.008073	4.45	83.74	3.96	0.31

Tabla 64*Tabla de caudales y áreas de inundación para los periodos de retorno estudiados*

Periodo de retorno	Área de Inundación	Caudal
5 años	1461.19 m2	239.6363 m3/s
10 años	1544.83 m2	273.25198 m3/s
20 años	1698.27 m2	304.2358 m3/s
50 años	1890.55 m2	343.46027 m3/s
100 años	2031.31 m2	372.68029 m3/s

4.5. CONSTATACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para poder constatar las dos hipótesis planteadas se tuvo que realizar una observación a los resultados obtenidos previamente para poder constatarlo correctamente.

4.5.1. HIPÓTESIS

La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2022.

De los resultados obtenidos en la parte de modelamiento podemos observar que se tiene un análisis del área con riesgo de inundación para cada periodo de retorno de los lugares o las zonas vulnerables que se tiene ante el desborde del río Huallaga en tramo urbano de Ambo – Huánuco 2021, obteniendo lo siguiente:

Tabla 65

Área con riesgo de inundaciones para cada periodo de retorno

Periodos de retorno	Área
5 años	1461.19 m ²
10 años	1544.83 m ²
20 años	1698.27 m ²
50 años	1890.55 m ²
100 años	2031.31 m ²

Del cuadro anterior se puede apreciar las diferentes áreas de inundación que se tiene para cada periodo de retorno la cual se puede observar que en periodo de retorno de 100 años se tiene un área mayor y en un periodo de retorno de 5 años se tiene un área menor. Obteniendo este resultado podemos afirmar que la hipótesis 1 planteada la cual dice

que la elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga, pero solo se obtiene el área para un periodo de retorno específico.

4.5.2. HIPÓTESIS

La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric no permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2021.

De acuerdo a la hipótesis 1 se puede afirmar que la hipótesis 0 es inválida porque de acuerdo a la Tabla 52 (Tabla anterior) se obtuvo el área de riesgo ante el desborde del río Huallaga en los diferentes periodos de retorno, aunque solo se obtuvo el área el modelamiento mediante el software Iric nos proporciona ese dato si se desea conocer exactamente el lugar donde se desborda el río podemos afianzarnos con el método de observación que se vio en la parte de la determinación del riesgo y así hacer un análisis de zonas vulnerables más completo.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente tesis realizada se determinó que se tendría que considerar los factores que son desencadenantes para la estimación de peligro como la intensidad de precipitación, los factores que se determina como condicionantes como la pendiente de terreno, el tiempo de retorno de las lluvias, de esa manera nuestra estimación de peligro se hizo más confiable.

Para el análisis de vulnerabilidades en las cuales se tomó en cuenta la vulnerabilidad social y económica, para el cálculo de los pesos que fueron asignados se realizó mediante una importancia de nivel de la vulnerabilidad y para los porcentajes que se muestra en cada una de las Tablas se obtuvo mediante las encuestas realizadas a la población.

Obteniendo como resultado que la vulnerabilidad social para los servicios educativos fue de 7.32%, en la parte de salud fue de menor del 10%, para el material de edificación fue un ponderado de 0.10256, para el número de pisos por vivienda fue un ponderado de 0.09416, para la actitud frente al riesgo fue un ponderado de 0.41066 y para el conocimiento local sobre ocurrencias pasadas de desastres fue un ponderado de 0.186338, para Cordova (2017) mostro que la vulnerabilidad social en los servicios educativos fue mayor que lo que se obtuvo salio un porcentaje de 9.57% eso se debe que el lugar de estudio de Cordova contiene más centros educativos y por ello aumenta el porcentaje, para la parte de salud Cordova tiene un porcentaje menor porque no cuenta con centros de salud cercanas.

Para la vulnerabilidad económica referente a la localización de la edificación fue un ponderado de 0.2, para el estado de la edificación en peso fue un ponderado de 0.22568, para la antigüedad de la construcción fue un ponderado de 0.18809, para el ingreso de la familia de manera promedia fue un ponderado de 0.10643 y para la pea desocupada fue un ponderado de 0.21719, para Porta (2020) la vulnerabilidad economica fue diferente debido

a que cuenta con pocas edificaciones antiguas, la mayoría de ellas fueron refozadas debido a los riesgo que ya se tenía en la comunidad, obteniendo un ponderado de antigüedad de 0.09 y que el ingreso que tiene la comunidad es mayor que lo que se obtuvo siendo de 0.2047.

Para la modelación hidráulica en la parte de las áreas de inundación para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años para poder determinarlo hizo un modelamiento en el software Iric el cual también nos ayudó a calcular los caudales que se obtuvieron, para ello se tuvo que realizar un levantamiento topográfico del río para poder calcular las cotas que se tiene del río Huallaga, después de realizado el levantamiento topográfico, con la ayuda de las estación pluviométrica de la estación de San Rafael se pudo calcular las precipitaciones máximas y por consiguiente las intensidades para poder realizar el modelado hidráulico.

CONCLUSIONES

- Se determina que los factores para las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación de San Rafael se tomar los datos desde el año 1994 hasta el año 2017 debido a la falta de actualización de los servidores del SENAMHI. Y que mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smimov se eligió la distribución log normal para el cálculo de las intensidades debido a que esta distribución tiene un delta teórico de 0.071428571 siendo este el menor de todas las distribuciones realizadas.
- Para la realización de las curvas de intensidad se tiene que tomar el delta teórico del hidroesta comprobado previamente con la prueba de bondad y así evitar errores, siendo el delta teórico del hidroesta de la distribución log normal de 0.0713 y para la curva de familias observado en la figura 41 tiene una tendencia casi cercana eso se debe al reajuste previamente que se realizó.
- Se concluye que con la modelación hidráulica se logró identificar las áreas de inundaciones del río Huallaga del tramo urbano Ambo – Huánuco siendo esas áreas de inundación de 1461.19 m², 1544.83 m², 1698.27 m², 1890.55 m², 2031.31 m², para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años. Y que la precipitación media del área de estudio del río Huallaga se realizó mediante el uso de la estación más cercana al lugar de estudio debido a la falta de estación en el lugar de estudio siendo dicha estación la estación pluviométrica de San Rafael, estos datos de precipitación obtenidos fueron de 31.07 mm, 39.89 mm, 45.46 mm, 50.65 mm, 52.26 mm, 57.19 mm, 62.01 mm, 73.05 mm para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, y 500 años respectivamente.
- Se concluye que los máximos caudales obtenidos del modelamiento hidráulico por el software Iric fueron de 239.6363 m³ /s, 273.25198 m³ /s, 304.2358 m³ /s, 343.46027 m³ /s, 372.68029 m³ /s, para periodos de retomo de 5, 10, 20, 50 y 100 años. La vulnerabilidad social en la parte de servicios educativos expuesto fue de 7.32%, para los servicios de salud se obtuvo un valor menor del 10%, para el material de edificación se

obtuvo un ponderado de 0.10256, para el número de pisos por vivienda un ponderado de 0.09416, para la actitud frente al riesgo un ponderado de 0.41066 y para el conocimiento local sobre ocurrencias pasadas de desastres un ponderado de 0.186338. Para la vulnerabilidad económica para la localización de la edificación fue un ponderado de 0.2, para el estado de la edificación en peso fue un ponderado de 0.22568, para la antigüedad de la construcción fue un ponderado de 0.18809, para el ingreso de la familia de manera promedio fue un ponderado de 0.10643 y para la peña desocupada fue un ponderado de 0.21719. Y se determinó que la modelación hidráulica para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo – Huánuco - 2021, se realizó de manera satisfactoria para los periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Ambo que tomen las respectivas precauciones para prevenir las inundaciones que puede suceder en el río Huallaga, esto se puede prevenir mediante la elaboración de un grupo de capacitadores que se encargue de informar a la población de Ambo y también de la construcción de defensas riverañas.
- Se plantea que la instalación de estaciones pluviométricas cercanas a la Provincia de Ambo específicamente donde se tiene mayor riesgo para que los estudios que se hagan tengan mayor precisión esto debe ser realizado por el SENAMHI, debido que el inconveniente que tuvo la tesis fue que no se tenía una estación pluviométrica en el lugar de estudio.
- Se recomienda que para la obtención de datos históricos de caudales de río, la instalación por parte del SENAMHI de una estación Hidrométrica en el río Huallaga, debido a la falta de esa estación se tiene que realizar los métodos empíricos que a su vez son menos eficientes.
- Se plantea que realizar un reajuste en las familias de curvas mediante una estimación de las ecuaciones de cada una de ellas para así evitar errores.
- Se propone que para hallar las intensidades de lluvia históricas se tiene que hacer su debida calibración por diferentes métodos que se tenga como se realizó en el presente trabajo de investigación.
- Se recomienda tener una base de datos de la información para poder realizar la zonificación de las vulnerabilidades para así poder evitar realizar las encuestas y tener los datos más generales.
- Se propone que para los pesos para realizar el análisis de vulnerabilidad guiarse del manual de evaluación de riesgo originado por fenómenos naturales.
- Se aconseja a la población evitar construir a las laderas de los ríos o sino tener en cuenta la ley forestal que dice que para las zonas urbanas 10 metros la franja la cual esta medida horizontalmente de ambos lados eso si se tiene un terreno plano, pero si el terreno es quebrado que por ley a pendiente sea mayor a 45 grados se tiene una franja de 50 metros horizontales.

- Se aconseja, la creación de proyectos o trabajos que tengan un enfoque del desarrollo urbano para que se pueda realizar un planeamiento de calidad debido al crecimiento sustentable y equilibrado de la población para evitar la ubicación de viviendas o alguna infraestructura dentro de las zonas de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bentacor, L. (s.f.). Hidrometría.
- Boteman, A. (2007). Hidrología Básica y Aplicada . Grupo de Investigación en Transportes de Sedimentos.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales. Lima.
- CENEPRED. (2015). Manual para la Evaluación de Riesgos de Origen Natural. Lima: NEVA STUDIO S.A.C.
- CENEPRED, C. N. (2019). Escenario de riesgo ante la temporada de lluvias 2018-2019.
- Chagua Cierto, J. Z. (2018). Estudio de inundación de la zona correspondiente al distrito de Calango, provincia de. Lima.
- CIVIL, I. N. (2006). Manual Básico para la Estimación del Riesgo. Lima.
- Cordova Mendoza, D. p. (2017). Aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica ara identificar las áreas de inundacion. Huánuco.
- Ergueta Acebey, F. (2016). Hidrometría y Fundamentos de Hidráulica. Bolivia.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. México.
- Hernández Uribe, R. E., Barrios Piña, H., & Ramírez, A. (2017). Análisis de riesgo or inundación : metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. México.
- Mejía Marcacuzco, J. A. (2012). Hidrología Aplicada. Lima: Universidad Agraria de la molina.

Ministerio de Salud. (2015). "Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres del Ministerio de Salud, Frente a los Efectos de las Lluvias 2014-2015". Perú.

Porta Zapata , G. (2020). "Análisis de Riesgo de Inundación en Prevención de Desbordes del Río Pocoto en el Distrito de San Vicente de Cañete – 2018". Huacho - Perú.

Rivera, A. (2012). Condiciones Climatológicas.

Robayo Mejía, L. (2014). "Análisis de Amenaza por Inundación para la Localidad de Tunjuelito, Desarrollado a Través de Sistemas de Información Geográfica". Bogotá D.C.

Rojas Aldava , J. R. (2018). Modelación hidrológica e hidráulica del río Tirishuanca para identificar zonas vulnerables a inundaciones. Huánuco.

Sánchez San Ramón, J. (s.f.). PRECIPITACIÓN. Obtenido de Hidrología: www.hidrologia.usal.es

Tuesta Rodriguez, J. (2018). Evaluación De La Vulnerabilidad Y Riesgo Por Inundación Del Rio Huallaga En La Ciudad De Tingo María En Un Entorno SIG . Tingo María.

Vargas Guajala, G. (2017). Riesgo físico frente a inundaciones fluviales y fluviales en la cabecera parroquial roca fuerte. Quito.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dávila Flores, G. (2023). *Modelación hidráulica para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del rio Huallaga en el tramo urbano Ambo - Huánuco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 66

Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis
<p>Problema General ¿Cuál es la vulnerabilidad mediante el uso del software iRIC, ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?</p> <p>Problemas Específicos Pe1: ¿Qué factores influyen en la vulnerabilidad ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022? Pe2: ¿A partir de qué datos de precipitación y en qué periodos de retorno se producirá un desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022? Pe3: ¿Mediante el diseño de un modelo hidráulico utilizando el software Iric se puede determinar cuáles son las áreas más vulnerables ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo – Huánuco 2022?</p>	<p>Objetivo General Diseñar un modelo hidráulico utilizando el software Iric para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.</p> <p>Objetivos específicos Oe1: Identificar los factores que influyen en la vulnerabilidad ante el desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022. Oe2: Determinar los datos de precipitación y periodos de retorno que originen que se produzca un desborde, en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022. Oe3: Diseñar un modelo hidráulico utilizando el software Iric para el análisis de la vulnerabilidad ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano Ambo- Huánuco 2022.</p>	<p>Hipótesis H1: La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2022. H0: La elaboración de un modelo hidráulico utilizando el software Iric no permite el análisis de zonas vulnerables ante desborde del río Huallaga en el tramo urbano de Ambo - Huánuco 2022.</p>
Enfoque, Alcance y Diseño	Población y muestra	<p>Variables <u>Variable dependiente:</u> zonas vulnerables <u>Variable Independiente:</u> Modelo hidráulico</p>

Enfoque: Cuantitativo.
Alcance o nivel: Descriptivo.
Diseño: No experimental.

Población: Subcuenca del río Huallaga
Muestra: cuantificación de los datos obtenidos
en el tramo urbano de Ambo – Huánuco.

ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN

Figura 56

Vista satelital



ANEXO 3

RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

Cantidad de Personas encuestadas: 100

Edades: entre 25 y 45 años

Sexo: Masculino y Femenino

Lugar: Ambo

Tabla 67

Tabla de encuestas parte 1

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN		
¿Cuál es el material predominante en la construcción de su vivienda?		
Estera	4 personas eligieron esta opción	4%
Madera	11 personas eligieron esta opción	11%
Quincha	16 personas eligieron esta opción	16%
Adobe	25 personas eligieron esta opción	25%
Ladrillo	44 personas eligieron esta opción	44%
CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES		
¿Cuántos pisos tiene su vivienda?		
5 pisos	2 personas eligieron esta opción	2%
4 pisos	6 personas eligieron esta opción	6%
3 pisos	20 personas eligieron esta opción	20%
2 pisos	50 personas eligieron esta opción	50%
1 piso	22 personas eligieron esta opción	22%
ACTITUD FRENTE AL RIESGO		
¿Cómo es tu actitud frente a un riesgo de inundación, elige entre estas dos opciones?		
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	62 personas eligieron esta opción	62%
Actitud escasamente previsora de la mayoría de la población	38 personas eligieron esta opción	38%
CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE OCURRENCIA PASADA DE DESASTRES		
¿De las siguientes opciones cual crees que es el conocimiento de la población sobre la ocurrencia pasada de desastres mediante inundaciones?		
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	15 personas eligieron esta opción	15%
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	20 personas eligieron esta opción	20%
Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	27 personas eligieron esta opción	27%
La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	32 personas eligieron esta opción	32%
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres	6 personas eligieron esta opción	6%
ESTADO DE LA EDIFICACIÓN PESO		
¿En cuál de las siguientes opciones cree usted que se encuentra el estado de su vivienda?		
Muy malo	3 personas eligieron esta opción	3%
Malo	6 personas eligieron esta opción	6%
Regular	41 personas eligieron esta opción	41%
Bueno	35 personas eligieron esta opción	35%
Muy bueno	15 personas eligieron esta opción	15%

Tabla 68*Tabla de encuestas parte 2*

ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN		
¿Cuántos años de antigüedad tiene su vivienda?		
De 40 a 50 años	15 personas eligieron esta opción	15%
De 30 a 40 años	21 personas eligieron esta opción	21%
De 20 a 30 años	25 personas eligieron esta opción	25%
De 10 a 20 años	33 personas eligieron esta opción	33%
De 5 a 10 años	6 personas eligieron esta opción	6%

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO (SOLES)		
¿Cuánto es su ingreso familiar promedio mensual?		
< 500	2 personas eligieron esta opción	2%
> 500 - <750	5 personas eligieron esta opción	5%
> 750 - < 1000	36 personas eligieron esta opción	36%
> 1000 - < 1500	46 personas eligieron esta opción	46%
>1500	11 personas eligieron esta opción	46%

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA		
¿De las siguientes opciones cuál cree usted que es la situación referente al acceso y permanencia de un puesto de trabajo ?		
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	21 personas eligieron esta opción	21%
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo.	26 personas eligieron esta opción	26%
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	20 personas eligieron esta opción	20%
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	17 personas eligieron esta opción	17%
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	16 personas eligieron esta opción	16%

Modelado

Cross Section

Figura 57

Cross Section - 10

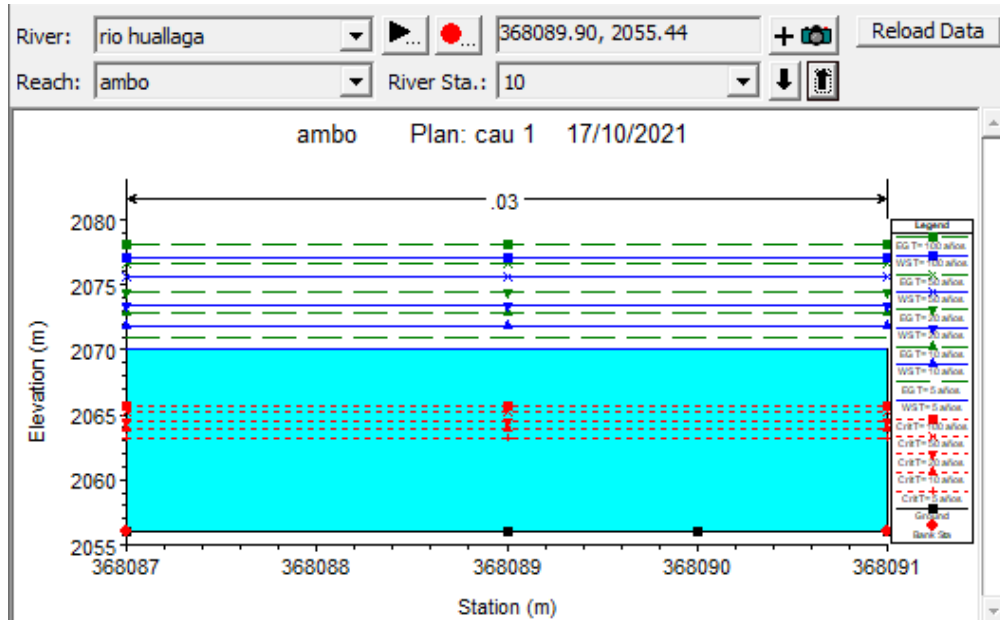


Figura 58

Cross Section - 50

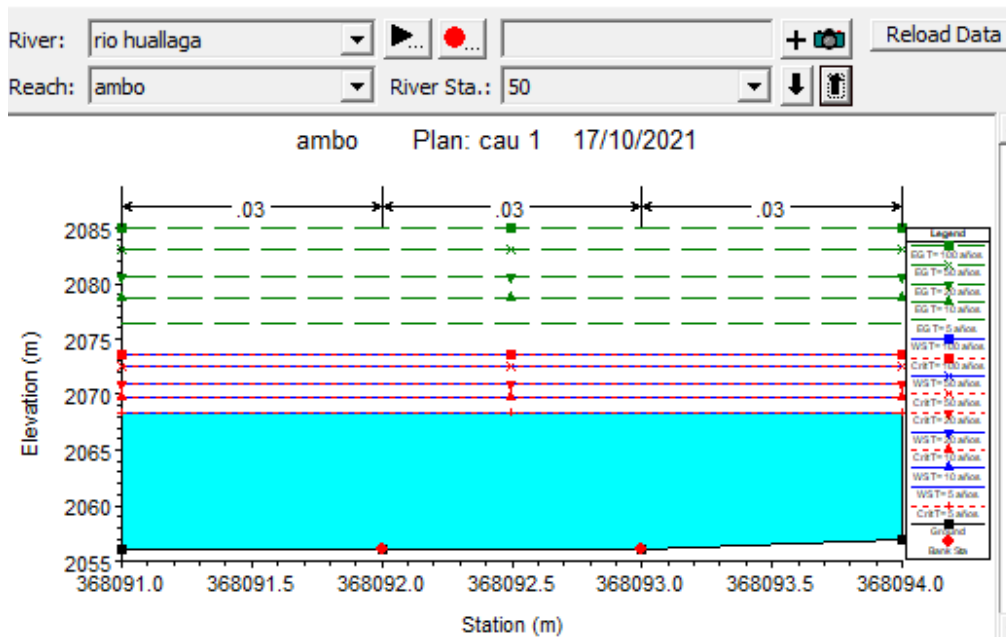


Figura 59

Cross Section - 75

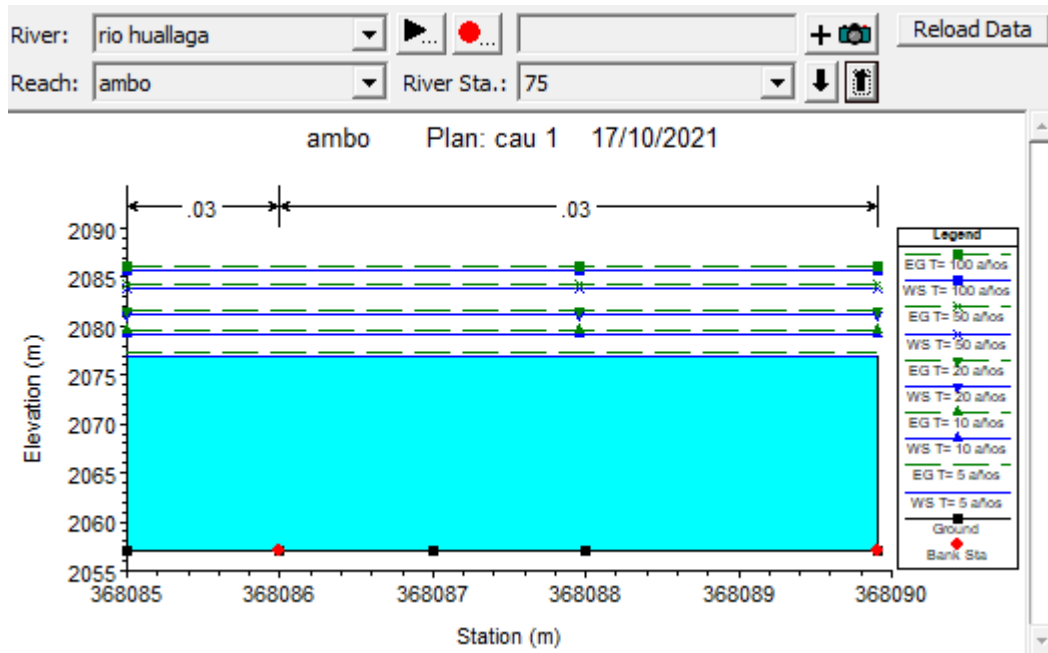


Figura 60

Cross Section - 100

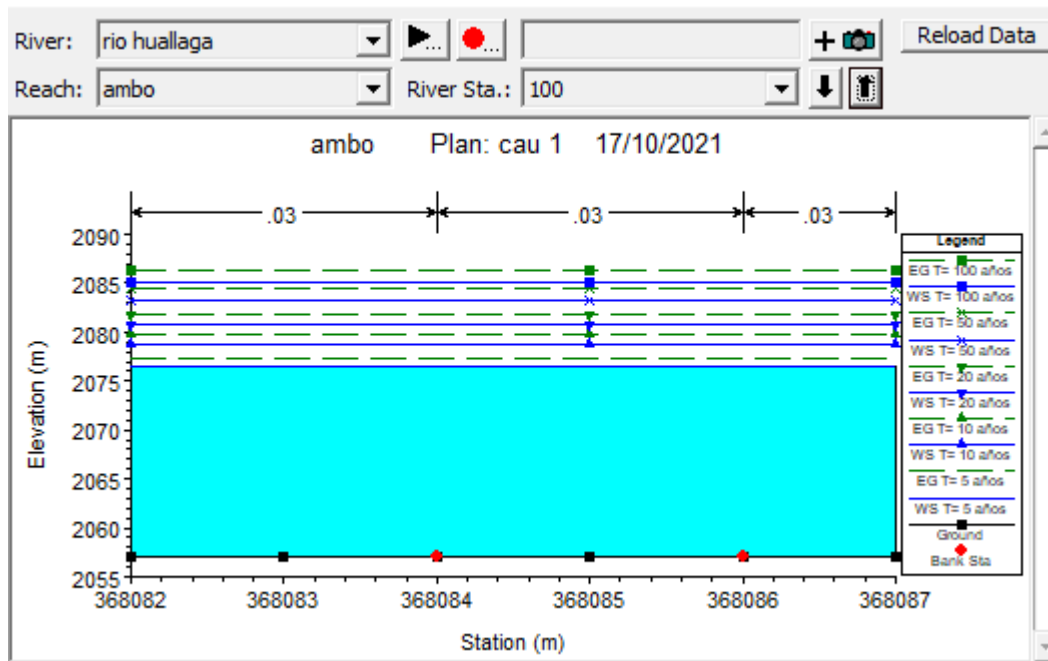


Figura 61

Cross Section - 170

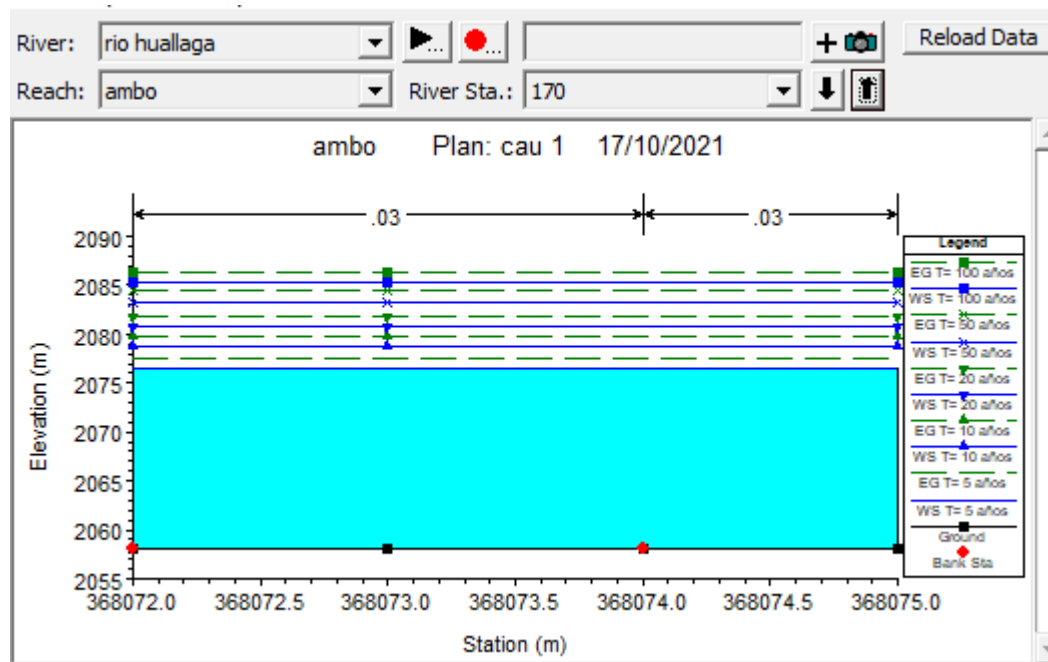


Figura 62

Cross Section - 200

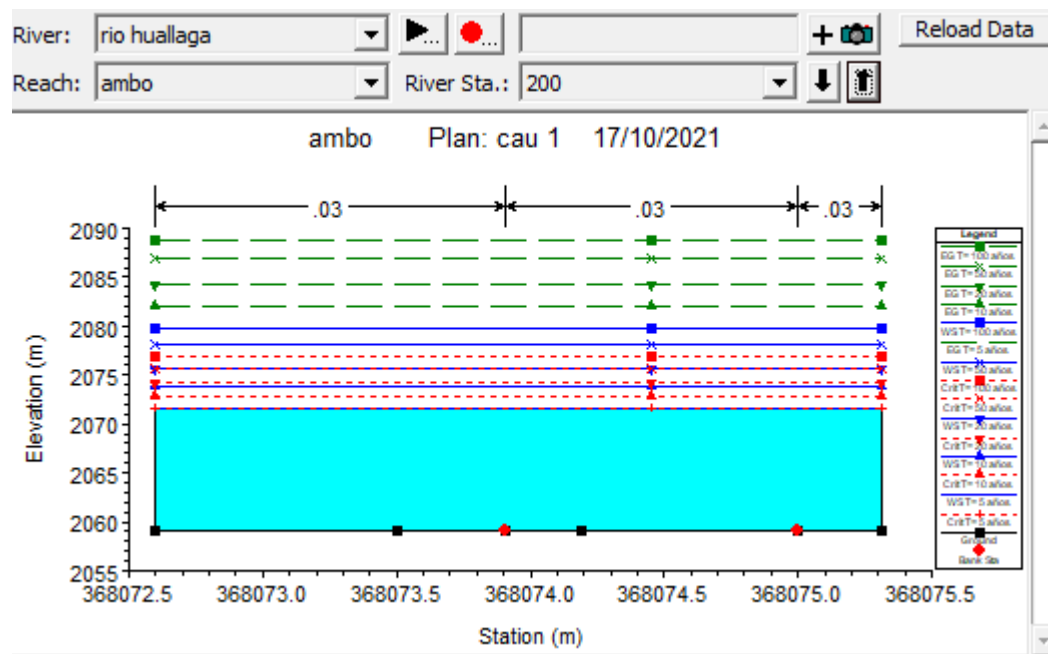


Figura 63

Cross Section - 216

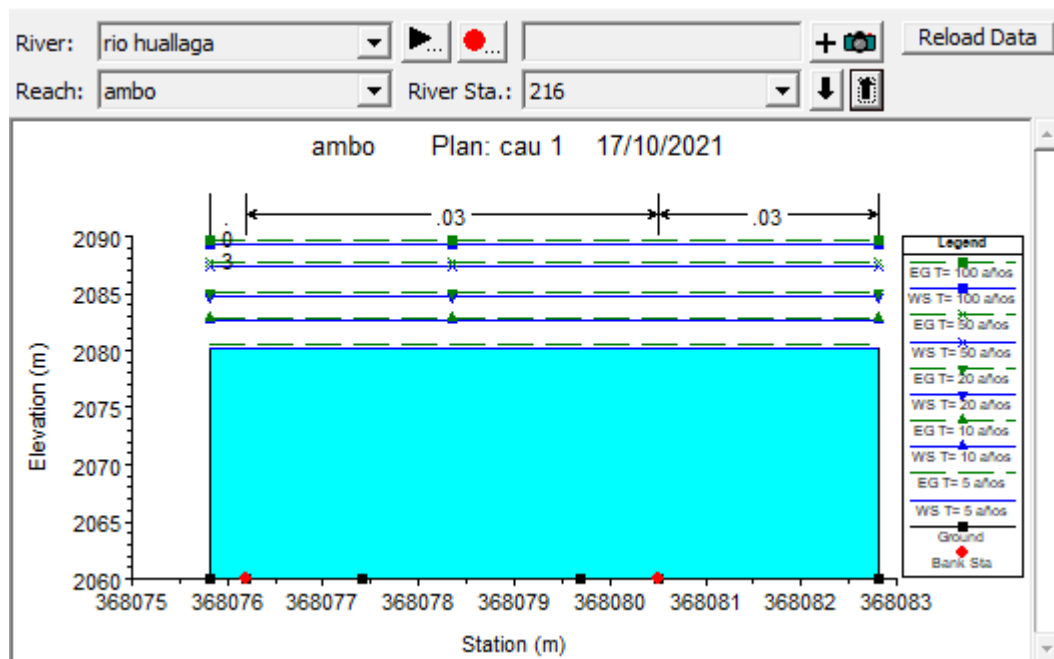


Figura 64

Cross Section - 237

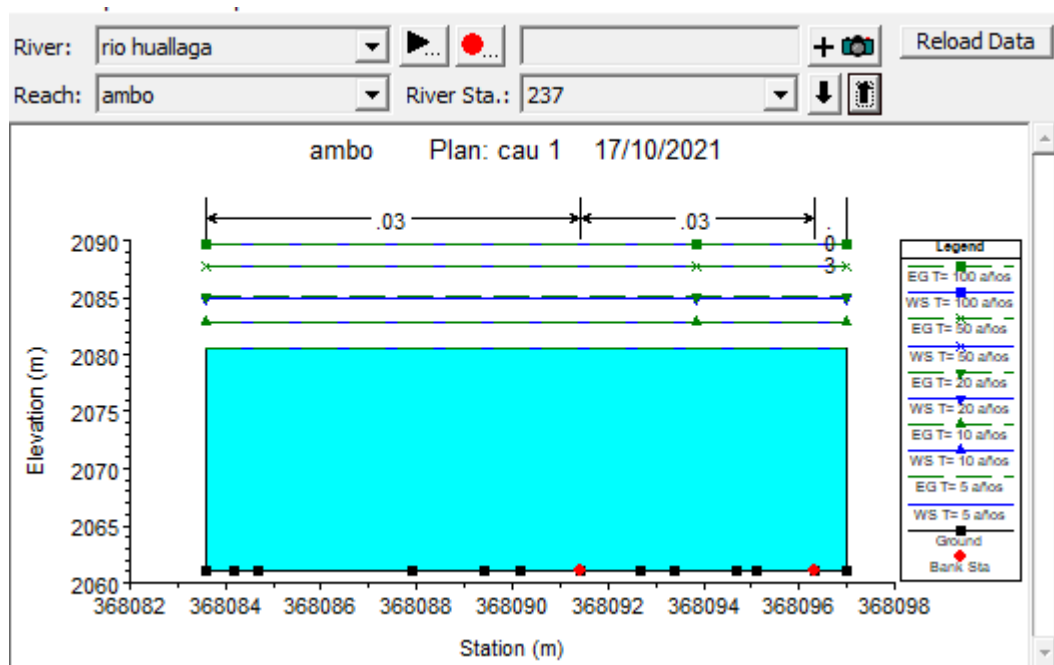


Figura 65

Cross Section - 270

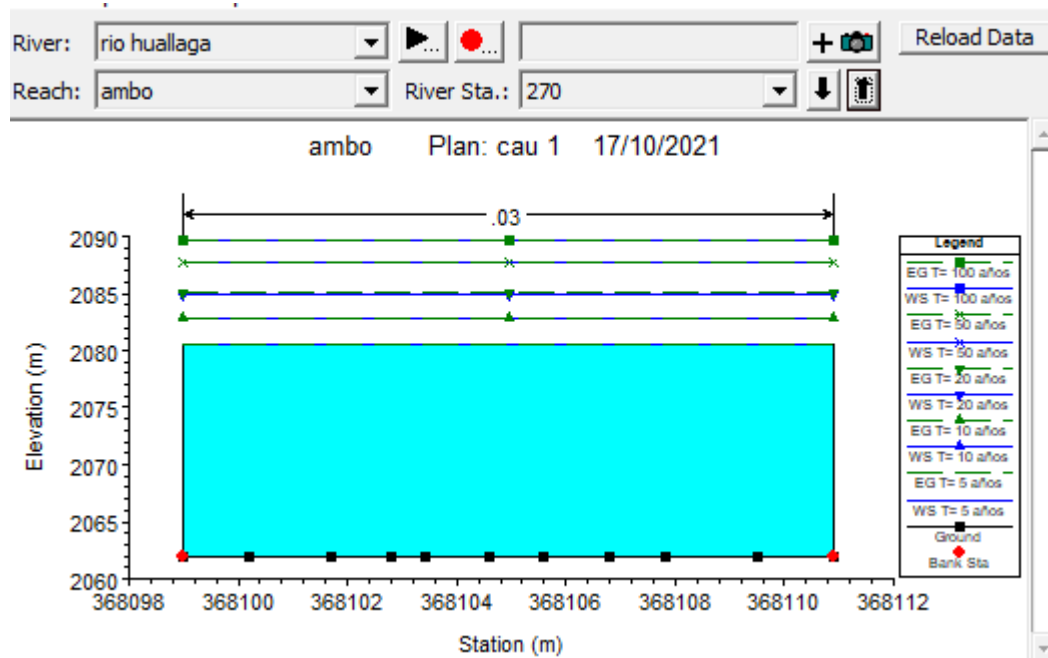


Figura 66

Cross Section - 295

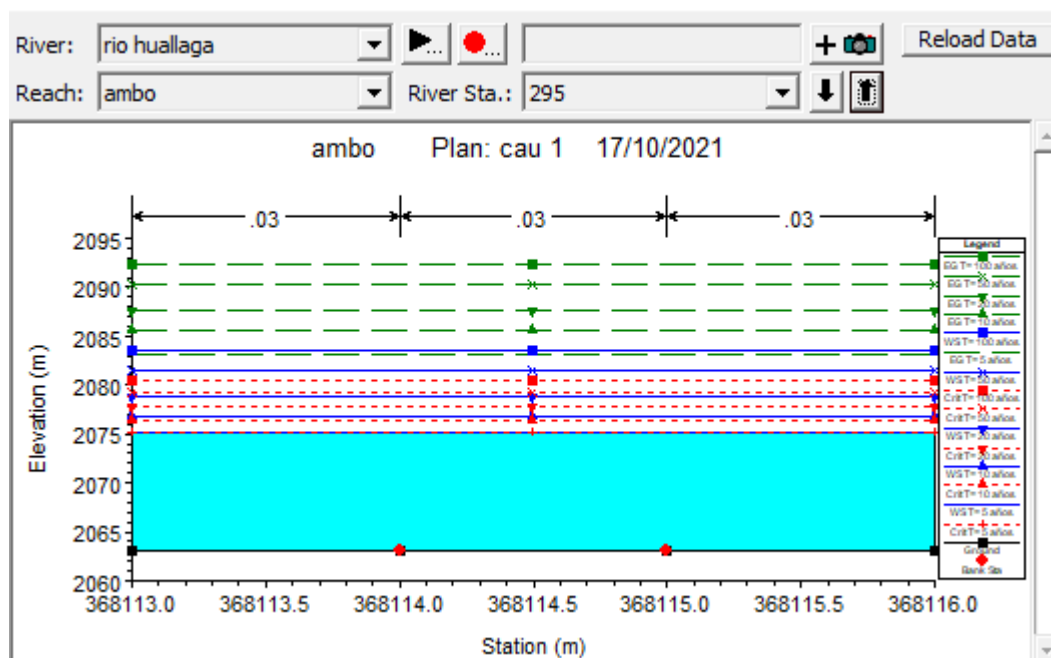


Figura 67

Cross Section - 300

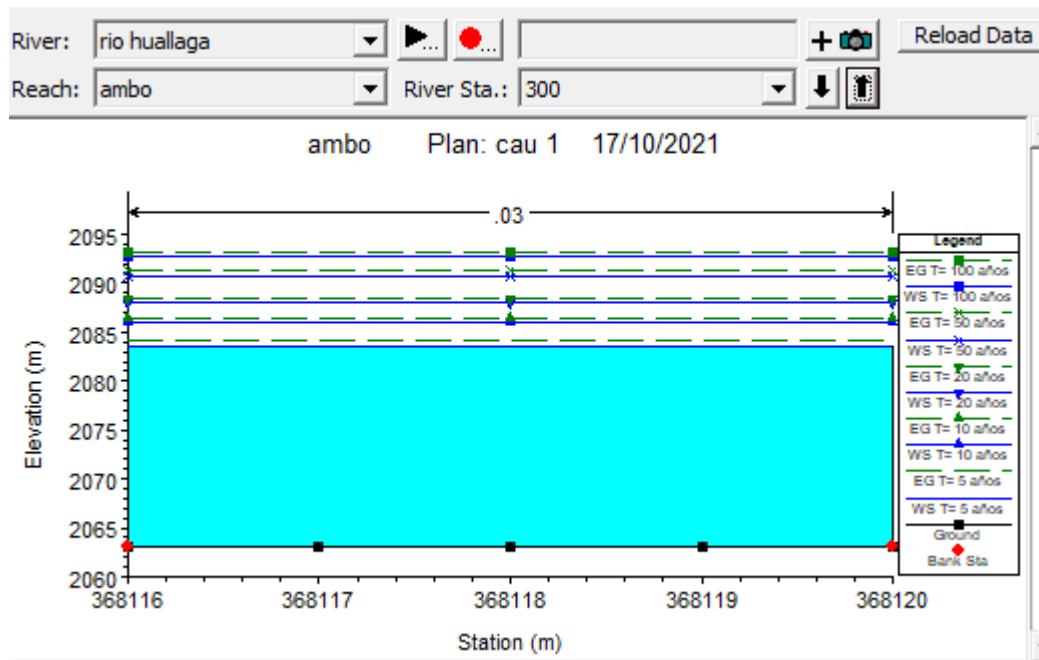


Figura 68

Cross Section - 325

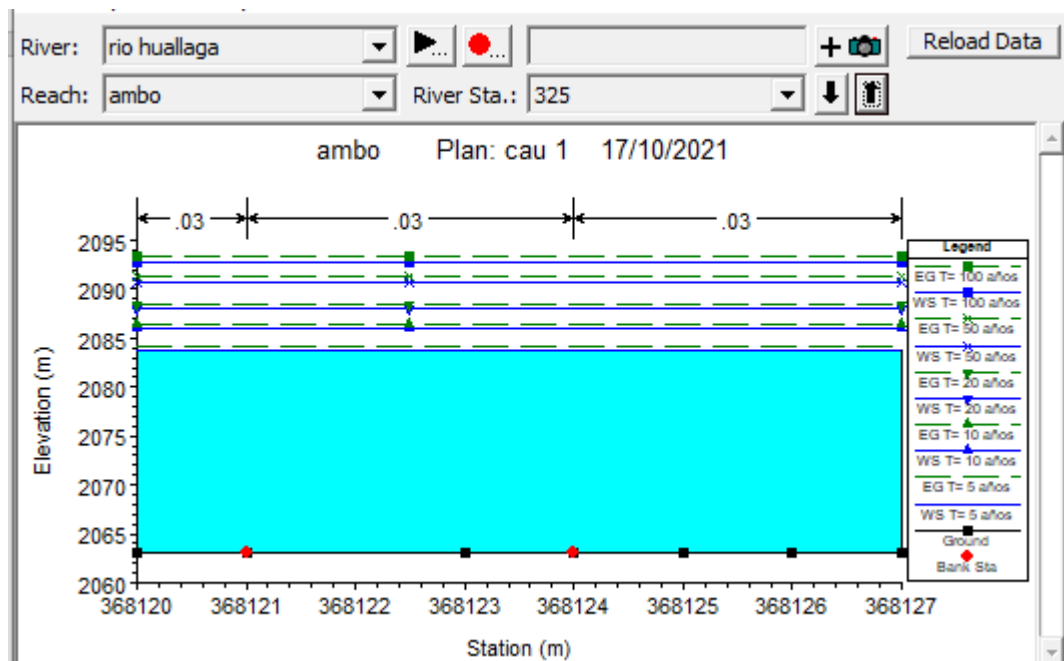
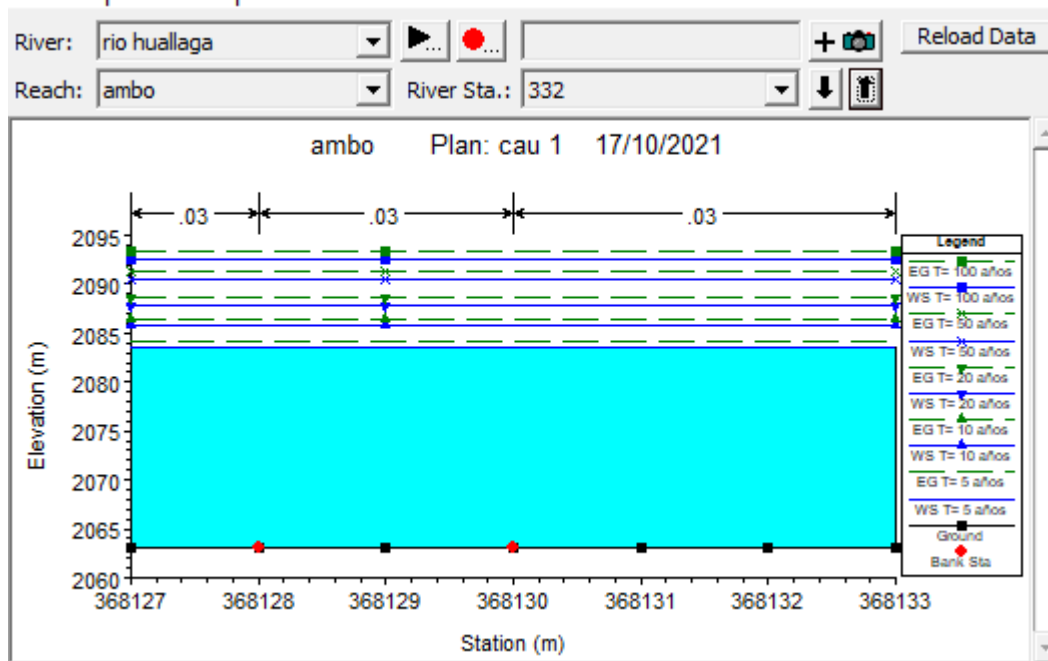


Figura 69

Cross Section - 332



Perfil

Figura 70

Perfil para un T= 5 años

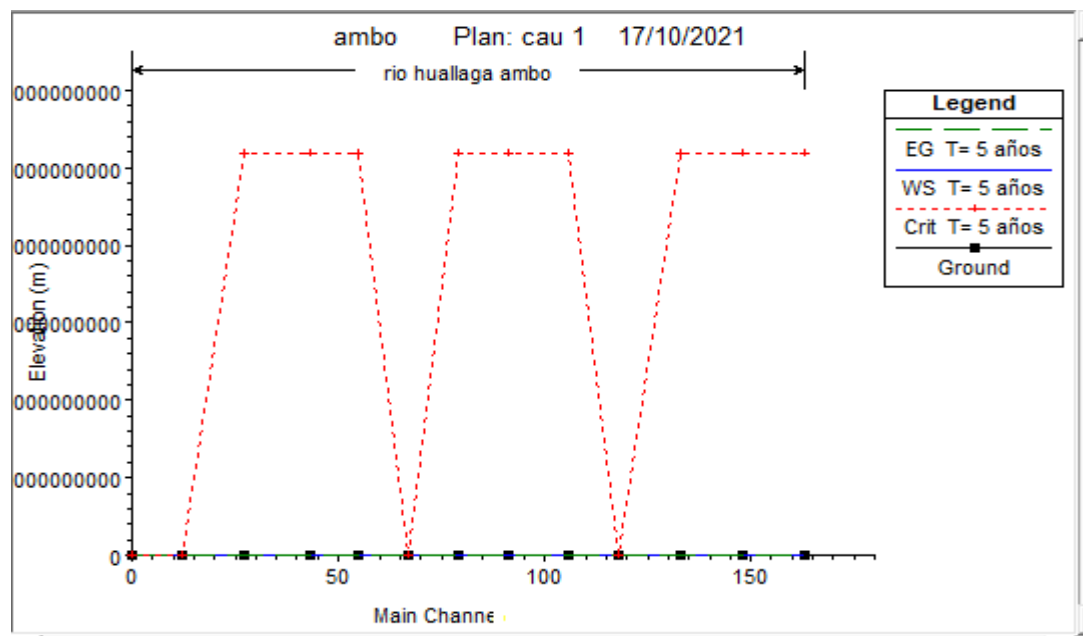


Figura 71

Perfil para un T= 10 años

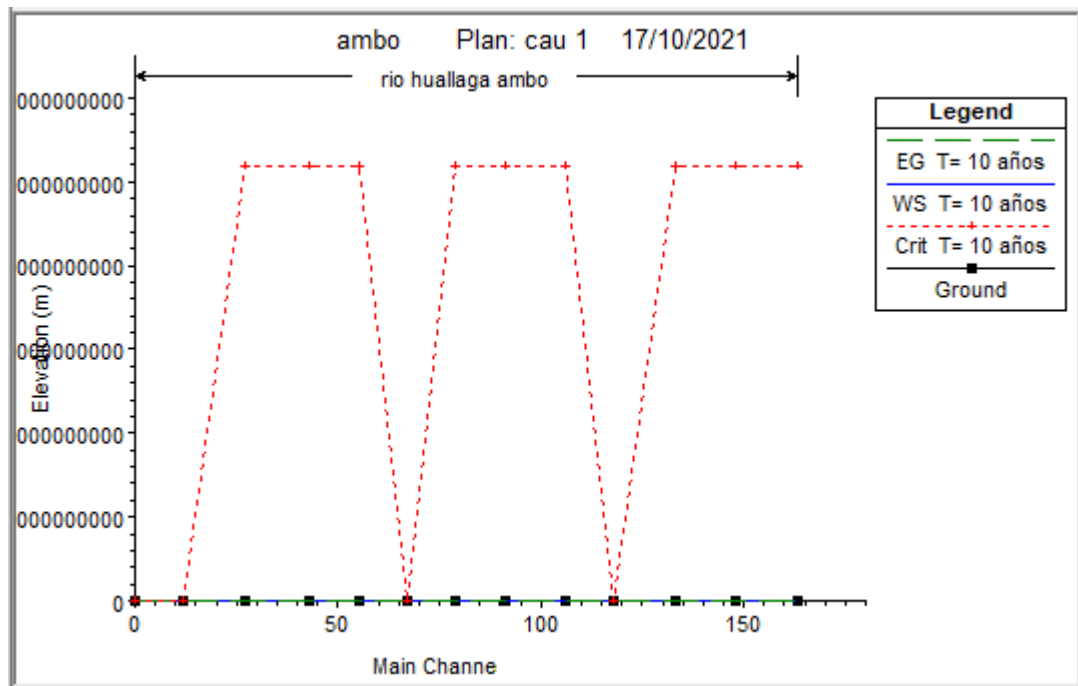


Figura 72

Perfil para un T= 20 años

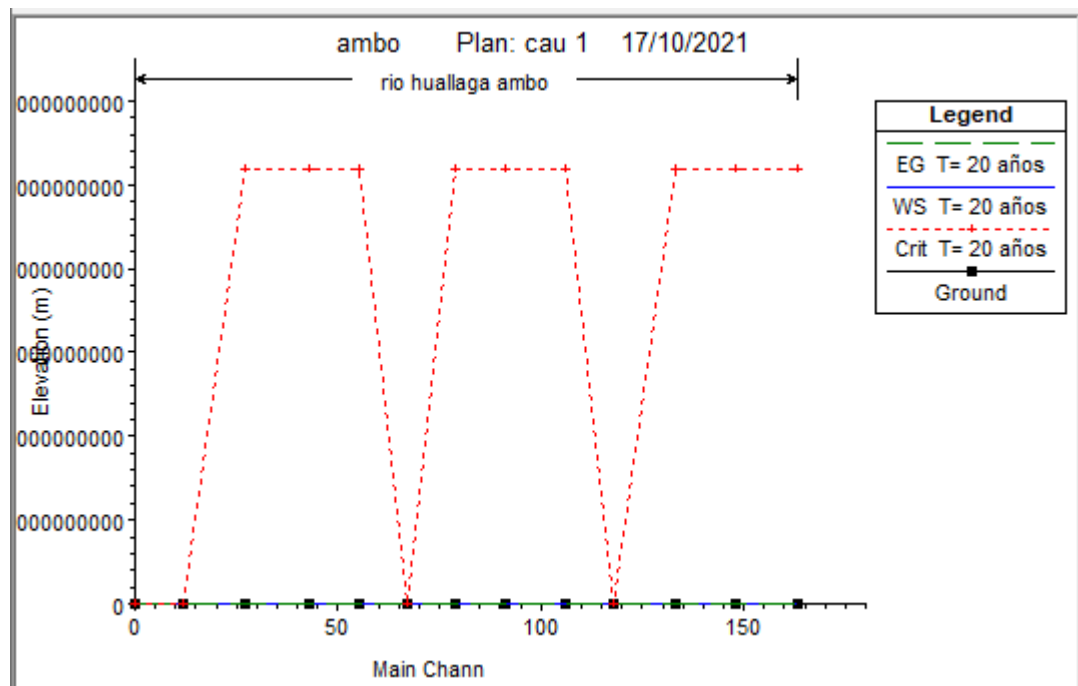


Figura 73

Perfil para un T= 50 años

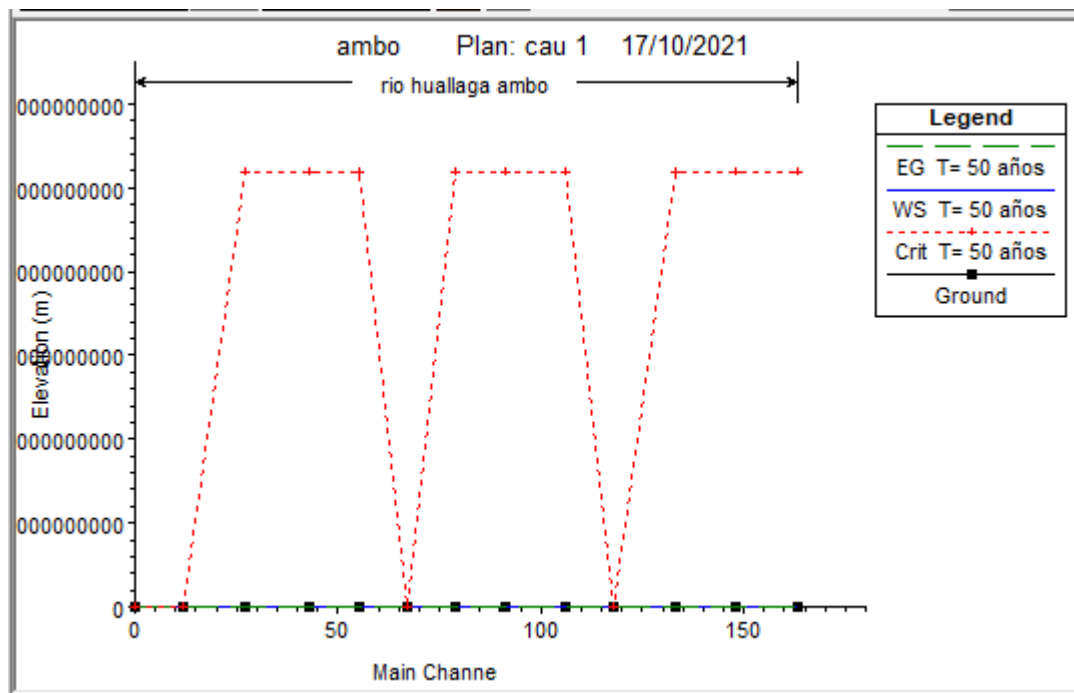


Figura 74

Perfil para un T= 100 años

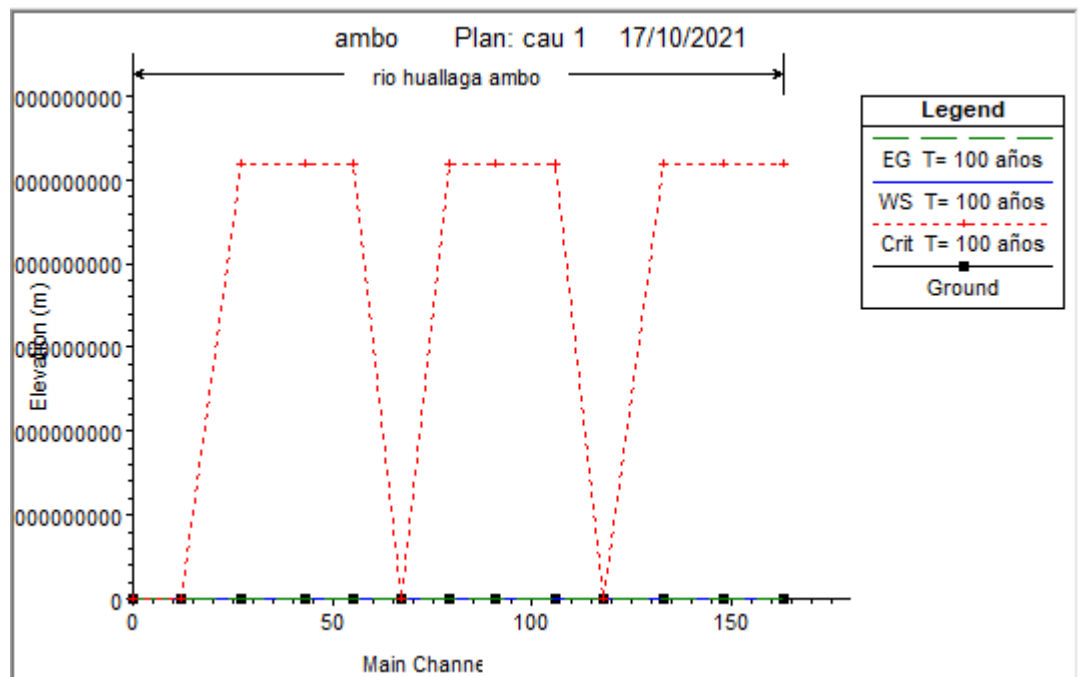


Tabla de resultados obtenidos del modelamiento

Tabla 69

Resultados para un T= 5 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chi
ambo	332	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.55		2084.17	0.000258	4.01	119.02	5.79	0.28	
ambo	325	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.74		2084.08	0.000136	2.94	145.37	7.01	0.21	
ambo	300	T= 5 años	239.64	2063.00	2083.63		2084.07	0.003512	2.93	81.75	3.96	0.21	
ambo	295	T= 5 años	239.64	2063.00	2075.05	2075.05	2083.22	0.007411	15.08	36.72	3.05	1.39	
ambo	270	T= 5 años	239.64	2062.00	2080.47		2080.53	0.000145	1.09	219.49	11.89	0.08	
ambo	237	T= 5 años	239.64	2061.00	2080.45		2080.52	0.000037	1.47	260.86	13.41	0.11	
ambo	216	T= 5 años	239.64	2060.00	2080.23		2080.50	0.000098	2.45	141.83	7.01	0.17	
ambo	200	T= 5 años	239.64	2059.00	2071.49	2071.49	2079.70	0.006904	14.91	34.26	2.74	1.35	
ambo	170	T= 5 años	239.64	2058.00	2076.39		2077.44	0.009001	4.87	56.05	3.05	0.36	
ambo	100	T= 5 años	239.64	2057.00	2076.44		2077.40	0.000429	4.99	100.74	5.18	0.36	
ambo	75	T= 5 años	239.64	2057.00	2076.84		2077.21	0.001418	2.78	96.76	4.88	0.20	
ambo	50	T= 5 años	239.64	2056.00	2068.25	2068.25	2076.39	0.007155	14.98	36.72	3.05	1.37	
ambo	10	T= 5 años	239.64	2056.00	2069.99	2063.22	2070.95	0.008061	4.32	55.44	3.96	0.37	

Tabla 70

Resultados para un T= 10 años

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude #	Chi
ambo	332	T= 10 años	273.25	2063.00	2085.82		2086.50	0.000244	4.19	132.17	5.79	0.28	
ambo	325	T= 10 años	273.25	2063.00	2086.03		2086.41	0.000128	3.06	161.45	7.01	0.20	
ambo	300	T= 10 años	273.25	2063.00	2085.94		2086.40	0.003652	3.01	90.88	3.96	0.20	
ambo	295	T= 10 años	273.25	2063.00	2076.70	2076.45	2085.49	0.006581	15.48	41.76	3.05	1.34	
ambo	270	T= 10 años	273.25	2062.00	2082.80		2082.87	0.000143	1.11	247.29	11.89	0.08	
ambo	237	T= 10 años	273.25	2061.00	2082.78		2082.86	0.000034	1.53	292.15	13.41	0.10	
ambo	216	T= 10 años	273.25	2060.00	2082.55		2082.84	0.000090	2.52	158.09	7.01	0.17	
ambo	200	T= 10 años	273.25	2059.00	2073.75	2072.91	2082.04	0.005455	14.81	40.46	2.74	1.23	
ambo	170	T= 10 años	273.25	2058.00	2078.70		2079.78	0.009111	4.94	63.09	3.05	0.35	
ambo	100	T= 10 años	273.25	2057.00	2078.71		2079.75	0.000399	5.18	112.48	5.18	0.36	
ambo	75	T= 10 años	273.25	2057.00	2079.16		2079.54	0.001446	2.84	108.07	4.88	0.19	
ambo	50	T= 10 años	273.25	2056.00	2069.66	2069.66	2078.64	0.006717	15.61	41.03	3.05	1.35	
ambo	10	T= 10 años	273.25	2056.00	2071.80	2063.88	2072.78	0.008061	4.36	62.62	3.96	0.35	

Tabla 71*Resultados para un T= 20 años*

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 20 años	304.24	2063.00	2087.89		2088.62	0.000233	4.33	144.14	5.79	0.28
ambo	325	T= 20 años	304.24	2063.00	2088.12		2088.52	0.000122	3.16	176.07	7.01	0.20
ambo	300	T= 20 años	304.24	2063.00	2088.03		2088.51	0.003767	3.07	99.18	3.96	0.20
ambo	295	T= 20 años	304.24	2063.00	2078.93	2077.73	2087.62	0.005200	15.22	48.56	3.05	1.22
ambo	270	T= 20 años	304.24	2062.00	2084.97		2085.03	0.000141	1.11	272.98	11.89	0.07
ambo	237	T= 20 años	304.24	2061.00	2084.94		2085.03	0.000032	1.58	321.07	13.41	0.10
ambo	216	T= 20 años	304.24	2060.00	2084.70		2085.00	0.000083	2.58	173.14	7.01	0.17
ambo	200	T= 20 años	304.24	2059.00	2075.70	2074.20	2084.18	0.004648	14.85	45.82	2.74	1.16
ambo	170	T= 20 años	304.24	2058.00	2080.77		2081.88	0.009235	5.00	69.42	3.05	0.33
ambo	100	T= 20 años	304.24	2057.00	2080.74		2081.87	0.000377	5.35	123.02	5.18	0.35
ambo	75	T= 20 años	304.24	2057.00	2081.24		2081.64	0.001473	2.90	118.21	4.88	0.19
ambo	50	T= 20 años	304.24	2056.00	2070.90	2070.90	2080.66	0.006418	16.17	44.80	3.05	1.34
ambo	10	T= 20 años	304.24	2056.00	2073.47	2064.46	2074.46	0.008060	4.39	69.23	3.96	0.34

Tabla 72*Resultados para un T= 50 años*

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.56		2091.35	0.000218	4.48	159.58	5.79	0.27
ambo	325	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.80		2091.24	0.000113	3.26	194.91	7.01	0.20
ambo	300	T= 50 años	343.46	2063.00	2090.73		2091.23	0.003874	3.13	109.89	3.96	0.19
ambo	295	T= 50 años	343.46	2063.00	2081.59	2079.28	2090.35	0.004170	15.10	56.65	3.05	1.12
ambo	270	T= 50 años	343.46	2062.00	2087.67		2087.73	0.000140	1.13	305.11	11.89	0.07
ambo	237	T= 50 años	343.46	2061.00	2087.64		2087.73	0.000030	1.63	357.23	13.41	0.10
ambo	216	T= 50 años	343.46	2060.00	2087.38		2087.70	0.000076	2.65	191.96	7.01	0.16
ambo	200	T= 50 años	343.46	2059.00	2078.07	2075.77	2086.86	0.003965	14.98	52.31	2.74	1.10
ambo	170	T= 50 años	343.46	2058.00	2083.34		2084.48	0.009409	5.08	77.24	3.05	0.32
ambo	100	T= 50 años	343.46	2057.00	2083.24		2084.46	0.000355	5.54	135.95	5.18	0.35
ambo	75	T= 50 años	343.46	2057.00	2083.79		2084.21	0.001511	2.96	130.66	4.88	0.18
ambo	50	T= 50 años	343.46	2056.00	2072.48	2072.48	2083.14	0.006043	16.78	49.62	3.05	1.32
ambo	10	T= 50 años	343.46	2056.00	2075.58	2065.17	2076.58	0.008060	4.43	77.59	3.96	0.32

Tabla 73*Resultados para un T= 100 años*

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ambo	332	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.54		2093.38	0.000207	4.58	171.06	5.79	0.27
ambo	325	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.80		2093.26	0.000108	3.33	208.92	7.01	0.19
ambo	300	T= 100 años	372.68	2063.00	2092.74		2093.25	0.003942	3.16	117.85	3.96	0.19
ambo	295	T= 100 años	372.68	2063.00	2083.49	2080.43	2092.36	0.003660	15.10	62.44	3.05	1.07
ambo	270	T= 100 años	372.68	2062.00	2089.65		2089.71	0.000139	1.13	328.63	11.89	0.07
ambo	237	T= 100 años	372.68	2061.00	2089.61		2089.71	0.000029	1.67	383.71	13.41	0.10
ambo	216	T= 100 años	372.68	2060.00	2089.35		2089.68	0.000072	2.69	205.75	7.01	0.16
ambo	200	T= 100 años	372.68	2059.00	2079.77	2076.92	2088.81	0.003600	15.11	56.98	2.74	1.06
ambo	170	T= 100 años	372.68	2058.00	2085.21		2086.37	0.009551	5.13	82.92	3.05	0.31
ambo	100	T= 100 años	372.68	2057.00	2085.05		2086.35	0.000340	5.68	145.35	5.18	0.34
ambo	75	T= 100 años	372.68	2057.00	2085.65		2086.08	0.001540	3.00	139.71	4.88	0.18
ambo	50	T= 100 años	372.68	2056.00	2073.61	2073.61	2084.94	0.005823	17.22	53.06	3.05	1.31
ambo	10	T= 100 años	372.68	2056.00	2077.13	2065.67	2078.14	0.008073	4.45	83.74	3.96	0.31

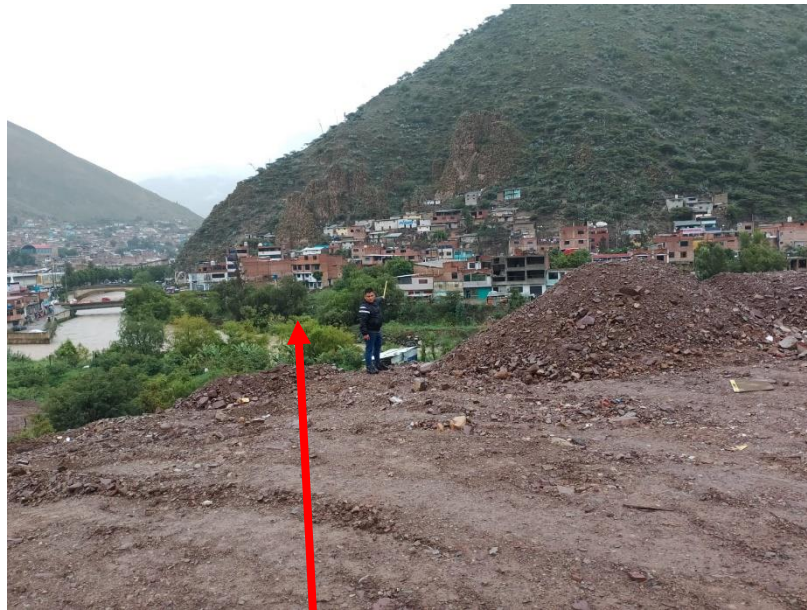
ANEXO 3
PANEL FOTOGRÁFICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Zona vulnerable, donde se indica con las líneas rojas en el proyecto



Zona vulnerable, de la Población en el centro de investigación del proyecto



Zona vulnerable, de la Población en la parte inferior de la investigación del proyecto



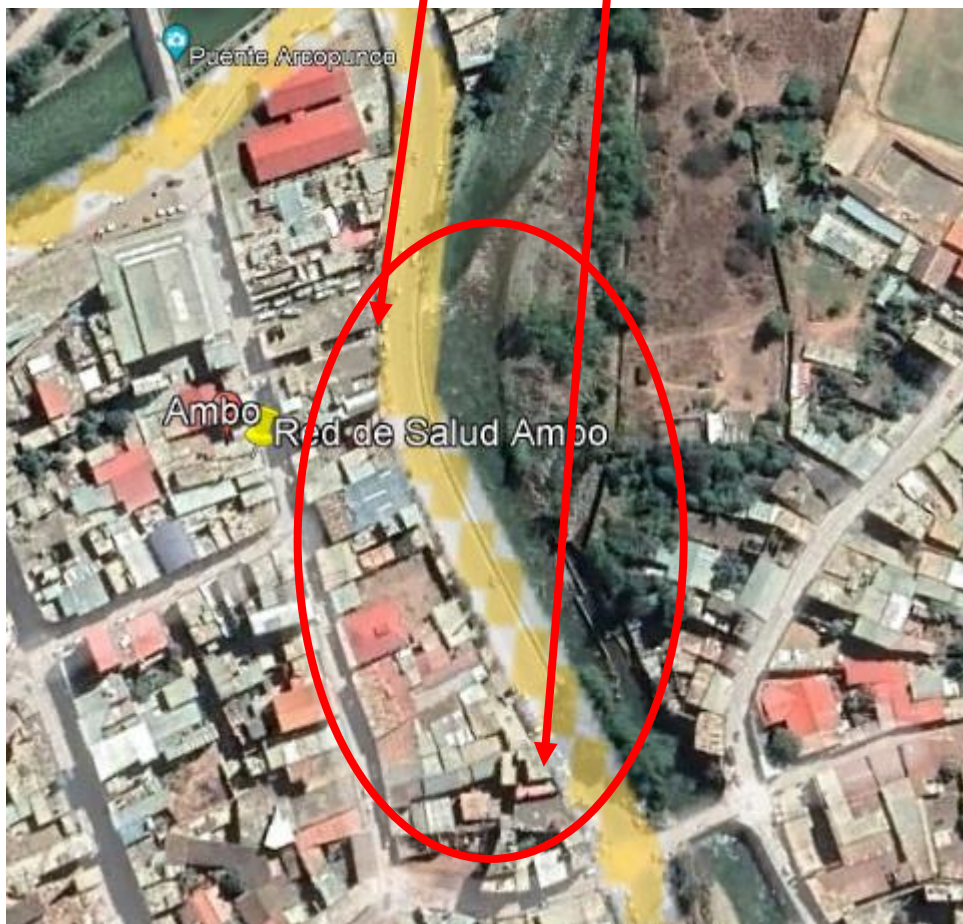
Zona vulnerable, de la Población en la parte inferior de la investigación del proyecto



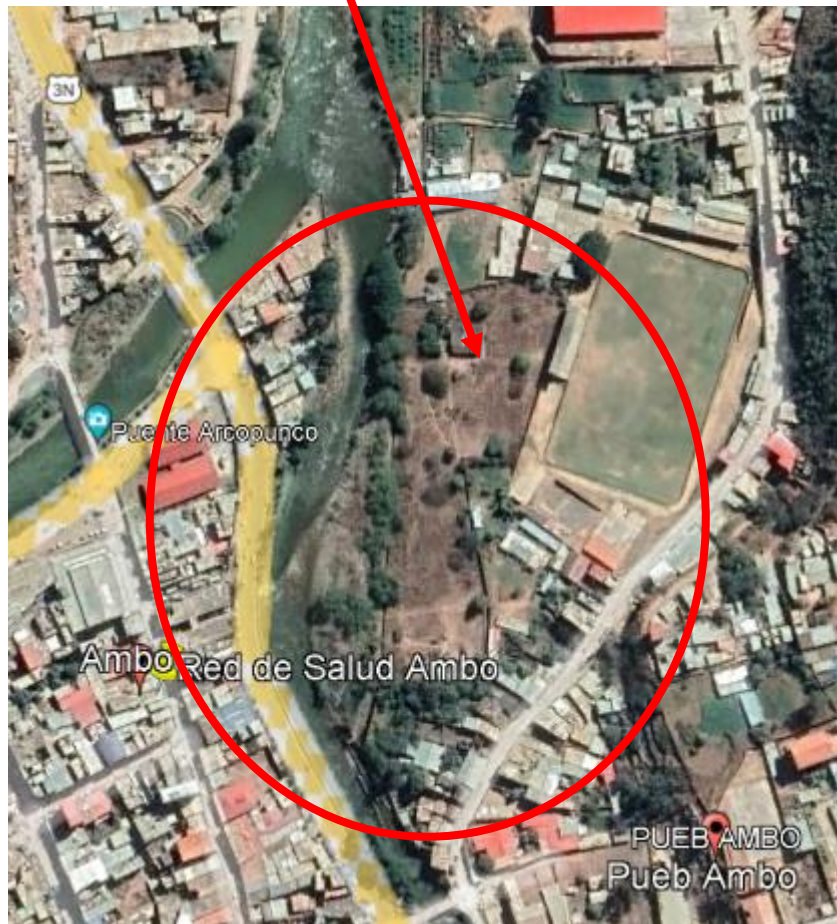
Zona vulnerable, de la Población en la parte inferior de la investigación del proyecto



Zona vulnerable, de la Población en la parte superior de la investigación del proyecto se encuentran viviendas al margen del río



Zona vulnerable, de la Población en la parte inferior de la investigación del proyecto se encuentran viviendas al margen del río



Zona vulnerable, de la Población en la parte del estadio municipal del distrito de Ambo, de la investigación del proyecto.