

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación del riesgo por inundación fluvial en la cuenca del
río Pongora - Comunidad de Pongora - Ayacucho, 2022**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Carlos FELIX PAHUARA

Asesor:

Msc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO

Ayacucho - Perú

2023

Resumen

El principal objetivo de este estudio es evaluar en qué medida la inundación fluvial influye en el nivel de riesgo en la cuenca del río Pongora en la comunidad de Pongora ubicada en el distrito de Jesús Nazareno, en la provincia de Huamanga. Primeramente para obtener el mapa de peligro se necesitara la obtención de la susceptibilidad conformado por los factores condicionantes y desencadenantes, los factores condicionantes esta conformado por la geología, geomorfología y pendiente, el factor desencadenante conformado por la precipitación, el parámetro de evaluación esta conformado por el tiempo de retorno, posteriormente la intersección de la susceptibilidad y el parámetro de evaluación nos da como resultado el peligro y sus respectivos niveles.

Las encuestas utilizadas para crear el mapa de vulnerabilidad empezarán por recopilar datos sobre las dimensiones sociales y económico, donde lo social estará conformado por la exposición y la fragilidad, lo económico con la fragilidad y resiliencia, con esto se obtendrá un mapa de vulnerabilidad a nivel de vivienda.

Finalmente al intersecar el peligro y la vulnerabilidad se obtuvo el mapa de riesgo con sus niveles donde se obtuvo del 100 % del area analizada en viviendas el 6 % en un nivel muy Alto 7 % en nivel alto el 26 % en nivel medio el 61 % en nivel bajo y un area de cultivo afectado de 5.3 Hectáreas. Para la determinación del peligrosidad, la vulnerabilidad y riesgo se uso el procedimiento del [Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres \(CENEPRED\)](#).

Al identificar las zonas de riesgo se propondrá medidas de prevención de riesgo ya sean de tipo estructurales y/o no estructurales.

Palabras clave: Riesgo, Vulnerabilidad, Peligro, Inundación..

Abstract

The main objective of this study is to evaluate to what extent fluvial flooding influences the level of risk in the Pongora river basin in the community of Pongora located in the district of Jesús Nazareno, in the province of Huamanga. Firstly, to obtain the hazard map, it will be necessary to obtain the susceptibility made up of the conditioning and triggering factors, the conditioning factors are made up of geology, geomorphology and slope, the triggering factor is made up of precipitation, the evaluation parameter is made up of the return time, then the intersection of the susceptibility and the evaluation parameter gives us the danger and its respective levels as a result.

The surveys used to create the vulnerability map will begin by collecting data on the social and economic dimensions, where the social will be made up of exposure and fragility, the economic with fragility and resilience, with this a vulnerability map will be obtained at the level of housing.

Finally, when intersecting the danger and vulnerability, the risk map was obtained with its levels where 100 % of the area analyzed in homes was obtained, 6 % at a very high level, 7 % at a high level, 26 % at a medium level, 61 % at low level and an affected cultivation area of 5.3 hectares.

To determine the hazard, vulnerability and risk, the procedure of the National Center for Estimation, Prevention and Reduction of Disaster Risk (CENEPRED) was used.

When identifying risk areas, risk prevention measures will be proposed, whether structural and/or non-structural.

Keywords: Risk, Vulnerability, Danger, Flood..

Introducción

La fuerza de naturaleza es imprevisible e imperdonable principalmente en inundaciones fluviales por lo que conlleva a solucionar estos problemas de inundación, en la localidad de Pongora se produjo el 6 de marzo del 2019 arrasado areas de cultivo en su mayoría, otro evento ocurrió el 11 de febrero del 2011 ocasionando daños en viviendas carreteras y areas de cultivo, gracias a los reportes y entrevista a la población se determino la magnitud de daño ocasionado a lo largo de zona en estudio importante para la modelación y calibración de la inundación.

Se elaborara un estudio geológico, geomorfológico, de precipitación y de pendiente para poder determinar el peligro y un estudio basado en encuestas para determinar la vulnerabilidad.

Al determinar las zonas de riesgo se propondrá medidas que permitan la disminución del riesgo a lo largo de la ribera del rio Pongora con el fin de mejorar la calidad de vida de dicha población.

La presente tesis esta organizada de la siguiente manera:

- **Capítulo 1 – Planteamiento del problema:** En el presente capitulo se desarrolla la descripción del problema, delimitación del problema, formulación del problema, justificación e importancia, limitaciones de la investigación, objetivos generales y específicos. El objetivo principal es que en que medida la inundación fluvial incide en la población de Pongora.
- **Capítulo 2 – Marco teórico:** En el presente capitulo se desarrolla conceptos y teorías acerca del desarrollo de la tesis específicamente del desarrollo de la inundación y del riesgo.
- **Capítulo 3 – Método de la investigación:** En el presente capitulo se desarrolla el enfoque, alcance, diseño de investigación, población y muestra, hipótesis general y específicos, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos, técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y el desarrollo de tesis donde se determinas si hay riesgo por inundación en la comunidad de Pongora.
- **Capítulo 4 –Resultado de la investigación:** En el presente capitulo se muestran los resultados acerca del peligro, vulnerabilidad y del riesgo a nivel de vivienda donde también se determinara perdidas en el area de cultivo.
- **Conclusiones:** en esta sección se propondrá medidas de carácter estructurales y/o no estructurales con el objetivo de disminuir el riesgo generado por la inundación.

A mis padres Teófilo y Susana, por los sabios consejos y el apoyo incondicional en todo momento de mi existencia.

Bach. Carlos FÉLIX PAHUARA

Agradecimientos

A los docentes y administrativos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser parte de mi formación académica.

Al Msc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO por la orientación y asesoramiento durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Msc. Ing. Edward LEÓN PALACIOS y MSc. Ing. Hemersón LIZARBE ALARCÓN por las orientaciones brindadas durante la revisión de la presente investigación.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Ayacucho, 2023

Bach. Carlos FÉLIX PAHUARA

Índice general

	<i>Página</i>
Resumen	i
Introducción	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xii
Acrónimos	xiv
Capítulo I Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Problemática mundial	1
1.1.2 Problemática nacional	2
1.1.3 Problemática regional	3
1.2 Delimitación del problema	4
1.2.1 Espacial	4
1.2.2 Temporal	4
1.2.3 Temática y unidad de análisis	5
1.3 Formulación del problema	5
1.3.1 Problema general	5
1.3.2 Problemas específicos	5
1.4 Justificación e importancia	5
1.5 Limitaciones de la investigación	6
1.6 Objetivos	6
1.6.1 Objetivo general	6
1.6.2 Objetivos específicos	6
Capítulo II Marco teórico	7
2.1 Antecedentes	7
2.1.1 Investigaciones internacionales	7

2.1.2	Investigaciones nacionales	9
2.1.3	Investigaciones regionales	9
2.2	Bases teóricas	11
2.2.1	Cuenca hidrográfica	11
2.2.2	Precipitación	13
2.2.3	Salto y tendencias	15
2.2.4	Hydrognomon para el análisis de frecuencias	19
2.2.5	Precipitación media	22
2.2.6	Tormenta de diseño	24
2.2.7	Precipitación total y efectiva	27
2.2.8	Número de curva (NC)	30
2.2.9	Determinación caudales máximos	32
2.2.10	Datos SIG	35
2.2.11	HEC-RAS 6.2 bidimensional	35
2.2.12	Rugosidad de Manning	36
2.2.13	Propiedades geológicas.	37
2.2.14	Propiedades geomorfológicas	38
2.2.15	Propiedades de pendiente	39
2.2.16	Características sociales	39
2.2.17	Características económicos	39
2.2.18	Riesgo en base a la metodología CENEPRED.	39
2.2.19	Determinación del Peligro	44
2.2.20	Determinación de la Vulnerabilidad	44
2.2.21	Determinación del Riesgo	45
2.2.22	Mitigación de riesgos	46
2.3	Marco conceptual	46
2.3.1	Peligro inminente	46
2.3.2	Plan de ordenamiento territorial	47
2.3.3	Desastres	47
2.3.4	Proceso de estimación del riesgo	47
2.3.5	Resiliencia	47
2.3.6	Medidas estructurales	47
Capítulo III Método de la investigación		48
3.1	Enfoque de la investigación	48
3.2	Alcance de la investigación	48
3.3	Diseño de investigación	48

3.4	Población y muestra	48
3.4.1	Población	48
3.4.2	Muestra	48
3.5	Hipótesis	49
3.5.1	Hipótesis general	49
3.5.2	Hipótesis específicas	49
3.6	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	49
3.6.1	Unidad de análisis	49
3.6.2	VARIABLES	49
3.6.3	Indicadores	49
3.7	Técnicas e instrumentos	50
3.7.1	Técnicas	50
3.7.2	Instrumentos	50
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	51
3.9	Desarrollo del trabajo de tesis	51
3.9.1	Ubicación de la zona en estudio	51
3.9.2	Estudio hidrológico de la cuenca	52
3.9.3	Modelo de inundación con el software HEC-RAS	72
3.9.4	Evaluación del peligro	77
3.9.5	Cálculo de la vulnerabilidad	81
3.9.6	Cálculo del riesgo	86
Capítulo IV Resultados		89
4.1	Análisis e interpretación	89
4.1.1	Riesgo	89
4.1.2	Peligro	90
4.1.3	Vulnerabilidad	92
Conclusiones		93
	Conclusiones	93
	Recomendaciones	93
	Trabajos futuros	93
Referencias bibliográficas		95
Anexos		98

I	Panel Fotográfico	99
II	Hoja de cálculo	105
III	Mapas	128
IV	Secciones transversales	132

Índice de figuras

	<i>Página</i>
Figura 1	Desbordamiento del río Piura en la ciudad de Piura. 2
Figura 2	Desbordamiento del río Pongora en la comunidad de Pongora. 3
Figura 3	Plano de ubicación de la área de estudio 4
Figura 4	Curva con la metodología Isoyetas 24
Figura 5	Intensidad Duración y de período de retorno expresado como frecuencia 25
Figura 6	Hietograma de precipitación de diseño 27
Figura 7	Relación entre Precipitación, Escurrimiento y Retención 28
Figura 8	Lluvia acumulada versus escorrentía 29
Figura 9	Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning para corrientes naturales (n) 37
Figura 10	Mapa de ubicación 52
Figura 11	Cuenca del río Pongora 53
Figura 12	Curva hipsométrica de la cuenca Pongora 55
Figura 13	Altitud mas frecuente 55
Figura 14	Cuenca Pongora delimitada con HEC-GeoHms 56
Figura 15	Determinación de numero de curva(NC) con HEC-GeoHMS 57
Figura 16	Preproceso del HEC-HMS en el HEC-GeoHMS 58
Figura 17	Códigos del PISCO SENAMHI en el software RStudio 59
Figura 18	Histograma de Precipitación cuenca Pongora entre los años 1981 y 2016 60
Figura 19	Cuenca Pongora representado en el Software RStudio 60
Figura 20	Histograma para la cuenca Pongora 62
Figura 21	Análisis de saltos y tendencias cuenca Pongora 62
Figura 22	Reporte Hydrognomon para la selección Visual en la cuenca Pongora 66
Figura 23	Determinación de precipitación maxima para la distribución Gamma 67
Figura 24	Hietograma para los tiempos de retorno siguientes 70
Figura 25	Modelamiento con el software HEC-HMS en la cuenca Pongora 71
Figura 26	Estacionamiento de GPS diferenciado para la georreferenciación 72
Figura 27	DEM de toda el área de estudio 73
Figura 28	Rugosidades de manning representadas en área de colores 74
Figura 29	Hidrograma de la cuenca Póngora 76
Figura 30	Simulación de inundación para la comunidad de Pongora (TR=100 años) 76
Figura 31	Simulación de inundación para un TR de 10 años 77

Figura 32	Flujograma de peligro	78
Figura 33	Flujograma de vulnerabilidad	82
Figura 34	Niveles de riesgo por vivienda	89
Figura 35	Area versus niveles de riesgo	90
Figura 36	Niveles de peligro en la área de estudio	90
Figura 37	Area versus niveles de peligro	91
Figura 38	Mapa de vulnerabilidad y niveles.	92
Figura 39	Número de viviendas versus niveles de vulnerabilidad.	92
Figura 40	Vista panorámica a través del dron de las riberas del río Pongora	100
Figura 41	Instalación de barreras con troncos provisionales por parte de la población para impedir el desborde de río	100
Figura 42	Encuesta realizada a pobladora de la comunidad de Pongora	101
Figura 43	Caudal del río Pongora en épocas de estiaje	101
Figura 44	En la imagen se observa que la actividad principal del comunidad de Pongora es la Agricultura	102
Figura 45	No existe alumbrado publico solo postes de transmisión eléctrica	102
Figura 46	Reunion con las autoridades después de la inundación ocurrida el 6 de marzo del 2019	103
Figura 47	Ficha de encuesta	104
Figura 48	Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora	112
Figura 49	Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora	112
Figura 50	Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora	113
Figura 51	Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora	113
Figura 52	Modelamiento de inundación para un TR de 10 años.	129
Figura 53	Modelamiento de inundación para un TR de 50 años.	129
Figura 54	Modelamiento de inundación para un TR de 100 años.	130
Figura 55	Modelamiento de inundación para un TR de 200 años.	130
Figura 56	Modelamiento de inundación para un TR de 500 años.	131

Índice de tablas

	<i>Página</i>
Tabla 1 Diversas Fórmulas para determinar el TC	13
Tabla 2 Valores de Kn para tamaño de muestra.	18
Tabla 3 Factor de ajuste por número de observación diarias	19
Tabla 4 Clasificación de (AMC)	30
Tabla 5 Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana del autor Ven Te Chow	31
Tabla 6 Clasificación de pendientes en rangos	39
Tabla 7 Índice aleatorio de acuerdo a “n”	43
Tabla 8 Escala numérica verbal y explicación (método de SAATY)	43
Tabla 9 Operacionalización de Variables.	49
Tabla 10 Parámetros morfométricos de la cuenca Pongora	54
Tabla 11 Determinación de Numero de Curva	57
Tabla 12 Resultados de cálculo de tiempo de concentración para la cuenca Pongora	59
Tabla 13 Registro de precipitación para la cuenca Pongora	61
Tabla 14 Saltos y tendencias en la cuenca Pongora Proporcionado por el software TREND	63
Tabla 15 Resultados por el método de ajuste de Smirnov Kolmogorov	64
Tabla 16 Resultados por el método de ajuste de CHI Cuadrado	65
Tabla 17 Resultados de precipitaciones máximas usando la distribución Gamma para los siguientes tiempos de retorno	68
Tabla 18 Precipitación de diseño generada	69
Tabla 19 Caudales para modelamiento en HEC-RAS para un TR=100 años	75
Tabla 20 Resumen del desarrollo del peligro	80
Tabla 21 Determinación de la peligrosidad	80
Tabla 22 Niveles con sus respectivos rangos de peligro	81
Tabla 23 Nivel, descripción y rango de peligro (Estratificación de Peligro)	81
Tabla 24 Desarrollo de la vulnerabilidad con sus pesos respectivos	84
Tabla 25 Peso y valores de la dimensión Social	85
Tabla 26 Peso y valores de la dimensión Económica	85
Tabla 27 Nivel de vulnerabilidad y sus respectivos rangos	85
Tabla 28 Estratificación de los niveles de vulnerabilidad	86
Tabla 29 Calculo de los valores de riesgo	87

Tabla 30	Riesgo y sus niveles	87
Tabla 31	Matriz de Riesgo	87
Tabla 32	Estratificación de los niveles de Riesgo	88
Tabla 33	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro de evaluación	106
Tabla 34	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro precipitación anómala	107
Tabla 35	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia de la Ponderación de parámetros	108
Tabla 36	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Geomorfológico	109
Tabla 37	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Geológico	110
Tabla 38	Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Pendiente	111
Tabla 39	Vector de priorización de las dimensiones social y económica	114
Tabla 40	Vector de priorización de los factores de la dimensión social, económica.	114
Tabla 41	Vector de priorización de los parámetros utilizados en el factor exposición de la dimensión social	114
Tabla 42	Matriz de normalización del factor fragilidad Social	115
Tabla 43	Matriz de normalización del factor fragilidad Económica	116
Tabla 44	Vector de priorización del factor resiliencia económica	117
Tabla 45	Matriz de normalización del parámetro grupo etario	118
Tabla 46	Matriz de normalización del parámetro cercanía de la vivienda ala zona de peligro	119
Tabla 47	Matriz de normalización del parámetro Abastecimiento de agua	120
Tabla 48	Matriz de normalización del parámetro Acceso a la red de desagüe	121
Tabla 49	Matriz de normalización del parámetro Acceso a servicio de alumbrado	122
Tabla 50	Matriz de normalización del parámetro Material predominante - pared	123
Tabla 51	Matriz de normalización del parámetro Material predominante - techo	124
Tabla 52	Matriz de normalización del parámetro Estado de conservación de la vivienda	125
Tabla 53	Matriz de normalización del parámetro ocupación principal (jefe de hogar)	126
Tabla 54	Matriz de normalización del parámetro Organización comunitaria	127

Acrónimos

ANA	Autoridad Nacional del Agua
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
DEM	Modelo Digital de Elevación
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GRD	Gestión de Riesgos de Desastres
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Información
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PAJ	Proceso de Análisis Jerárquico
PISCO	Interpolación Peruana de las Estaciones Climatológicas e Hidrológicas
RPAS	Sistema de Aeronaves Pilotadas a Distancia
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIG	Sistema de Información Geográfica
TC	Tiempo de concentración
TIN	Red irregular de triángulos
VANT	Vehículo Aéreo no Tripulado

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

1.1.1 Problemática mundial

Según ([Armero et al. 2021](#))

Las inundaciones son un problema frecuente en las corrientes fluviales en el mundo entero por ejemplo en Europa según la base de datos de desastres que realiza la universidad belga de Lovaine, (en el periodo de 2010-2020 se registraron 218). Por ejemplo, en apenas 10 años (1998-2009) se registraron más de 213 inundaciones de grandes dimensiones, con grandes impactos tanto económicos y materiales como sociales (incluyendo aquí desplazamientos y fallecimientos).

Algunos países de la unión Europea presentan riesgos muy elevados, por ejemplo, de riesgo de inundaciones costeras, como es el caso de los países bajos. En estos países, existen importantes sistemas de control de cara a las inundaciones procedentes del mar, tanto por fuertes marejadas ciclónicas como por el progresivo aumento del nivel de las aguas. En otros países europeos, el problema reside en el desbordamiento de ríos de muy grandes dimensiones, como es el caso del Danubio o del Rin.

Asimismo, la gestión de las inundaciones por parte de las instituciones europeas tiene su punto de partida en la directiva 2007/60/EC4, que establece que todos los países miembros de la Unión deben evaluar si sus cursos fluviales y costas presentan riesgos de inundación, y, en base a la información obtenida, evaluar los daños y perjuicios para personas, bienes y entorno, derivando todo esto en la elaboración y aplicación de medidas para mitigar los impactos. El objetivo de esta directiva es, por tanto, reducir y controlar los riesgos asociados a los procesos de inundación.

1.1.2 Problemática nacional

Según (Sardon Quispe et al. 2022) menciona que:

En el Perú, según la historia ocurrió grandes inundaciones como en el año (1982 – 1983, 1997 - 1998) afectando la costa norte del país con lluvias e inundaciones, prácticamente la totalidad de las cuencas de la costa tuvieron gran actividad por efecto de lluvias que originaron incremento de caudales, erosión hídrica, activación de quebradas secas, formación de avalanchas de lodo de diverso tamaño que aportaron materiales sólidos hacia las partes bajas de los valles, causando sedimentación y colmatación de cauces, contribuyendo así a los desbordes y consiguientes inundaciones. Estudios recientes muestran que se espera que la frecuencia de las grandes inundaciones aumente en muchos lugares del mundo en el Perú en los últimos cinco siglos han ocurrido aproximadamente 120 episodios de El Niño, según las investigaciones históricas recopiladas por Quinn, Neal, y Antúnez de Mayolo. En efecto, se presume que la exposición a las inundaciones se multiplicará por tres en el año 2050 debido a un incremento de la población y los activos económicos en las zonas propensas a inundaciones (Hamidifar & Nones, 2021).

Figura 1

Desbordamiento del río Piura en la ciudad de Piura.



Fuente: <https://es.mongabay.com/2017/03/peru-rios-inundacion-nino-costero-piura/>.

1.1.3 Problemática regional

Según (Quillama, 2019) manifiesta que:

En el departamento de Ayacucho se han registrado 1195 reportes por inundaciones y precipitaciones anómalas en el Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres – SINPAD (Periodo enero 2003 – octubre 2017), registrándose en total 30 fallecidos, 7 personas desaparecidas, 37 Heridos, 29222 personas damnificadas y un total de 150759 personas afectadas. En el año 2016 la Tesis elaborado por Héctor Gonzales Fernández que lleva por título “análisis del riesgo por inundaciones en la cuenca del rio Yucaes sector Muyurina - Ayacucho, 2014”, este estudio establece un estudio hidrológico de la cuenca hidrográfica del rio Yucaes, y del estudio hidráulico de la misma cuenca sector Muyurina, lo cual promueve a la evaluación y delimitación de las zonas inundables y cálculo de las zonas de flujo preferente; zonas de grave, medio o bajo riesgo para las áreas agrícolas, bienes y personas de este valle Muyurina comprendido a 2+000 km aguas arriba, ubicado en el distrito de Tambillo, provincia Huamanga, departamento Ayacucho – Perú. Nuestro tema a desarrollar es los desbordamientos del río Pongora y las inundaciones constantes que ocurren de manera natural. El efecto negativo que éstas generan se debe a la existencia de asentamientos humanos y a la creciente expansión de las actividades agrícolas. Por otra parte, las obras de defensa adecuadas son insuficientes. Ante esta problemática, el objetivo de este trabajo fue identificar las áreas inundables actuales y determinar las zonas de riesgo de inundación. De esta manera evitar futuros desastres naturales causados por la crecida del río Pongora.

Figura 2

Desbordamiento del río Pongora en la comunidad de Pongora.



Fuente: Municipalidad de Jesus Nazareno

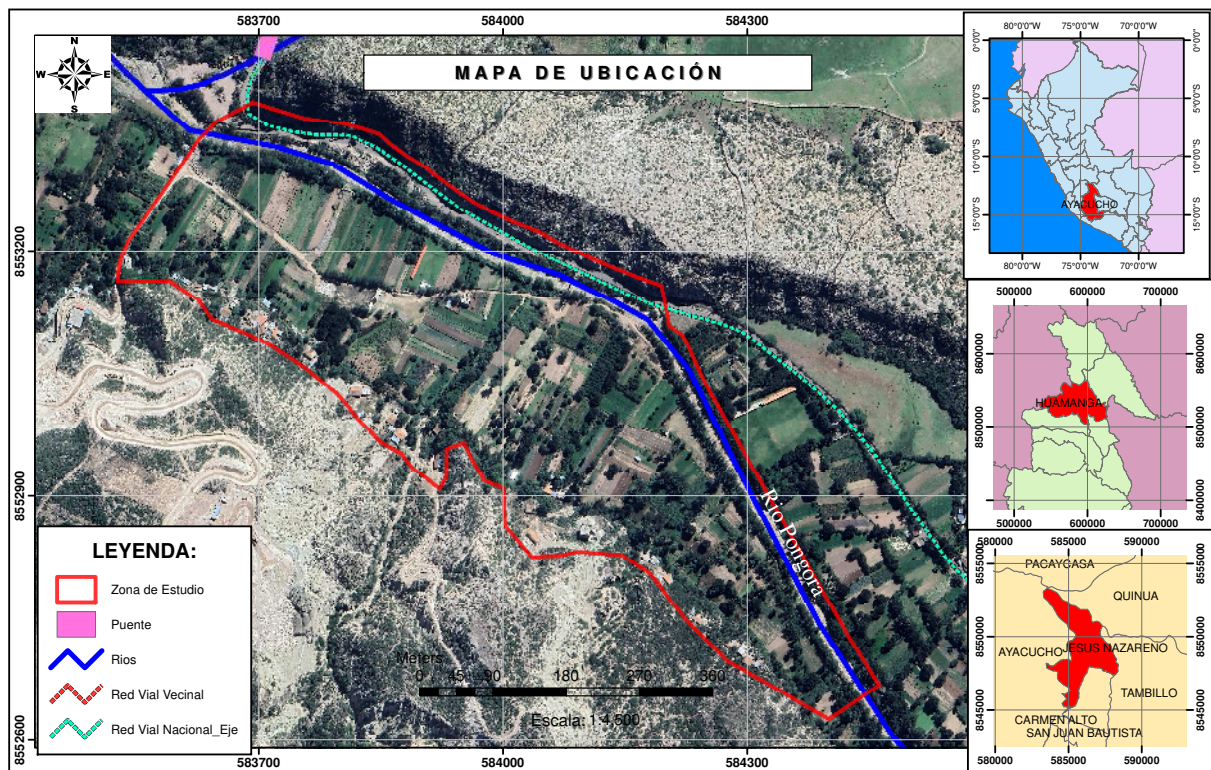
1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial

País : Perú
Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Jesús Nazareno y Quinua
Comunidad : Pongora
Ubigeo : 50115
Latitud Sur : 13° 5' 11"S
Longitud Oeste : 74° 13' 27"W
Altitud : 2463 msnm

Figura 3

Plano de ubicación de la área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

1.2.2 Temporal

La presente investigación se realizó en los tiempos de crecida de los ríos exactamente en los meses de enero, febrero y marzo del año 2022.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

La investigación tiene como tema la evaluación del riesgo por inundación fluvial en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.

La unidad de análisis es el río Pongora.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de la inundación fluvial en el nivel de riesgo en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022?

1.3.2 Problemas específicos

- ① ¿Cómo la morfometría de la cuenca influye en el nivel de peligro en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022?
- ② ¿Cómo el caudal influye en el nivel de vulnerabilidad en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022?

1.4 Justificación e importancia

Seguidamente se exponen las principales motivos. Sin considerar las zonas y riesgos potenciales en los que se asientan, el crecimiento poblacional en la comunidad de Pongora se manifiesta en una expansión desordenada y desorganizada, como la construcción de nuevas viviendas en la periferia del cauce y también la ampliación de las áreas de cultivo, aumentando su vulnerabilidad ante cualquier fenómeno hidrometeorológico natural, esto es especialmente cierto si tenemos en cuenta la situación geográfica en la que se encuentra.

Una parte considerable de la población está en peligro debido al cambio climático, que acorta la temporada de lluvias pero intensifica las precipitaciones, provocando inundaciones, flujos de escombros, corrimientos de tierras, etc.

Este proyecto de investigación permitirá contribuir a la comunidad de Pongora situado en el margen izquierdo del cauce del río Pongora, que se encuentran vulnerables a la inundación fluvial de sus áreas de cultivo, construcciones de viviendas a pérdidas económicas y otros sucesos que perjudican la calidad de vida de sus pobladores durante la crecida del río Pongora.

La comunidad de Pongora, situada en el margen izquierda del río Pongora siendo vulnerable a las inundaciones especialmente en las zonas agrícolas, la construcción de viviendas en las riberas del río,

las pérdidas económicas y otros sucesos que repercuten en la vida cotidiana de sus habitantes durante las crecidas del río Pongora.

La creación de mapas de inundaciones mediante la modelización hidráulica bidimensional de las zonas inundables de los cauces fluviales permite evaluar las alturas, áreas y velocidades alcanzadas en este campo de investigación.

Además de comprender cómo prepararse para las crecidas previstas del río Pongora, también debe ser capaz de evaluar los efectos potenciales que podrían tener los fenómenos de origen naturales.

1.5 Limitaciones de la investigación

Esta investigación por su naturaleza debe contar con datos de estaciones meteorológicas y encuestas. Sin embargo, falta de compromiso de los miembros de la comunidad de Pongora demuestra que no están interesados en este esfuerzo de estudio. Por lo cual se debe proveer los gastos y limitaciones al acceso de la información sin que esto signifique restar su valor de encontrar una investigación significativa.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar en qué medida la inundación fluvial influye en el nivel de riesgo en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022

1.6.2 Objetivos específicos

- ① Determinar la influencia de la morfometría de la cuenca en el nivel de peligro en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.
- ② Determinar la influencia del caudal en el nivel de vulnerabilidad en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.

Marco teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

[García et al. \(2017\)](#), en este artículo científico “Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia)”.

Desarrolló mediante una metodología participativa de involucrados, que incluye a la población afectada, dirigentes de las comunidades, técnicos y autoridades municipales que posibilitaron la recolección de la información a partir de la percepción local, complementado con mapas con probabilidad de riesgos de inundaciones. Los resultados del análisis de riesgo determinan que el municipio de Santa Ana del Yacuma, se encuentra en un nivel de riesgo que fluctúa entre “muy alto”, “alto” y “medio” no encontrándose sectores con nivel de riesgo “bajo” o sin riesgo. Las medidas de mitigación para este riesgo latente y recurrente, se priorizaron según la zonificación del mapa de riesgos y el tiempo de su aplicación (inmediata, mediata y largo plazo), considerando también acciones estratégicas que fortalezcan la capacidad de coordinación de las autoridades y la resiliencia de la población en general.

[Quiroz et al. \(2013\)](#), en este artículo científico “Modelo de anegamiento y estrategia de predicción prevención del riesgo de inundación en áreas de llanura: el sudeste de la provincia de Buenos Aires como caso de estudio”.

En este documento se analizan las últimas tres inundaciones ocurridas en la cuenca del río Quequén Grande, correspondientes a los años 1980, 1998 y 2002. Para esto se utilizaron datos de precipitación, caudal e imágenes de satélite, todo enmarcado dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se estableció el comportamiento de la lluvia y los caudales antes y durante los eventos de inundación, tiempos de respuesta y datos estadísticos relevantes. Con las imágenes de satélite y utilizando técnicas clásicas de procesamiento digital se obtuvieron mapas de áreas inundables para los años 1998 y 2002, logrando la cuantificación de las zonas afectadas en cada evento. Se generó además un modelo de zonas con mayores probabilidades

de anegamiento utilizando información de suelos, espesor de zona no saturada, pendiente y orientación del terreno. Cada una de estas coberturas fue rasterizada y reclasificada según su potencial aporte a la acumulación de agua en superficie, asignado valores altos a aquellas zonas con mayor potencialidad de anegamiento. Una multiplicación entre las diferentes coberturas y una reclasificación final permitió establecer el mapa de mayor probabilidad de anegamiento. Este último mostró una importante similitud con el mapa de áreas inundadas, por lo que puede ser considerado como una buena aproximación en la determinación de dichas áreas. Por último, se dan recomendaciones sobre las estaciones que deben instalarse para el monitoreo y prevención de este tipo de eventos en la zona.

Vera (2018), en esta tesis titulada “Susceptibilidad a inundaciones por intensas lluvias en la parte céntrica de la Parroquia Abdón Calderón del Cantón Portoviejo”.

Desarrolló en el ámbito de la gestión de riesgos frente a las inundaciones con la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar la susceptibilidad a inundaciones en la parte céntrica de la parroquia Abdón Calderón del cantón Portoviejo en donde existen características geográficas y climáticas que crean condiciones favorables para la ocurrencia de este fenómeno (bajas pendientes, composición edáfica con importante presencia de arcilla y existencia de patrones de intensas precipitaciones en etapa invernal. En el presente trabajo se propuso determinar la susceptibilidad a inundaciones a la que está sometida el área de investigación mediante el análisis de datos cartográficos y los mapas temáticos de pendiente y suelo con una metodología de ponderación de importancia de las variables mencionadas de acuerdo con la evaluación cualitativa realizada preliminarmente mediante visitas de observación y toma de datos referenciales in situ. El resultado fue la obtención de un mapa de susceptibilidad donde se puede observar el nivel de susceptibilidad alta, media y baja en la parte céntrica de la parroquia Abdón Calderón.

Lucas (2014), en esta tesis titulada “Análisis del riesgo por inundación en la localidad de Roblecito, cantón Urdaneta: propuesta de medidas de mitigación”.

El objetivo de este trabajo fue analizar el riesgo de inundación en la localidad de Roblecito y proponer medidas correctivas para disminuir los potenciales daños que se producirían, la primera etapa fue la determinación de la vulnerabilidad global para lo cual se estudiaron 7 tipos de vulnerabilidad: ambiental, física, económica, social, educativa, cultural y científica. En la segunda etapa se realizó un análisis a nivel de microcuenca mediante mapas de: elevación, pendiente, curvatura, TWI, SPI, número de curva y distancia al río, para determinar el grado de amenaza, posteriormente con el uso de sistemas de información geográfica se generaron los mapas de vulnerabilidad y amenaza para determinar el riesgo. Los resultados mostraron altos niveles de vulnerabilidad en gran parte del área de estudio mientras que la amenaza

fue caracterizada como muy alta, en base a estos cálculos se determinó que la mayor parte del poblado se encuentra expuesto a un riesgo alto y muy alto por inundación por lo cual se proponen medidas de prevención, mitigación y respuesta.

2.1.2 Investigaciones nacionales

[Soria et al. \(2015\)](#) en este artículo científico “Riesgo de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú”.

Desarrollaron la metodología empleada para la elaboración de la cartografía de riesgo se basó en el trabajo de Camarasa y Soriano (2008, 2012), como referencia para la identificación de las unidades de peligro de inundación y vulnerabilidad, a partir de las cartografías de geomorfología, uso actual del suelo, valoración económica del suelo y exposición humana. Los resultados manifiestan que, en la cartografía de riesgo de inundación, la unidad predominante fue el de riesgo “alto” que representó el 65.36 % del área de estudio; en contraste, las unidades con riesgo “bajo y medio” constituyeron el 25.21 %. Se propone el crecimiento urbano de la ciudad para los próximos veinte años hacia el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, por tener condiciones de relieve alto, tales como las terrazas medias, altas, y colinas bajas.

[Doménech et al. \(2008\)](#) en esta investigación “Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio”.

Se presenta un inventario de núcleos de población que se encuentran en situación de riesgo por inundaciones fluviales en Aragón. La identificación y diagnóstico de estos núcleos se ha realizado mediante fotointerpretación. Los casos de estudio se han catalogado en función del tipo de curso fluvial que los atraviesa y la densidad de poblamiento que puede verse afectada en las inundaciones. La información se ha analizado por provincias, por tipología de cursos fluviales y por la densidad de edificaciones. La evaluación de los núcleos en riesgo se ha realizado con evidencias de crecidas históricas, actuaciones en cauces que minimicen la peligrosidad y la inclusión del núcleo en el Plan Especial de Protección Civil ante inundaciones en la Comunidad Autónoma de Aragón. Esta evaluación preliminar del riesgo debe ser útil para la ordenación del territorio a escala autonómica por lo que se proponen líneas de actuación para el futuro.

2.1.3 Investigaciones regionales

[Poma \(2020\)](#) en esta tesis titulada “Evaluación del peligro por inundación pluvial de la Quebrada Santa Cecilia, Huamanga, Ayacucho, 2020”.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el peligro por inundación pluvial de la Quebrada Santa Cecilia, expresándolo en niveles de peligrosidad e identificando los parámetros de evaluación; y los factores condicionantes y desencadenantes del área en estudio. La metodología del [CENEPRED \(2014\)](#), Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos

Naturales (Vol. II) explica la forma de determinar los parámetros del peligro y sus descriptores; ponderándolos según el método de Saaty. El Sistema de Información Geográfica (SIG) permite conocer y elaborar los mapas geológicos, geomorfológicos, de pendientes y de precipitación; para sintetizarlos en mapas de peligrosidad. El enfoque cuantitativo muestra una metodología básica para el tipo de investigación con un diseño no experimental. Finalmente, se concluye que la Quebrada Santa Cecilia es una zona crítica expuesta al fenómeno de inundación pluvial que muestra los siguientes rangos de peligrosidad: Peligro muy alto (50.3 % - 26 %), peligro alto (26 % - 13.4 %), peligro medio (13.4 % - 6.8 %) y peligro bajo (6.8 % - 3.5 %), esto indica que la población de la zona podría verse gravemente afectada ante fuertes precipitaciones pluviales.

[Arango \(2021\)](#) en esta tesis titulada “Modelamiento geoespacial para evaluar la vulnerabilidad ambiental, ante la ocurrencia de inundaciones, en la zona de Accomayo, Región Ayacucho, 2021”.

El presente estudio planteó como objetivo principal el “desarrollo de un modelamiento geoespacial que permita evaluar los procesos de vulnerabilidad ambiental, ante la ocurrencia de inundaciones en la zona de Accomayo”. Para ello se usó la metodología propuesta por INDECI y CENEPRED en la identificación y evaluación de los riesgos y vulnerabilidades de la zona afectada. Se usó técnicas tales como encuestas, y mapas temáticos para la representación de las vulnerabilidades de las zonas. Se analizó las variables económicas, sociales y ambientales, incidiendo en el indicador ambiental, específicamente en las variables meteorológicas, hidrológicas, cobertura vegetal, tipo de suelo, entre otros. Los parámetros fueron representados en siete (07) mapas temáticos. El trabajo pudo identificar la probabilidad de ocurrencia de inundaciones, el grado de debilidad o exposición e identificar los lugares que pueden estar en peligro de inundación en el futuro.

[León \(2014\)](#) en esta tesis titulada “Estimación de riesgo de desastre en las quebradas de Santa Cecilia y Pilacucho del barrio Santa Ana, Ayacucho”.

Aplicó toda una metodología de Parámetros y Niveles de Vulnerabilidad recomendadas por el Centro Nacional de Estimación, Reducción y Prevención del Riesgo Desastre (CENEPRED) y, como resultado se obtuvo; la Quebrada de Pilacucho, es una zona crítica expuestos a peligros recurrentes de mayor incidencia como la inundación y la contaminación ambiental, que representan RIESGOS MUY ALTOS. En cambio, el índice de prevalencia de vulnerabilidad es de 80 %, considerada VULNERABILIDAD MUY ALTA, lo que significa las poblaciones tienen deficientes respuestas para enfrentar los efectos negativos de los desastres naturales y ambientales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cuenca hidrográfica

Según Villón (2002, p. 21) manifiesta que:

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

2.2.1.1 Parámetros morfológicos de cuencas

Área de la cuenca:

Delimitando la cuenca a una región proyectada sobre un plano horizontal se obtiene la superficie de la cuenca. Suelen ser muy asimétricas, por lo que resulta imposible calcularlas con métodos geométricos. Pero hay formas de calcularlas: mediante una balanza analítica, un planímetro o técnicas computacionales (Aroni y Pareja, 2020).

Perímetro de la cuenca:

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

Longitud axial:

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

Ancho promedio:

Según Benítez (2016, p. 20) “es la relación entre el área de la cuenca y la longitud axial de la misma”. La ecuación es la siguiente:

$$B = \frac{A}{LA} \quad (2.1)$$

Donde: B = Ancho Promedio (km), A = Área de la cuenca (km^2), LA = Longitud axial de la cuenca (km), (Benítez, 2016).

Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc): “Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo que tenga igual superficie que la de la cuenca” (Benítez, 2016, p. 19).

$$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2.2)$$

Donde: K_c = Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius (adimensional), P = Perímetro de la cuenca (km), A = Área de la cuenca (km^2), (Benítez, 2016).

“El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía; lo cual indica que entre más bajo sea K_c mayor será la concentración de agua” (Villón, 2002).

Longitud de cauce principal “La longitud de la cuenca está definida como el máximo recorrido de la escorrentía de la cuenca o como la distancia entre la fuente más lejana y el nudo de aforo” (Villón, 2002).

Pendiente del cauce principal “Es la relación entre el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo”(Villón, 2002).

Tiempo de concentración “Se define como el tiempo necesario para que el agua fluya desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida” (Villón, 2002).

► **Tabla 1**

Diversas Fórmulas para determinar el TC

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C).L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

Nota. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) 2012.

2.2.2 Precipitación

Según Villón (2002) “es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser de forma: lluvia, granizada, garúas, nevadas”.

2.2.2.1 Medición de la precipitación

“Se representa en milímetros y se calcula como la altura de la lámina de agua (hp). Si la precipitación permaneciera donde cayó, esta altura de lámina de agua representa el agua que se acumularía en una superficie horizontal”(Villón, 2002).

2.2.2.2 PISCO-SENAMHI

Según Aybar et al. (2017) manifiesta:

El SENAMHI, a través de su Dirección de Hidrología - DHI, ha desarrollado desde las 2013 investigaciones para evaluar la calidad de los diferentes productos satelitales disponibles a nivel global, para lo cual realizó un arduo trabajo de validación con información de estaciones terrenas, obteniendo resultados óptimos para algunas zonas del país y bajos para otras. La meta propuesta que inspiró dichos trabajos fue mejorar la representación espacial de lluvias en el Perú usando los datos del sensoramiento remoto como covariables para su asimilación en modelos hidrológicos y desarrollo de productos para monitoreo de sequías e inundaciones.

A través de su Dirección de Hidrología (DHI), el SENAMHI viene realizando desde 2013 una investigación para evaluar la calidad de los distintos productos satelitales que se ponen a disposición a escala mundial. Para ello, emprendió un laborioso proceso de validación a partir de datos provenientes de estaciones terrestres, arrojando resultados excelentes para algunas regiones del país, pero mediocres para otras. El objetivo propuesto que sirvió de inspiración para este trabajo fue mejorar la representación espacial de las precipitaciones en Perú utilizando datos de teledetección como covariables para su incorporación en modelos hidrológicos y la creación de productos para el seguimiento de sequías e inundaciones.

Esta experiencia ganada en todo este proceso tuvo su mejor momento a mediados del año 2014 cuando se obtiene para el Perú la primera base de datos espacial de precipitación a paso de tiempo mensual, a una resolución de grilla de 0.05° para una serie que se inicia en enero de 1981 hasta el presente. Dichos datos son parte de la base de datos denominada PISCO (*Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations*) “Interpolación peruana de las estaciones climatológicas e hidrológicas de Senamhis”, siglas en inglés para su difusión internacional. Para la construcción del producto PISCOp fue necesario utilizar como covariable, la base de datos global del proyecto CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitation with Station data).

2.2.2.3 Metodología para la generación de PISCO

Procesos de descarga de datos PISCO-SENAMHI diarias y mensuales:

- Control de calidad de la información pluviométrica.

- Análisis exploratorio (AE) de la información satelital.
- Mezcla de datos basado en técnicas geoestadísticas (mensual) y determinísticas (diario).

2.2.2.4 La validación del producto PISCOp

Según [Aybar et al. \(2017\)](#) expresa que:

El método de mezcla de datos utilizados en PISCOp parten de la hipótesis de que la variabilidad espacial de la precipitación es bien capturada por el producto CHIRPM, por lo que se espera que los residuales presente autocorrelación espacial significativa (por lo menos a paso de tiempo mensuales).

2.2.2.5 Versiones liberadas del producto PISCO

[Aybar et al. \(2017\)](#) expresa que:

Las primeras versiones de PISCO precipitación (1.0 y 1.1) se caracterizan por la falta de completación de la serie de datos, lo cual repercute directamente en la generación de quiebres artificiales sobre todo a partir del 2010.

La versión 1.0 solo genera datos mensuales, los datos de pluviómetros no presentan completación por lo que se evidencia la formación de fuertes quiebres sobre todo a partir del 2010. Esto se debe también a que CHIRPS solo considera mediciones de pluviómetros para el periodo 1981-2010, este tipo de inconsistencia ha sido reportada por diversos usuarios sobre todo para los Andes y la Amazonia. Actualmente el producto PISCO v1.x no presenta soporte para su continuidad.

2.2.3 Saltos y tendencias

Para comprobar si los datos descargados del PISCO SENAMHI son consistentes se evalúa con el programa TREND.

2.2.3.1 Software TREND

Los autores ([Chiew y Siriwardena, 2005](#)) expresan lo siguiente:

El objetivo de TREND es facilitar la realización de análisis estadísticos de tendencias, cambios y aleatoriedad en datos hidrológicos y de otras series. La tendencia tiene 12 pruebas estadísticas, basadas en el taller de expertos [Organización Meteorológica Mundial \(OMM\)](#) de la UNESCO sobre la detección de tendencias/cambios y en las recetas hidrológicas de publicación Hidrológica de la Hidrología de captación.

Los saltos se observa cuando en un histograma un conjunto de datos no mantiene la homogeneidad frente a otro conjunto de datos de precipitación

Las pruebas encontradas en el software TREND son las siguientes:

La prueba de Mann-Kendall (prueba no paramétrica de tendencia), RHO de Spearman (prueba no paramétrica de tendencia), Regresión lineal (prueba paramétrica de tendencia), Cusum sin distribución (prueba no paramétrica para salto de paso en la media), Desviación acumulativa (prueba paramétrica para saltar en la media), Ratio de probabilidad de Worsley (prueba paramétrica para salto de paso en la media), Suma de rango (prueba no paramétrica para la diferencia en la mediana de dos períodos de datos), T de estudent (prueba paramétrica para la diferencia en la media de dos períodos de datos), Crossing mediano (prueba no paramétrica de aleatoriedad).

Según Chiew y Siriwardena (2005) manifiesta:

pruebas paramétricas suponen que los datos de la serie temporal y los errores (desviaciones de la tendencia) siguen una distribución particular (generalmente distribución normal). Las pruebas paramétricas son útiles ya que también cuantifican el cambio en los datos (por ejemplo, magnitud del cambio en la media o gradiente de la tendencia). Las pruebas paramétricas son generalmente más poderosas que las pruebas no paramétricas. Cuando se viola la suposición de datos normalmente distribuidos, el análisis de remuestreo se puede utilizar para estimar el nivel de significación o los valores estadísticos de prueba crítica para diversos niveles de significancia.

pruebas no paramétricas “son generalmente libres de distribución. Detectan tendencia/cambio, pero no cuantifican el tamaño de la tendencia/cambio. Son muy útiles porque la mayoría de los datos de series temporales hidrológicas normalmente no se distribuyen” (Chiew y Siriwardena, 2005).

2.2.3.2 Outliers o prueba de datos dudosos

V. Chow et al. (1994) expresa que:

El método del Water Resources Council (1981) recomienda la realización de ajustes de estos datos dudosos. Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La inclusión o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucre consideraciones matemáticas e hidrológicas. De acuerdo con el Water Resources Council (1981) si la asimetría de la estación es mayor que +0,4 se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos; si la asimetría de la estación es menor que -0,4 primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. Cuando la asimetría de la estación se encuentre entre $\pm 0,4$ deben aplicarse pruebas para

detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos.

$$\bar{Y} + K_n S_y = Y_H \rightarrow \text{Datos dudosos altos.} \quad (2.3)$$

$$\bar{Y} - K_n S_y = Y_L \rightarrow \text{Datos dudosos bajos.} \quad (2.4)$$

Dónde:

- Y_H : Banda superior de los logaritmos de los valores de caudales o precipitaciones.
- Y_L : Banda inferior de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.
- y : Media aritmética de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.
- K_n : Coeficiente que depende del tamaño de la muestra caudales o precipitaciones.
- S_y : Desviación estándar de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

el autor [V. Chow et al. \(1994\)](#) expresa que:

Los valores de K_n dados en la siguiente tabla se usan en pruebas para detectar datos dudosos en el nivel 10 % de significancia en información normalmente distribuida. Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que y_H , entonces se consideran como datos dudosos altos. Si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es excluido del análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático.

► **Tabla 2**

Valores de K_n para tamaño de muestra.

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

Nota. Fuente: Ven Te Chow, 1994

2.2.3.3 Evaluación de datos pluviométricos para el análisis de frecuencia

Según la [OMM \(2011\)](#) expresa que:

Dado que los datos de precipitación de lluvia son obtenidos a horas de observación fijas (por ejemplo, horas enteras), no siempre permitirán conocer las cantidades máximas verdaderas durante el período deseado. Así, por ejemplo, estudios efectuados a partir de millares de años-estación de datos de precipitación de lluvia indican que, multiplicando por 1,13 las cantidades máximas anuales de lluvia horarias o diarias de un único intervalo de observación fijo comprendido entre 1 y 24 horas, se obtendrán valores cercanos a los obtenidos mediante un análisis de máximos verdaderos. Los ajustes serán menores si lo que se desea determinar son las cantidades máximas observadas para dos o más intervalos de observación fijos, como se indica en la tabla N° 3 (Consejo Nacional de Investigación de Canadá, 1989). Así, para determinar las cantidades máximas en series de 6 y 24 horas determinadas mediante 6 y 24 incrementos horarios fijos consecutivos, los factores de ajuste necesarios serán tan solo 1,02 y 1,01, respectivamente. Estos factores, aplicados a los resultados de un análisis de frecuencia de series máximas anuales, permitirán resolver el problema de las horas de observación fijas.

Tabla 3

Factor de ajuste por número de observación diarias

Número de observaciones /día	1	2	3-4	5-8	9-24	> 24
Factor de ajuste	1,13	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00

Nota. Fuente: Organización meteorológica mundial

2.2.4 Hydrognomon para el análisis de frecuencias

Según el autor [V. Chow et al. \(1994\)](#) expresa que:

Los sistemas hidrológicos son afectados algunas veces por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de un evento extremo esta inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos más moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad.

2.2.4.1 Hydrognomon

Con el software hydrognomon se puede determinar diversas funciones estadísticas hidrológicas, una de sus principales funciones a efectos de esta tesis es el ajuste de distribución.

“Este programa permite la aplicación de muchas funciones de distribución y de muchos métodos de ajuste como es el test Chi Cuadrado, el test Kolmogorov-Smirnov y el test visual” ([Chetyrina, 2017](#)).

Bondades del software Hydrognomon:

- El análisis y proceso de datos hidrológicos.
- La representación tabular de los datos de diversas formas.
- El análisis de frecuencias, análisis multivariable, predicciones y análisis de curvas IDF mediante herramientas adecuadas.
- El ajuste de funciones de distribución y de variables extremas, con muchas opciones: Normal, LogNormal, Galton, Exponencial, Gamma, Pearson III, LogPearson III, Gumbel Max, EV2-Max, Gumbel Min, Weibull, GEV-Max, GEV-Min, Pareto, GEV-Max (kappa specified), GEV-Min (kappa specified).

“Este último apartado es la característica más importante para el desarrollo de este trabajo, ya que realiza automáticamente el ajuste de la serie de numerosas funciones”([Chetyrina, 2017](#)).

2.2.4.2 Funciones de distribución

Se subdivide en métodos paramétricos y no paramétricos.

Métodos no paramétricos: Según el autor [Chetyrina \(2017\)](#) expresa que:

Los métodos no paramétricos utilizan directamente la muestra para modelar la serie de datos. Dentro de estos métodos el más simple es el ajuste gráfico de los datos de la muestra a una curva, representados en papel de probabilidad, con lo que se establece una relación entre la variable y el periodo de retorno. La aplicación de este método exige asignar a cada uno de los datos una determinada probabilidad muestral que permita representarlos en un determinado papel de probabilidad, siendo habitual el uso del denominado “papel Gumbel”. Dos de las más utilizadas es la Weibull, ecuación (2.5) y la Gringorten, ecuación (2.6).

$$Fn(Xi) = \frac{i}{N + 1} \quad (2.5)$$

$$Fn(Xi) = \frac{i - 0.44}{N + 0.12} \quad (2.6)$$

Métodos Paramétricos: Según [Chetyrina \(2017\)](#) expresa que:

Los métodos paramétricos modelan la serie de datos mediante fórmulas algebraicas basadas en unos parámetros que es preciso ajustar a partir de la muestra. Hay numerosas leyes de distribución que se utilizan habitualmente, a continuación, se presentan las que utiliza Hydrognomon: Normal, LogNormal, Galton, Exponencial, Gamma, Pearson III, LogPearson III, Gumbel Max, EV2-Max, Gumbel Min, Weibull, GEV-Max, GEV-Min, Pareto, GEV-Max (kappa specified), GEV-Min (kappa specified).

2.2.4.3 Selección de la función de distribución y métodos de ajuste

Según [Chetyrina \(2017\)](#) expresa que:

El proceso de selección para obtener la función de distribución de mejor ajuste ha sido una importante labor, puesto que este apartado ha sido uno de los más costosos, debido a la importancia que requiere el realizar correctamente el ajuste visual, ya que a veces los test estadísticos para la bondad de ajuste no proporcionan los mejores ajustes y la combinación de los dos métodos proporciona el mejor ajuste.

a) Selección visual.

El autor [Chetyrina \(2017\)](#) expresa que:

Se observan visualmente las funciones que mejor se adaptan, para ello se realiza una representación gráfica mediante el programa Hydrognomon de la precipitación máxima en función del periodo de retorno. Se comprueba visualmente el ajuste de todos los puntos del gráfico y se establece una puntuación de cada función de ajuste del 1 al 5 (siendo 1 el peor ajuste y el 5 el mejor) siguiendo siempre el mismo criterio visual. Con ello se eligen las tres funciones de distribución que mejor se ajustan para cada serie de datos.

b) Test de bondad de ajuste

El autor [Chetyrina \(2017\)](#) expresa que:

La bondad de un ajuste se puede hacer de forma visual, pero éste, aunque puede ser orientativo, no es muy riguroso. Hay diferentes métodos estadísticos para determinar la bondad de un ajuste, los más conocidos son, el de la Chi Cuadrado y el de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis de una población partiendo de la información obtenida mediante una o varias muestras es preciso realizar determinados supuestos o hipótesis estadísticas acerca de las mismas.

“Por lo tanto, utilizando las dos pruebas de bondad de ajuste realizadas con el programa Hydrognomon la prueba de Chi-cuadrado y la prueba de Kolmogorov-Smirnov se eliminan las funciones de peor ajuste tras una conclusión visual”. ([Chetyrina, 2017](#)).

Test Chi Cuadrado El autor [Chetyrina \(2017\)](#) “Es una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre las frecuencias observadas (f_0) y las calculadas (f_c) mediante una distribución teórica dada por el estadístico X^2 ”, un dato mas que pide este software para el método chi cuadrado es el numero de clase (NC) que es el 1.33 por el logaritmo neperiano del numero de datos todo sumado mas 1, el chi cuadrado esta representado por la siguiente ecuación siendo:

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_0 - f_c)^2}{f_c} \quad (2.7)$$

Donde: $\sum f_0 = \sum f_c$.

El autor [Chetyrina \(2017\)](#) manifiesta que:

Si es estadístico $X^2 = 0$ quiere decir que las distribuciones teórica y real se ajustan a la perfección. En cambio, si $X^2 > 0$, difieren. La distribución de este estadístico se puede asimilar a una distribución Chi Cuadrado con $(k - n - 1)$ grados de libertad; siendo k el número de intervalos y n el número de parámetros de la distribución teórica. Esta función se encuentra tabulada.

Donde el número de clase es: $NC = 1.33LN(ND) + 1$, siendo ND el número de datos.

Test Kolmogorov-Smirnov El autor [Chetyrina \(2017\)](#) manifiesta:

Este método consiste en obtener la diferencia máxima, en valor absoluto, entre el valor de la función no paramétrica, $F_n(x)$, que es el valor equivalente a la frecuencia observada en la muestra, y la paramétrica, que es el valor de la función de distribución considerada, $F(x)$, para cada valor de caudal observado y ordenado. Si, para un determinado nivel de significación, este valor es superior al estadístico de Kolmogorov- Smirnov, que está tabulado, la hipótesis se rechaza.

2.2.5 Precipitación media

“En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos” ([Villón, 2002](#)). Se subdivide en 3 métodos:

2.2.5.1 Promedio aritmético

Es el promedio aritmético de la precipitación dentro de la cuenca

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media de la zona o cuenca.

P_i = precipitación de la estación i .

n = número de estaciones dentro de la cuenca.

La cantidad de estaciones accesibles, su ubicación y el patrón de precipitaciones analizado influyen en la precisión de este criterio. Aunque es el enfoque más sencillo, sólo produce resultados precisos cuando hay varios pluviómetros ([Villón, 2002](#)).

2.2.5.2 Polígono de Thiessen

“Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que, para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones” ([Villón, 2002](#)).

Para el autor ([Villón, 2002](#)) el criterio se fundamenta en:

Primero ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca, segundo unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°), tercero Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos, formando polígonos. (Por geometría elemental, las mediatrices correspondientes a cada triángulo, convergen en un solo punto, en un triángulo acutángulo, el centro de mediatrices, está ubicada dentro del

triángulo, mientras que, en un obtusángulo, está ubicada fuera del triángulo), cuarto Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca), el área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente, cuarto Calcular el área de cada estación, sexto Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente.

Es decir:
$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media

A_T = área total de la cuenca

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i

P_i = precipitación de la estación i

n = número de estaciones tomadas en cuenta

2.2.5.3 Metodología de las isoyetas

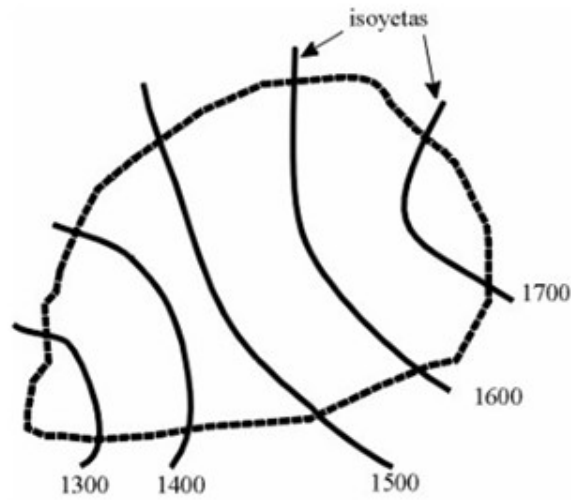
El autor Villón (2002) expresa que:

Para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación figura 4. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que, si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel.

El método consiste en: Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca, Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a cómo se trazan las curvas de nivel, Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n entre cada 2 isoyetas seguidas y Si P_0, P_1, \dots, P_n son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas.

Figura 4

Curva con la metodología Isoyetas



Fuente: Villon, M. 2002

Donde la precipitación media se calcula mediante:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0+P_1}{2} A_1 + \dots + \frac{P_{n-1}+P_n}{2} A_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad (2.8)$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} A_i \quad (2.9)$$

Donde:

P_{med} = precipitación media.

A_T = área total de la cuenca.

P_i = altura de precipitación de las isoyetas i .

A_i = área parcial comprendida entre las isoyetas P_{i-1} y P_i .

n = número de áreas parciales.

2.2.6 Tormenta de diseño

El [MTC \(2012\)](#) expresa lo siguiente:

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un

valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.

2.2.6.1 Relaciones Intensidad – Duración – Frecuencia

Los autores [Suárez et al. \(2020\)](#) expresan que:

Los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de un drenaje urbano, es la determinación del evento o los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio.

Las intensidades es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h) o (pulg/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia .

La intensidad, se expresa:

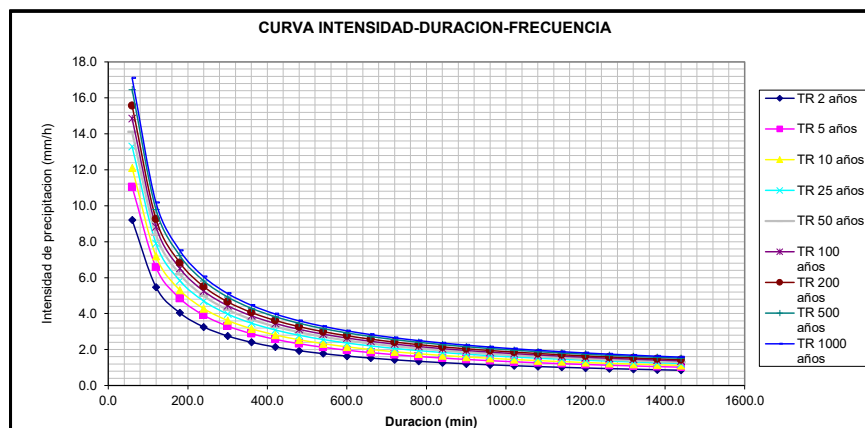
$$i = \frac{P}{T_d}$$

Los autores [V. Chow et al. \(1994, p. 465\)](#) expresan que:

Donde P es la profundidad de lluvia (mm o pulg) y T_d es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Figura 5

Intensidad Duración y de período de retorno expresado como frecuencia



Fuente: Elaboración propia

Según [MTC \(2012\)](#) expresa lo siguiente:

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño, D es la duración y a , b y m son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno, asimismo para su determinación se requiere hacer una linealización previa de la ecuación para luego hallar los parámetros a , b y m por medio de regresión lineal.

La duración de la lluvia de diseño es igual al tiempo de concentración (t_c) para el área de drenaje en consideración, dado que la escorrentía alcanza su pico en el tiempo de concentración, cuando toda el área está contribuyendo al flujo en la salida.

a) Método de Dyck y Peschke

Según el autor Villón (2012) expresa lo siguiente:

En esta sección, se presenta el modelo de discretización de Grobe, también conocido como de Dyck y Peschke, tomado de las publicaciones: Hidrología y Recursos Hídricos, Introducción para Ingenieros (*Hydrologie und Wasserwirtschaft, Eine Einführung für Ingenieure* de Ulrich Maniak, Berlín-Alemania, 2005) y Fundamentos de Hidrología (*Grundlagen der Hydrologie* de Siegfried Dyck y Gerd Peschke, Berlín-Alemania, 1995), el cual nos permite, a partir de datos de precipitaciones máximas diarias P_{24h} , medidas en los pluviómetros, generar las curvas Intensidad-Duración-Período de retorno (IDT). Según este criterio de discretización de Grobe o Dyck y Peschke, las lluvias de duración corta D , P_D , es función de la precipitación de 24 horas, es decir, que este criterio se puede aplicar también a precipitaciones máximas de 24 horas, P_{24h} , de acuerdo con la siguiente ecuación empírica, se puede generar las curvas Intensidad-Duración-Período de retorno (IDT).

$$P_D = P_{24h} \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25} \quad (2.10)$$

Donde:

P_D = precipitación máxima de duración D , en el intervalo $15' < D < 1440'$, en mm.

D = duración de la lluvia, en min.

P_{24H} = precipitación máxima diaria (en 24 horas), en mm.

Si la duración $D > 24h$ (1440 min), lo cual son necesarias para cuencas con áreas grandes, P_D , se calcula con la siguiente ecuación empírica: $P_D = P_{24H} D^{0.4}$ (mm)

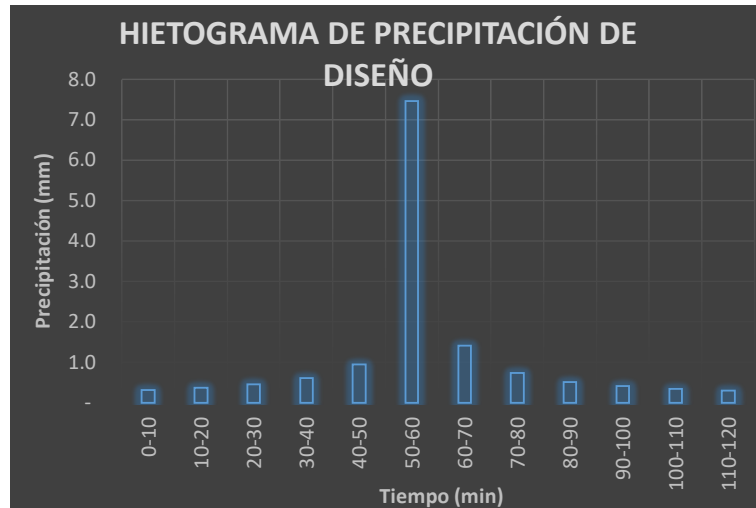
2.2.6.2 Hietogramas de diseño

Según el autor MTC (2012) expresa:

Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas. El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total de $Td = n.\Delta t$.

Figura 6

Hietograma de precipitación de diseño



Fuente: Elaboración propia

2.2.7 Precipitación total y efectiva

Según el autor [MTC \(2012\)](#) expresa:

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (P_e), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano. Las gráficas de exceso de precipitación vs. el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de interceptación y almacenamiento superficial.

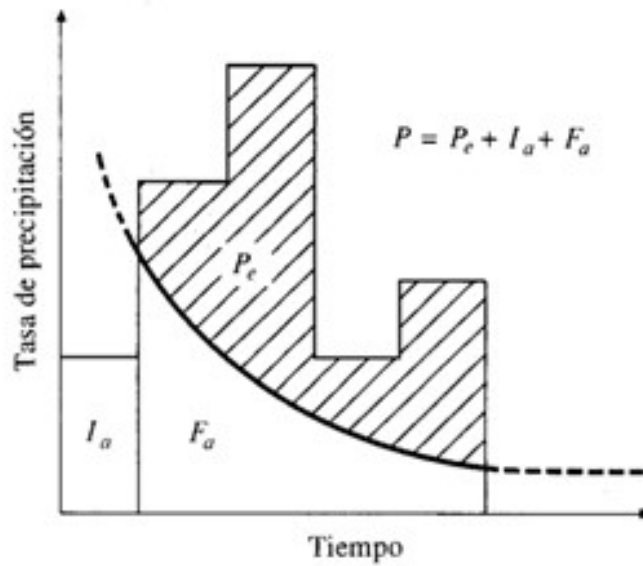
2.2.7.1 Método del número de curva (CN) según el SCS

Según los autores [V. Chow et al. \(1994\)](#) expresa que:

El Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa P_e es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima S . Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $P - I_a$.

Figura 7

Relación entre Precipitación, Escurrimiento y Retención



Fuente: Hidrología aplicada, Ven Te Chow, et al. (1994)

“Las dos cantidades reales y los dos valores potenciales deben tener una relación idéntica, según el postulado del método SCS” (V. Chow et al. 1994), es decir:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2.11)$$

Donde la precipitación es.

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2.12)$$

Al unir las 2 últimas ecuaciones y despejando P_e obtenemos:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2.13)$$

El MTC (2012) manifiesta que:

Esta es la fórmula fundamental para utilizar la técnica SCS con el fin de determinar la profundidad del exceso de precipitaciones o de la escorrentía directa tras una tormenta. Se descubrió un vínculo empírico analizando los resultados de varias pequeñas cuencas experimentales.

$$I_a = 0.2S \quad (2.14)$$

Con base en:

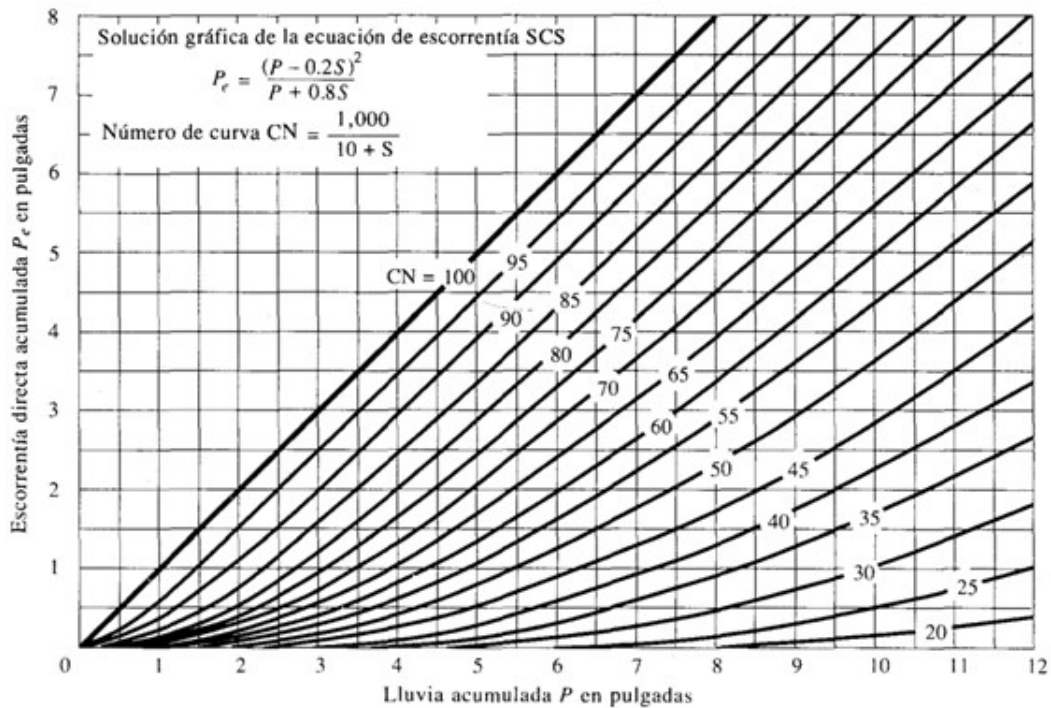
$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.15)$$

El MTC (2012) expresa lo siguiente:

El uso de esta metodología exige la determinación del valor respectivo del CN (número adimensional de curva o curva número), correspondiente al área específica en estudio, valor que debe ser obtenido mediante procesos de calibración. La calibración del parámetro CN se realiza con información de campo, de algunos eventos en el que se disponga de datos de precipitación y caudales resultantes; luego se corre el modelo hasta ajustar el hidrograma calculado con el observado en el campo. Es un proceso de prueba error en donde se ajusta el parámetro (CN) hasta obtener coincidencias entre ambos hidrogramas.

Figura 8

Lluvia acumulada versus escorrentía



Fuente: Chow et al, 1994

El “S” con relación con el CN, siendo “S” en pulgadas.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2.16)$$

También se puede determinar mediante:

$$S = \frac{25400}{254 + CN} \quad (2.17)$$

2.2.8 Número de curva (NC)

De acuerdo al autor del MTC (2012) “los números de curvas se aplican para condiciones para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III)”, sus equivalencias se muestran en la siguiente ecuación.

$$CN(I) = \frac{42CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (2.18)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 - 0.13CN(II)} \quad (2.19)$$

► **Tabla 4**
Clasificación de (AMC)

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación Inactiva	Estación de Crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1

Nota. Fuente: Natural Resources Conservation Service (NRCS), 1972

“Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra”. Son:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

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

De acuerdo al autor del MTC (2012) “Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la Tabla N° 5”.

► **Tabla 5**

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana del autor Ven Te Chow

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

Nota. Fuente: Hidrología Aplicada, Chow. et al, 1994, pág. 154

Los autores V. Chow et al. (1994) expresan que el NC:

1. Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972.
2. Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.
3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un

mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional. 4. Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva. 5. En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

2.2.9 Determinación caudales máximos

El autor [Villón \(2002, p. 241\)](#) expresa:

Para diseñar: las dimensiones de un cauce, sistemas de drenaje, muros de encauzamiento para proteger ciudades y plantaciones, alcantarillas, vertedero de demasías, luz en un puente. Se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que, para esos casos son los caudales máximos. La magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta.

Procesamientos utilizados en calcular el máximo caudal:

- Método directo
- Métodos empíricos
- Métodos hidrológicos (hidrograma unitario)
- Métodos estadísticos o probabilísticos

2.2.9.1 Modelación con el Software (HEC –HMS)

El autor [MTC \(2012\)](#) expresa que:

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

Los datos iniciales para determinar el caudal es lo siguiente:

- Características de la precipitación, la intensidad se obtiene de las curvas I-d-f (Intensidad, duración, frecuencia), o puede ajustarse utilizando los procedimientos mencionados anteriormente. Es importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos.

- Características de la cuenca (Área, forma, Longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, tipos de precipitación, etc) (MTC, 2012).

El autor del MTC (2012) expresa que:

En el caso de la función de infiltración, escogemos la del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define en base al tipo de suelo, cobertura vegetal, y prácticas de pastoreo. El porcentaje impermeable está dado por el área ocupada por lagunas y zonas rocosas que para propósitos prácticos puede considerarse impermeable.

En quebradas intermitentes el flujo base puede considerarse igual a cero, pero en quebradas mayores el flujo debe estimarse en base a mediciones realizadas a lo largo de varios años y posiblemente establecer valores de flujo base mensual. Los datos de salida se presentan en forma tabular, sintetizadas en un sumario o gráfica. En una cuenca pequeña es probable que no sea necesario unir varias subcuencas para obtener el caudal de salida, mientras que en cuencas mayores es necesario realizar el tránsito de avenidas.

técnicas para determinar el tránsito de avenidas:

- Muskingum.
- SCS.
- Muskingum – Cunge.
- Onda Cinemática.

También el MTC (2012) expresa que:

Las variables de entrada del método de Muskingum son K y X, que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce. K es una medida del tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidades de tiempo (horas) y X es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.3 y que tiene un valor típico de 0.2. En el método del SCS sólo se especifica un tiempo de retraso de la onda. Básicamente se “traslada” la onda de un tiempo a otro sin tomar en cuenta las pérdidas por fricción.

Tanto el método de la Onda Cinemática como el método de Muskingum – Cunge requieren datos de la geometría del canal principal, el cual se modela asumiendo que el canal es un trapecio, un triángulo o un círculo. Se necesita por lo tanto el ancho de la base (o diámetro), la inclinación de los taludes (z), el coeficiente de rugosidad del cauce (n = coeficiente de

Manning), la pendiente de la línea de energía, Sf y la longitud del tramo, L. La pendiente de la línea de energía se asume igual a la pendiente del canal en el tramo de interés. Cunge combinó métodos hidráulicos con la simplicidad del método de Muskingum calcula las dos constantes utilizadas en el método de Muskingum, K y X, mediante parámetros hidráulicos del cauce.

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q}{BS_o c \Delta x} \right), K = \frac{\Delta X}{C}$$

Donde:

K: presenta el tiempo de viaje en el cauce.

ΔX : Longitud del tramo del cauce considerado.

X: Factor de ponderación en el caso de ríos varía entre 0 - 0.3.

c: Celeridad velocidad= media.

B: Anchura del cauce.

Q: Caudal.

m: Aproximadamente 5/3 para cauces naturales amplios.

El autor [Nanía \(2007\)](#) expresa que:

El HEC – GeoHMS es una extensión para ArcGIS que ha sido desarrollada como un grupo de herramientas hidrológicas geoespaciales para ingenieros e hidrólogos, con una limitada experiencia en sistemas de información geográfica (SIG). El programa permite visualizar información espacial, documentar características de la cuenca, realizar análisis espaciales, delinear cuencas y ríos, construir las entradas para modelos hidrológicos y ayudar en la preparación de informes. Trabajando con HEC – GeoHMS a través de sus interfaces, menús de herramientas, en un entorno con ventanas, el usuario puede crear rápidamente entradas hidrológicas que pueden usarse directamente con HEC – HMS.

HEC – GeoHMS se usa para procesar los datos de la cuenca después de haber realizado una preparación y recopilación inicial de los datos del terreno. La preparación de los datos del SIG puede ser realizado con cualquier Software estándar de SIG. Los datos necesarios para trabajar con HEC – GeoHMS incluyen un modelo digital de elevaciones (DEM), la localización digital de los cauces y de las estaciones de aforo. Cuando la preparación de los datos esta lista, HEC – GeoHMS procesa el terreno y la información espacial para generar una serie de entradas hidrológicas, que le darán al usuario un modelo inicial para Hec – HMS.

2.2.10 Datos SIG

2.2.10.1 Ráster

“Este modelo está orientado para representar fenómenos tradicionalmente geográficos que varían continuamente en el espacio; como la pendiente del terreno, altitud o precipitación. El modelo ráster también es llamado imagen” (Puerta et al. 2011).

2.2.10.2 Vectorial

Según la literatura de Puerta et al. (2011) manifiesta:

El formato vectorial (shape) puede ser creado a partir de fuentes de información espacial existente, o pueden ser generados desde ArcGIS, donde podemos añadir elementos. La composición de una cobertura vectorial en ArcGIS consta de tres o más archivos con el mismo nombre, pero con extensiones diferentes: Tabla de atributos, Datos espaciales – geometría, Índice de los datos espaciales.

2.2.11 HEC-RAS 6.2 bidimensional

Según Vera (2018) manifiesta Para hallar la zona de inundación se utilizó el programa HEC-RAS 6.2 2D, contiene los siguientes componentes de análisis de ríos, para: cálculos del perfil de la superficie del agua de flujo constante unidimensional; Simulación de flujo no estacionario unidimensional y/o bidimensional; Cálculos de transporte de sedimentos de límite móvil de flujo casi inestable o completamente inestable (1D y 2D); y análisis unidimensional de la calidad del agua.

2.2.11.1 Ecuación de Saint-Venat

Según la literatura de Sarazu (2018) manifiesta: En caso de que el proceso a estudiar sea claramente no permanente, definido por las condiciones impuestas por procesos naturales, así como de acciones humanas, en el que las condiciones del flujo varían en el tiempo y el espacio, se debe recurrir a las ecuaciones empleadas para modelar el flujo a superficie libre, considerado como unidimensional, gradualmente variado y en régimen no permanente, las cuales son ampliamente conocidas como las ecuaciones de Saint-Venant, o también como la ecuación de continuidad y la ecuación de Momentum .

Las ecuaciones de Saint-Venant no tienen solución analítica excepto en algunos casos especiales con simplificaciones adecuadas para estudios del tipo académico; éstas son ecuaciones diferenciales parciales del tipo hiperbólico y para su resolución se emplean métodos numéricos (Sarazu, 2018).

Estas ecuaciones, que hacen uso del enfoque de diferencias finitas, son utilizadas por el software HEC-RAS.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial X} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{gh^2 \partial \rho}{\rho 2 \partial x} + 2\Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial Y} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{gh^2 \partial \rho}{\rho 2 \partial y} + 2\Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y \quad (2.22)$$

Donde:

h = Calado de agua.

U_x, U_y = Velocidades horizontales promediadas en profundidad.

g = Aceleración de la gravedad.

τ_s = Fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento.

τ_b = Fricción debida al rozamiento de fondo.

Z_s = Elevación de la lámina libre.

ω = Velocidad angular de rotación de la tierra.

λ = Latitud del punto considerado.

ρ = Densidad del agua.

M_s, M_x, M_y = Son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

$\tau_{xx}^e, \tau_{yy}^e, \tau_{xy}^e$ = Tensiones tangenciales efectivas horizontales.

2.2.12 Rugosidad de Manning

Los autores [V. T. Chow et al. \(1994\)](#) expresan:

El coeficiente de Manning es muy útil para una rápida selección del valor de n que debe utilizarse en un determinado problema. Horton preparo una muy conocida tabla de este tipo con base a los mejores experimentos disponibles en su tiempo. La tabla N° 9 se compilo a partir de a partir de información recolectada hasta la fecha de diferentes fuentes y de datos no publicados.

Figura 9

Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning para corrientes naturales (n)

D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
		Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.	0.030	0.040	0.050
	Árboles y arbustos sumergidos	0.040	0.050	0.070	
	Parcialmente en crecidas con piedras y Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.				
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto	0.025	0.030	0.035
		pastizales bajos	0.030	0.035	0.050
pastizales altos					
b. áreas cultivadas sin cultivo		0.020	0.030	0.040	
con cultivos		0.030	0.040	0.050	
c. Arbustos y Malezas escasos		0.040	0.060	0.080	
densos		0.070	0.100	0.160	
d. Árboles sauces		0.110	0.150	0.200	
tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050		
D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060	
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100	

Fuente: Hidráulica de canales abiertos, Chow. et al ,1994, pág. 111

2.2.13 Propiedades geológicas.

2.2.13.1 Depósito Fluvial (Qh-fl)

Según García et al. (2017) manifiesta:

Corresponde a sedimentos depositados en el cauce de los ríos formando terrazas, islotes, llanuras, meandros, etc. Litológicamente están constituidos por la acumulación de rodados de diferente diámetro y composición variada, en forma de arena, gravas y conglomerados.

2.2.13.2 Depósito Aluviales (Qh-al)

Según Quiroz et al. (2013) manifiesta:

Estos depósitos se encuentran distribuidos en toda el área de estudio rellenando el fondo de los valles o quebradas principales, la mayoría de éstos alcanzan el nivel freático. Los materiales que lo constituyen son de composición heterogénea, constituido por bloques, guijas, gravas, arenas, limos y arcillas. En el área se diferencian estos depósitos en dos unidades.

2.2.13.3 Depósitos Eluviales (Qh-el)

Según Wikipedia (2022) manifiesta:

Un eluvión es un depósito de fragmentos de una roca, desagregados por los agentes atmosféricos (meteorización), que han permanecido in situ o muy próximos a la roca madre, lo cual lo distingue del aluvión, que ha sido arrastrado por las aguas y depositado lejos del lugar de su formación

2.2.13.4 Formación Huari (Np-hu)

Según Morche et al. (1995) manifiesta:

En los alrededores de la ciudad de Ayacucho (° C Acuchimay), en los cerros Bellavista, así como en los alrededores de la zona histórica de "Huari"(localidades de Atumpampa y Campana y oc), afloran derrames de lavas oscuras que sobreyacen a las diatomitas, es decir, a los últimos unidades de la Formación Ayacucho. Forman un campo volcánico en la zona de la ciudad de Ayacucho y constituyen centros monogénicos (conos de tufos y escorias, con efusiones de lavas) en ambientes lagunares.

2.2.13.5 Formación Ayacucho (Nm-ay)

Según Morche et al. (1995) manifiesta:

La Formación Ayacucho en su conjunto aflora en el sector Nororiental del cuadrángulo, rellenando una depresión labrada sobre unidades paleozoicas y paleógenas, descansando sobre ellos con contactos discordantes. Para la Formación Ayacucho se ha reconocido dos unidades como producto de dos fases volcánicas, una explosiva y otra efusiva.

2.2.14 Propiedades geomorfológicas

2.2.14.1 Terraza indiferenciada (Ti)

Son expuestas a inundaciones periódicas , litológicamente esta constituido principalmente por sedimentos de depósitos fluviales que son acarreados por los ríos y quebradas.

2.2.14.2 Vertiente o piedemonte aluvial (V-al)

Se encuentra en el pie de las cadenas montañosas y se produce por la sedimentación de las corrientes de agua estacionales.

2.2.14.3 Complejo volcánico (Co-v)

Corresponde a un grupo de focos eruptivos conectados geográficamente: monogénicos y poligénicos

2.2.14.4 Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado (Sfp-d)

Las capas sedimentarias volcánicas están formadas por flujos piroclásticos que alternan con tobas arenosas intercaladas y tobas de ceniza.

2.2.14.5 Montaña en Roca Sedimentaria (RM-rs)

Normalmente son de forma de colinas, litológicamente está constituido por arcillitas, piedras areniscas y conglomerados.

2.2.15 Propiedades de pendiente

Las pendientes se clasificaron en 5 niveles desde las pendientes menores que son las más peligrosas para casos de inundación y las menos peligrosas que son las que tienen mayor pendiente.

► **Tabla 6**

Clasificación de pendientes en rangos

Rango	Descripción
0° - 10°	Terrenos inclinados con pendiente suave
10° - 20°	Pendiente Inclinadas
20° - 30°	Pendiente moderada
30° - 40°	Pendiente fuerte
40° - más°	Pendiente muy fuerte

Nota. Fuente: Elaboración propia

2.2.16 Características sociales

Se pudo constatar que dentro de las características sociales se determinó: el grupo etario, cercanía de la vivienda a la zona de estudio, abastecimiento de agua, acceso a la red de desagüe y acceso al servicio de alumbrado.

2.2.17 Características económicas

se pudo constatar que dentro de las características económicas se determinó: material predominante en la pared, material predominante en la techo, estado de conservación de la vivienda, ocupación principal (jefe de hogar) y organización comunitaria.

2.2.18 Riesgo en base a la metodología CENEPRED.

Según CENEPRED (2014, p. 74) expresa que:

Los niveles de riesgos no solo dependen de los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo, su localización en riberas de los ríos, desembocadura de quebradas activas, rellenos sanitarios, cercanía a fallas geológicas, etc. (exposición), así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad) y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural (resiliencia)

Se escogió el método multicriterio recomendado por el CENEPRED.

2.2.18.1 Método multicriterio:

Este método consiste principalmente en dar pesos ponderados relacionado con la importancia y como su nombre dice se escoge la importancia a criterio del evaluador.

a) Proceso de análisis jerárquico.

Según el CENEPRED (2014, p. 203) expresa:

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

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

b) Para el cálculo de los pesos ponderados.

El procedimiento de acuerdo al CENEPRED (2014) es:

- **Primero:** Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación de criterios, subcriterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{in} \\ a_{12} & 1 & \dots & a_{12} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.23)$$

“Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores”: CENEPRED (2014)

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad (2.24)$$

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

$$\begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

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

Para ello se calcula el siguiente vector columna:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad (2.26)$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$\begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} \quad (2.27)$$

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

$$\sum_{i=1}^n P_{c1i} = P_{c11} + P_{c12} + \dots + P_{c1n} = 1 \quad (2.28)$$

c) Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

- **Primero:** “Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben

sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP)", CENEPRD (2014).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} X \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \quad (2.29)$$

- **Segundo:** "Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios": CENEPRD (2014).

$$\begin{aligned} VSP_{11}/P_{C11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12}/P_{C12} &= \lambda_2 \\ \dots\dots\dots & \\ \dots\dots\dots & \\ VSP_{1n}/P_{C1n} &= \lambda_n \end{aligned} \quad (2.30)$$

- **Tercero:** "Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max} ", CENEPRD (2014).

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)/n \quad (2.31)$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia.

- **Cuarto:** "Calcular el Índice de Consistencia (IC)", CENEPRD (2014).

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (2.32)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

- **Quinto:** "Determinar la Relación de Consistencia (RC)", CENEPRD (2014).

$$RC = IC/IA \quad (2.33)$$

"Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria", CENEPRD (2014).

Tabla 7*Índice aleatorio de acuerdo a “n”*

n	3	4	5	6	7	8
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404

Nota. Fuente: Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001

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

d) Escala según el autor Saaty

“Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores estructurar el problema de forma visual”, (CENEPRED, 2014).

De acuerdo con el CENEPRED (2014) “Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) (Saaty, 1980)”, En la siguiente figura se muestra las escalas y su respectiva explicación:

Tabla 8*Escala numérica verbal y explicación (método de SAATY)*

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

Nota. Fuente: Saaty, 1990.

2.2.19 Determinación del Peligro

Según el CENEPRED (2014) expresa que:

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

2.2.19.1 Peligos relacionados con fenómenos naturales

“El peligro, según su origen puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural y los inducidos por la acción humana. En el manual CENENPRED solo se considera peligros originados por fenómenos de origen natural” (CENEPRED, 2014).

Según CENEPRED (2014) se clasifica:

- Peligos generados por fenómenos de geodinámica interna.
- Peligos generados por fenómenos de geodinámica externa.
- Peligos generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.

2.2.19.2 Inundación fluvial

Se entiende por inundación el desborde de los ríos a causa de las lluvias intensas donde su capacidad de transporte de caudal sobrepasa su límite.

2.2.19.3 Parámetros de evaluación.

De acuerdo al CENEPRED (2014) “para determinar el parámetro de evaluación se debe de tener en conocimiento la recurrencia con las que se presentan para generar estrategias para la prevención y/o reducción de los impactos negativos que puedan ocasionar”.

2.2.19.4 Susceptibilidad

De acuerdo al CENEPRED (2014) “la susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico)”.

2.2.20 Determinación de la Vulnerabilidad

De acuerdo al CENEPRED (2014), “se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”.

2.2.20.1 Factores de la vulnerabilidad.

Exposición

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) “La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro”.

La Fragilidad

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

La Resiliencia:

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) manifiesta que:

La resiliencia esta referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

2.2.20.2 Elementos expuestos por dimensiones

Análisis de la dimensión social:

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) manifiesta que:

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable, esto nos ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social.

Análisis de la dimensión económica:

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) manifiesta que:

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

2.2.21 Determinación del Riesgo

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) expresa:

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la frecuencia expresando en años y el nivel de susceptibilidad ante el peligro de inundación fluvial, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio. Siendo el riesgo el resultado de intersecar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos por vivienda, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a fenómeno de inundación fluvial.

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t \quad (2.34)$$

Dónde:

R = Riesgo.

f =en función.

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t .

V_e =Vulnerabilidad de un elemento expuesto e .

2.2.22 Mitigación de riesgos

De acuerdo al [CENEPRED \(2014\)](#) expresa que:

Existe un punto de equilibrio a partir del cual no se justifica una mayor protección, que bien puede ser utilizado como límite ideal a partir del cual puede transferirse la pérdida a los sistemas de seguros. Evaluar pérdidas futuras es algo incierto, razón por la cual usualmente se recurre a alguna medida probabilística para la realización de un estudio de esta naturaleza. Los riesgos pueden expresarse en pérdidas promedio de dinero o de vidas por año, sin embargo, debido a que eventos de gran intensidad son hechos muy raros, las pérdidas promedio para este tipo de eventos, tan poco frecuentes, pueden no dar una imagen representativa de las grandes pérdidas que podrían estar asociadas a los mismos.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Peligro inminente

De acuerdo al [CENEPRED \(2014, p. 193\)](#) expresa:

Fenómeno de origen natural o inducido por la acción humana, con alta probabilidad de ocurrir y de desencadenar un impacto de consecuencias significativas en la población y su entorno

de tipo social, económico y ambiental debido al nivel de deterioro acumulado en el tiempo y que las condiciones de éstas no cambian.

2.3.2 Plan de ordenamiento territorial

“Instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio regional, constituido por un conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo”(CENEPRED, 2014, p. 193).

2.3.3 Desastres

De acuerdo al CENEPRED (2014, p. 189) expresa lo siguiente:

Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana.

2.3.4 Proceso de estimación del riesgo

“Acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres”(CENEPRED, 2014, p. 122).

2.3.5 Resiliencia

Según CENEPRED (2014, p. 194):

es la Capacidad de las personas, las familias y las comunidades, así como de las organizaciones públicas y privadas, las empresas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse de los efectos de un peligro o amenaza. También se refiere a la capacidad de las personas para mejorar su capacidad de aprender y recuperarse de catástrofes anteriores con el fin de protegerse mejor en el futuro.

2.3.6 Medidas estructurales

“Cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a los peligros”(CENEPRED, 2014, p. 192).

Método de la investigación

3.1 Enfoque de la investigación

Es de carácter cuantitativo ya que “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernández et al. 2014)

3.2 Alcance de la investigación

La Investigación es de nivel Explicativo.

3.3 Diseño de investigación

- **Según el propósito del estudio:** No experimental.
- **De acuerdo con la direccionalidad:** Retrospectivo.
- **Considerando la evolución del fenómeno investigado:** Transversal.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Comunidad de Pongora.

3.4.2 Muestra

Ribera del río Pongora.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

La inundación fluvial influye significativamente en el nivel de riesgo en la cuenca del río Pongora - Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.

3.5.2 Hipótesis específicas

- ① La morfometría de la cuenca influye significativamente en el nivel de peligro en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.
- ② El caudal influye significativamente en el nivel de vulnerabilidad en la cuenca del río Pongora – Comunidad de Pongora – Ayacucho, 2022.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.6.1 Unidad de análisis

El qué o el quién se investiga, sirve de unidad analítica primaria en el estudio. En la presente investigación la unidad de análisis es la evaluación de riesgo en la comunidad de Pongora.

3.6.2 Variables

Tabla 9

Operacionalización de Variables.

Variable	Dimensión	Indicador
Independiente:	Morfometría de la cuenca	Modelo digital de elevación (m)
Inundación fluvial	caudal	Intensidad de Lluvia (mm)
Dependiente:	Peligro	Nivel de peligro
Riesgo	Vulnerabilidad	Nivel de vulnerabilidad

3.6.3 Indicadores

Los indicadores de la presente tesis son: Las variables independiente es; Modelo digital de elevación e Intensidad de lluvia.

Para la variable dependiente es; Nivel de peligro y nivel de vulnerabilidad.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Para el desarrollo de esta investigación se han utilizado diferentes técnicas:

Observación

Se ha realizado el recorrido de zonas aledañas del río Pongora detectando el nivel de riesgo que puede ocasionar a la comunidad de Pongora frente a las crecidas del río.

Encuesta

Se selecciono todas las viviendas encontradas en la zona de estudio y se hizo las encuestas (ficha de evaluación), con esto determinaremos información de tipo social y económico.

Revisión documentaria

Se recabó información de inundaciones historias en la comunidad de Pongora a través de encuentras y revisando periódicos y revistas digitales.

3.7.2 Instrumentos

Materiales

- Gps Diferencial
- Dron topográfico
- Pintura esmalte
- Libreta de campo, lapicero

Equipos de ensayo

- GPS Garmin,
- Cámara fotográfica,
- Computadora portatil.

Software

- Excel,
- Rstudio,
- Hec-GeoHMS,
- Hydrognomon,
- Hec-HMS,

- ArcGIS,
- Hec-Ras.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Para la elaboración de la presente investigación se efectuara diferentes procedimientos, ya que nuestra unidad de análisis es el río Pongora, empezaremos desde el reconocimiento del área de estudio y encuestas. Para determinar las propiedades micrométricas se descargo el raster desde el portal Alaska Satellite, también se realizará el levantamiento topográfico con drones topográficos en la comunidad de Pongora y del río Pongora para ver la topografía del suelo para determinar la geología y geomorfología se utilizo como fuente el portal web [Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico \(INGEMMET\)](#), para la moderación de la inundación se utilizo el software HEC-RAS. Las técnicas que se va aplicar son la revisión documentaria, encuestas y observación para luego desarrollar según la normativa del [CENEPRED](#), y con ello obtener mapas de peligro y vulnerabilidad mediante el software ArcGis.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1 Ubicación de la zona en estudio

3.9.1.1 Ubicación Política

- **Departamento:** Ayacucho
- **Provincia:** Huamanga
- **Distrito:** Jesús Nazareno
- **Lugar:** Comunidad de Pongora

3.9.1.2 Ubicación geográfica

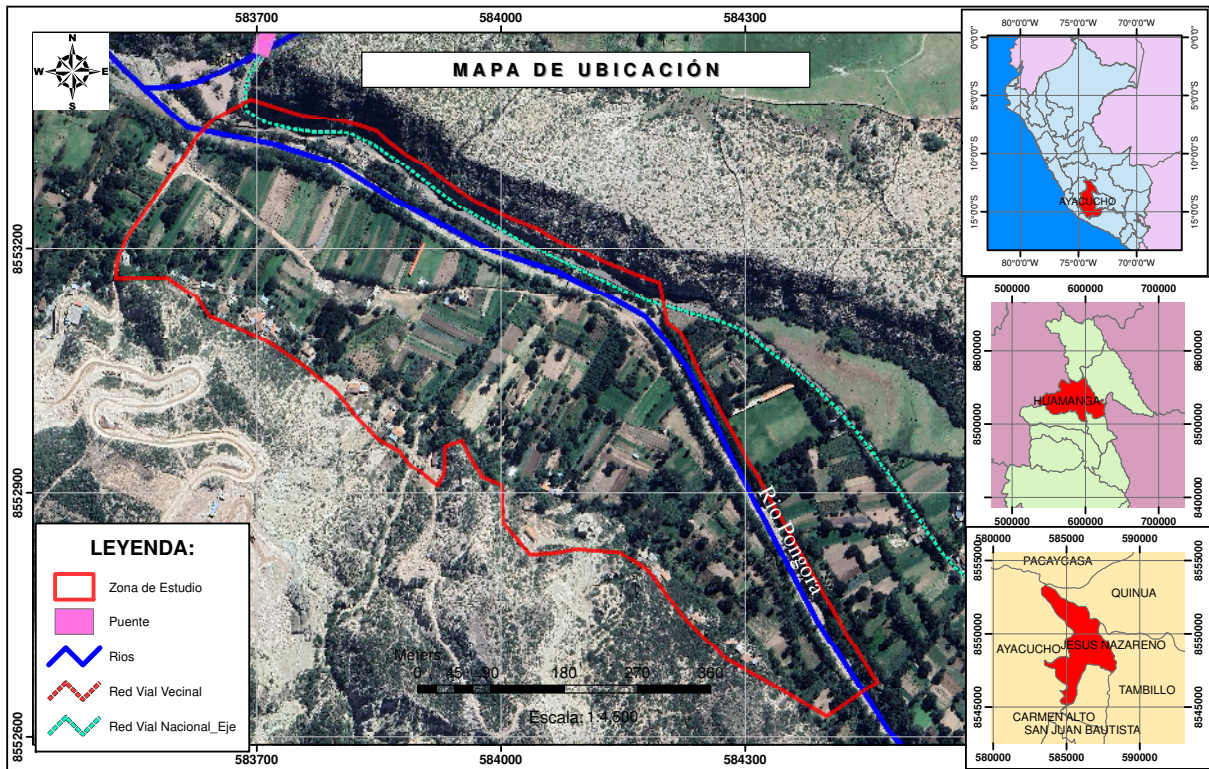
Geográficamente esta ubicada en el distrito de Jesus Nazareno, Limite con los distritos de Quinua y Pacaycasa entre las coordenadas UTM Este: 583444.40, 584666.07 y las Coordenadas Norte: 8553378.72 , 8552462.05

3.9.1.3 Vía de acceso

La via de acceso principal es por una via asfaltada a 30 min de la ciudad de Ayacucho.

Figura 10

Mapa de ubicación



Fuente: Elaboración propia

3.9.2 Estudio hidrológico de la cuenca

3.9.2.1 Características geomorfológicas de la cuenca

Utilizando el plugin HEC-geoHMS de ArcGIS, se determina los parámetros morfométricos adecuados para elaborar el caudal máximo en un tiempo de retorno dado, donde se extraen datos importantes para la elaboración de las características morfométricos.

La cuenca Pongora es afluente del río Apurímac donde sus aguas desembocan en el océano Atlántico.

a) Parámetros morfométricos

Se descargó el archivo en formato TIFF del servidor Alaska Satellite de la cuenca en estudio y así poder determinar los parámetros morfométricos.

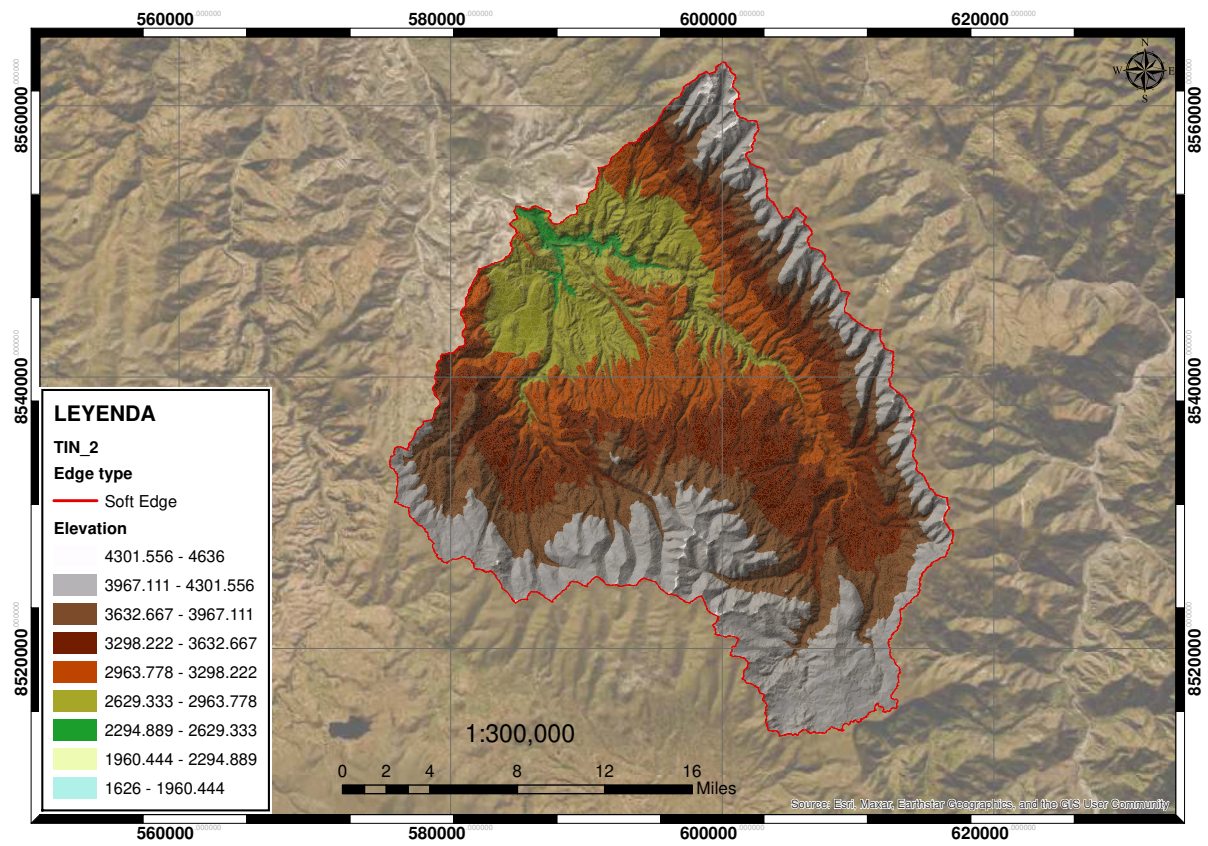
EL punto de aforo en coordenadas UTM es :

- N: 8552432.13
- S: 584676.33

La siguiente imagen muestra la delimitación de la cuenca Pongora en formato TIN.

Figura 11

Cuenca del río Pongora



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Parámetros morfométricos de la cuenca Pongora

PARAMETROS MORFOMETRICOS CUENCA PONGORA						
PARAMETROS				UNIDAD	CUENCA PONGORA	
AREA DE LA CUENCA				Km ²	507.07	
PERIMETRO				Km	182.27	
PARAMETROS DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)			2.28	
		FACTOR DE FORMA	Longitud (// al curso más largo)		Km	67.57
			Ancho Medio		Km	7.50
			Radio de Circularidad			0.19
			Factor de Forma			0.11
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor	Km	85.18	
			Lado Menor	Km	5.95	
	Longitud total de los ríos de diferentes grados		Orden 1	Km	3456.16	
			Orden 2	Km	1248.28	
			Orden 3	Km	656.50	
			Orden 4	Km	430.18	
			Orden 5	Km	180.93	
			Orden 6	Km	87.58	
			Orden 7	Km	44.95	
Orden 8			Km	13.18		
PARAMETROS DE RELIEVE	Curva Hipsométrica			-	✓	
	Polígono de Frecuencia			-	✓	
	Altitud Máxima de la Cuenca			m.s.n.m.	4465	
	Altitud Mínima de la Cuenca			m.s.n.m.	2491.2	
	Desnivel total de la Cuenca			Km	1.97	
	Altitud de Frecuencia Media			m.s.n.m.	3630.35	
	Altitud Media de la Cuenca			m.s.n.m.	3746.7	
	Altura Máxima del cauce			m.s.n.m.	4465	
	Altura más frecuente			m.s.n.m.	4053.95	
	Pendiente de la cuenca (sist. del rectángulo equivalente)			%	2.32	
Pendiente media de la cuenca			%	7.89		
PARAMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA	Densidad de drenaje			Km/Km ²	12.04	
	Pendiente media del río principal			m/m	0.03	
	Pendiente promedio de la red hídrica			%	1.14	
	Altura Máxima del cauce			m.s.n.m.	4465	
	Altitud Mínima del cauce			m.s.n.m.	2491.2	
	Longitud de red hídrica			Km	6117.75	
	Tiempo de concentracion			Hr.	7.93	
	Grado de ramificacion			-	8°	

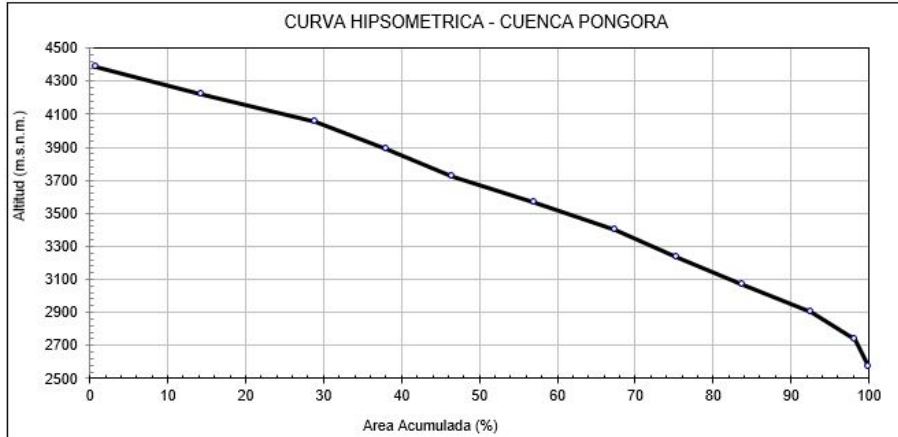
Nota. Fuente: Elaboración propia

Los características morfométricos se indica en la anterior tabla donde se observa que tiene un grado de ramificación de 8 y segun su coeficiente de compacidad pertenece a una cuenca de tipo: rectangular.

En la figura N° 12 se indica la curva hipsométrica y la figura N° 13 muestra el porcentaje de area versus la cota que se interpreta como la altura con mayor superficie de cuenca.

Figura 12

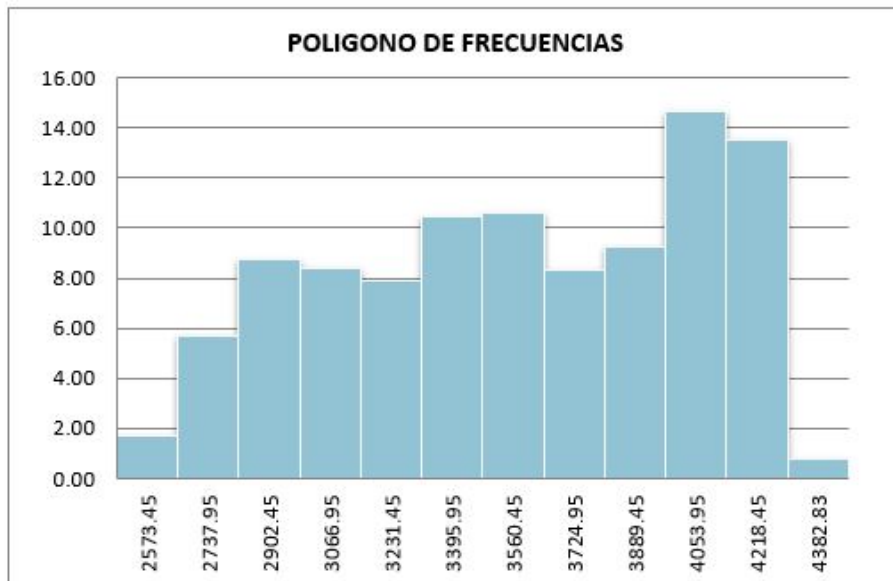
Curva hipsométrica de la cuenca Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Altitud mas frecuente



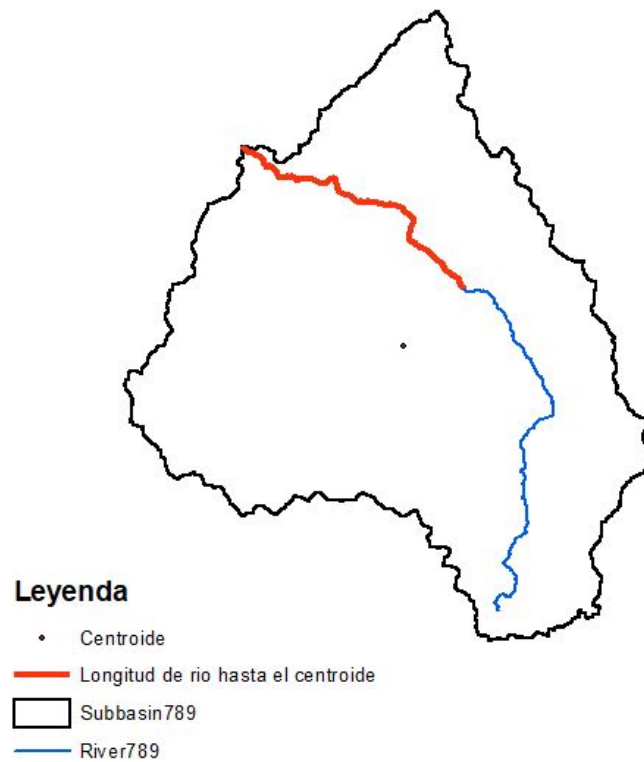
Fuente: Elaboración propia

b) Pre proceso de datos con HEC-GeoHMS

Utilizaremos el plugin HEC-GeoHMS donde vamos recabar información acerca de los parámetros morfométricos, tiempo de retardo, numero de curva y abstracción inicial que servirán para hacer el modelamiento hidráulico de caudales en el HEC-HMS.

Figura 14

Cuenca Pongora delimitada con HEC-GeoHms

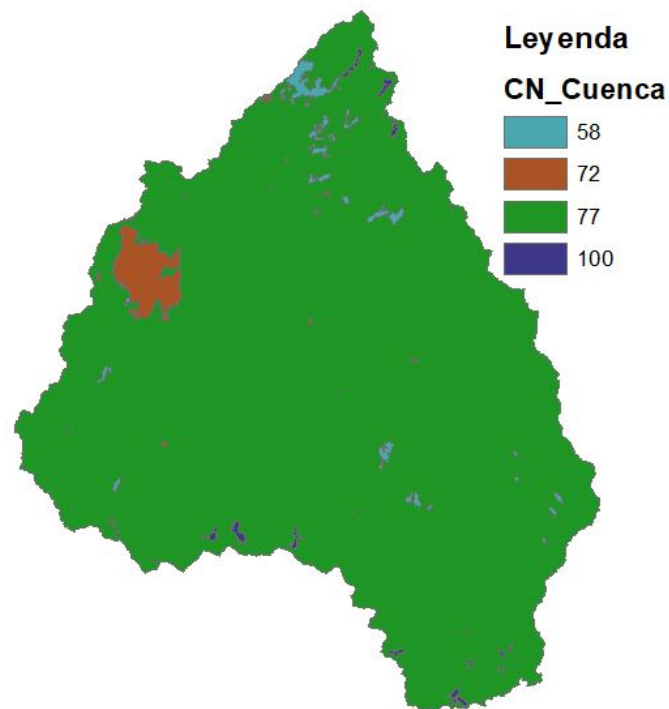


Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es calcular el número de curva (NC) para ello, donde necesitaremos los mapas de la cubierta vegetal y la composición del suelo de la zona, que obtuvimos de la página web del ANA. El proceso de elaboración se llevó a cabo de acuerdo con las normas del ANA.

Figura 15

Determinación de número de curva(NC) con HEC-GeoHMS



Fuente: Elaboración propia

Luego se puede determinar la abstracción inicial mediante el número de curva haciendo operaciones matemáticas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11

Determinación de Número de Curva

CALCULO DE NUMERO DE CURVA-PONGORA			
ITEM	AREA (Km2)	CN	AREA*CN
1	10.89	58	631.79
2	20.06	72	1444.05
3	1079.28	77	83104.65
4	4.14	100	414.21
TOTAL	1114.37		85594.70
CN PONDERADO			76.81

Nota. Fuente: Elaboración propia

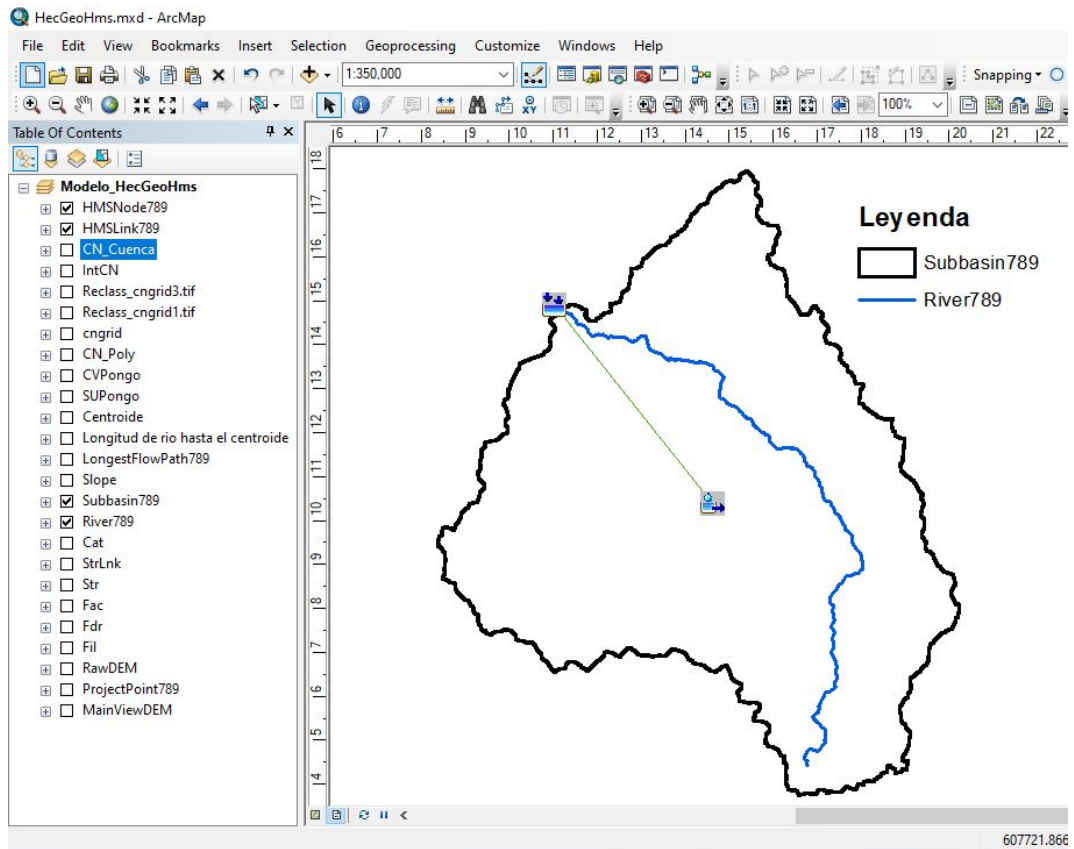
Haciendo las operaciones matemáticas en excel se determina el CN para la cuenca Pongora es de 76.81, con el CN ponderado se determina la abstracción inicial obteniendo como resultado el valor de 15.34.

El beneficio del HEC-GeoHMS es que determina el tiempo de retardo en forma automática por lo tanto se puede determinar el tiempo de concentración. Se determino 283.69 minutos de tiempo de retardo haciendo un tiempo de concentración de 7.88 horas

La siguiente imagen muestra el proceso de exportación del Hec-GeoHMS al HEC-HMS

Figura 16

Preproceso del HEC-HMS en el HEC-GeoHMS



Fuente: Elaboración propia

3.9.2.2 Determinación del Tiempo de concentración

Se baso en los siguientes métodos para determinar el TC: Kirpich, Ven te Chow, Giandotti, california culverts practice, etc como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 12

Resultados de cálculo de tiempo de concentración para la cuenca Pongora

TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)		
PARAMETROS DE LA CUENCA	UNIDAD	CUENCA PONGORA
Area de la cuenca	Km ²	1114.38
Cota Máxima del rio	msnm	4465
Cota Mínima del rio	msnm	2491
Pendiente de la Cuenca	m/m	0.0232
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	1.97
Longitud del curso principal (L)	Km	67.57
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.0292
Desnivel Medio (Dm)	m	1974
Fórmula de Kirpich	Hr	7.24
Fórmula de Ven te Chow	Hr	12.58
Fórmula de Giandotti	Hr	6.61
Fórmula de Rowe	Hr	6.60
Fórmula California Culverts Practice	Hr	6.631
TIEMPO DE CONCENTRACION	Hr	7.93
TIEMPO DE RETARDO	Min	247.82

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.9.2.3 Análisis y Proceso de la precipitación

a) Procesamiento de información del PISCO SENAMHI con RStudio

Mediante el software RStudio y los códigos que nos proporcionan el PISCO SENAMHI podemos descargar información de precipitación de la cuenca requerida desde el año 1981 hasta el 2016 que son los datos mas estables hasta el momento que proporciona dicha entidad.

Figura 17

Códigos del PISCO SENAMHI en el software RStudio

```

1 setwd("D:/PISCO/BaseDatos")
2 install.packages("ncdf4")
3 install.packages("raster")
4 install.packages("rgdal")
5 install.packages("latticeExtra")
6 library(ncdf4)
7 library(raster)
8 pisco.precip = brick("PISCOpd21.nc")
9 library(rgdal)
10 nlayers(pisco.precip)
11 splot(pisco.precip[[1]])
12 cuenca_2= readGR(dsn = ".",layer = "CuencaPong")
13 plot(cuenca_2,axes=T,asp=1,col="cyan", main="cuenca_2")
14 pm_cuenca_men3=extract(pisco.precip,cuenca_2, fun=mean)
15 row.names(pm_cuenca_men3)=cuenca_2$data$Nom_a
16 range(pm_cuenca_men3)
17 plot(pm_cuenca_men3[1,],type="l",col="blue", ylim=c(0,37),
18      ylab="precipitacion",xlab="tiempo",main="precipitacion media Cuenca Pongora")
19 grid()
20 write.csv(t(pm_cuenca_men3),"prec_Med_Pongo_XCuenca.csv") |
21

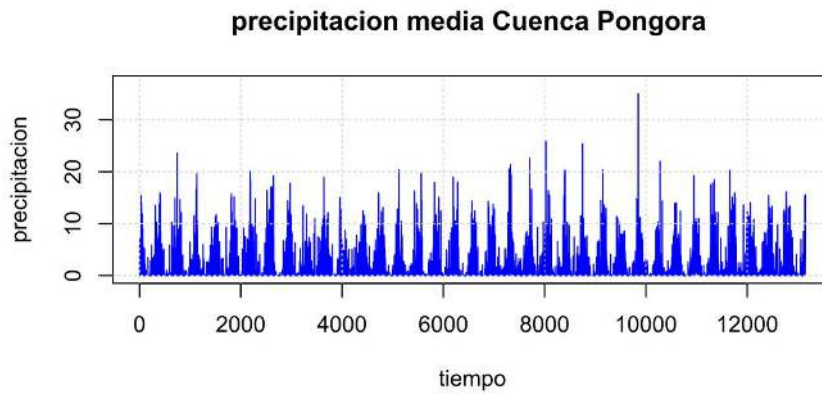
```

Fuente: Adaptado de PISCO SENAMHI

Una vez obtenido el código se procede a descargar los valores de precipitación, donde el RStudio lo representa mediante un histograma como muestra la imagen siguiente precipitación versus tiempo.

Figura 18

Histograma de Precipitación cuenca Pongora entre los años 1981 y 2016

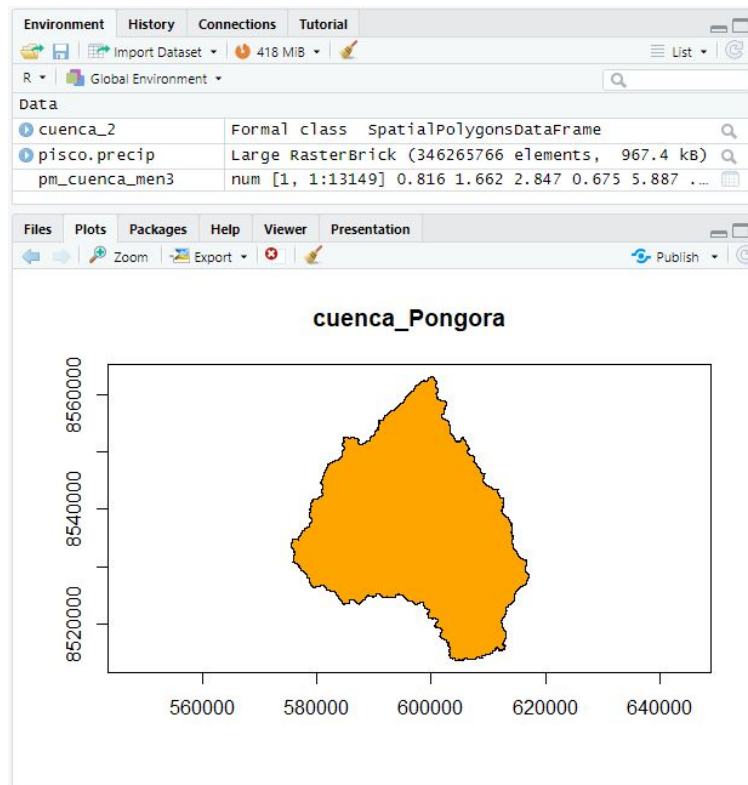


Fuente: Adaptado de PISCO SENAMHI

Continuación se ve la cuenca insertada en el PISCO SENAMHI para determinar y poder descargar los valores de precipitación areal

Figura 19

Cuenca Pongora representado en el Software RStudio



Fuente: PISCO-SENAMHI

Al extraer los datos del PISCO-SENAMHI procedemos a ordenarlo de estos datos solo utilizaremos la precipitación máxima anual como muestra la tabla siguiente.

Tabla 13

Registro de precipitación para la cuenca Pongora

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS-CUENCA PONGORA													
Datos obrenidos del PISCO SENAMHI													
Año	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	PP MAX
1981	15.4	14	8.9	5.2	1.1	3.4	0.3	5.8	3.4	3.9	13.5	10.3	15.40
1982	13.8	15.9	6.1	5.1	0.7	1.1	0.3	5.9	10.3	5.4	9.6	14.9	15.90
1983	23.6	9	14.7	12.1	4	0.9	0.8	0.2	6.4	3.2	3.8	11.5	23.60
1984	16.5	19.6	4	3.1	1.2	6	0.2	2.6	2.5	5.8	9.4	7.3	19.60
1985	9.3	11.8	10.2	9.3	6.5	3.3	3.3	1.1	9.3	1.5	4.3	15.8	15.80
1986	9.5	15.2	10.6	9.1	3.7	0	5.1	9.1	7.5	4.4	7.1	20.1	20.10
1987	18.1	7.2	9.3	14.8	7.9	2.8	4.1	0.5	1.6	6.3	16.4	10.1	18.10
1988	12.7	17	19.2	7.4	0.8	0	0.1	0.6	1.1	6.7	6.6	9.5	19.20
1989	14.4	17.8	11.7	4.5	1.8	6.3	0.5	2.7	5.2	6.1	13.4	6.6	17.80
1990	11.8	5.4	7.4	6.4	1.2	11	1.8	7.5	7.3	6.7	10.1	19	19.00
1991	11.5	10.8	12.1	4	3.6	6	0.3	0.2	3.2	10.7	15	7.1	15.00
1992	4.9	8.7	7	5	0.2	5	3.6	5.4	7.8	4.3	6.4	9.9	9.90
1993	12.5	9.5	11.6	6.2	1.9	5.6	1.5	2.6	4.7	6.9	9	15.9	15.90
1994	12.3	9.3	13.1	5.2	0.7	2	0.5	0.1	2	3.8	10	12.8	13.10
1995	20.4	10.5	7.7	2.8	2	0.9	0.9	1.8	2.4	5	16.3	13.9	20.40
1996	12.7	9.1	19.7	14.5	0.8	0.3	0.3	3.1	4.4	2.9	10.3	17.9	19.70
1997	11.7	8.4	15.1	12.4	0.6	0.1	1.6	4.9	6.7	1.4	9.2	19	19.00
1998	10.5	12.7	18	5.4	0	2.4	0	0.5	1.9	4.3	5.2	14.4	18.00
1999	11	12.5	10.2	5.5	0.2	1	2.1	0	4.7	3.6	14.3	10.1	14.30
2000	11.5	13.7	12.8	1.7	3.6	5.4	1.8	1.2	1.6	5.2	5.3	20.6	20.60
2001	21.4	19.4	7.1	2.9	4.2	2	3.3	3.3	1.5	5.8	8.2	8.4	21.40
2002	7.6	22.6	16.6	5.5	2.2	1.9	9.3	2	3.8	6.1	10.3	25.9	25.90
2003	10.2	16.3	15.5	10.9	1.1	1.7	0.1	6.6	3.5	1.6	10.1	20.2	20.20
2004	20.3	10.3	9.7	3.2	0.9	3.7	7.4	4.2	5.7	3.9	11.5	25.3	25.30
2005	11	7.4	7.6	3.5	1.9	0	2.2	0.9	3.6	6.5	6.7	14.5	14.50
2006	20.4	13.6	12.9	3.3	0	4.1	0.1	2.4	3.5	11.4	11	10.2	20.40
2007	8	8	8.6	4.7	1.4	0.6	1.6	2.3	2.8	4.7	14.9	35	35.00
2008	11.2	8.2	7	2.6	3.2	2.9	0.1	0.4	1.7	2.7	3.4	9.4	11.20
2009	10.3	22	4.3	14.4	1.5	0.8	2.9	1.5	1.8	5.9	8.4	14	22.00
2010	14	7.9	12.4	4	0.4	0.8	0	2.6	2	5.3	4.7	19.2	19.20
2011	10.8	11	8	11	2.4	0.2	2	0.2	2.5	3.3	17.5	17.9	17.90
2012	11.6	18.6	10.1	12.1	0.9	7.2	2.6	1.4	5.4	9.5	6.3	20.3	20.30
2013	15.1	13.6	15.9	6.3	2.5	1.5	2.5	13.6	2.3	9.8	12.3	11.4	15.90
2014	14	7.1	10.8	5.5	1.6	0.6	1.1	1.4	6.6	8.3	8	11.7	14.00
2015	15.4	10.8	13.4	4.2	6.4	4.6	9.8	5.1	2.7	12.2	12.6	16.1	16.10
2016	8.3	13	13.4	7.4	1.8	1	4.1	0.5	3.6	6.9	8.6	15.6	15.60
PROM	13.16	12.44	11.19	6.70	2.08	2.70	2.17	2.89	4.08	5.61	9.71	15.05	18.48
DESV. ESTA.	4.207	4.474	3.965	3.745	1.885	2.552	2.472	2.970	2.366	2.660	3.779	6.017	4.53
MAXIMO	23.60	22.60	19.70	14.80	7.90	11.00	9.80	13.60	10.30	12.20	17.50	35.00	35.00
MINIMO	4.90	5.40	4.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	1.40	3.40	6.60	9.90
N° DATOS	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00

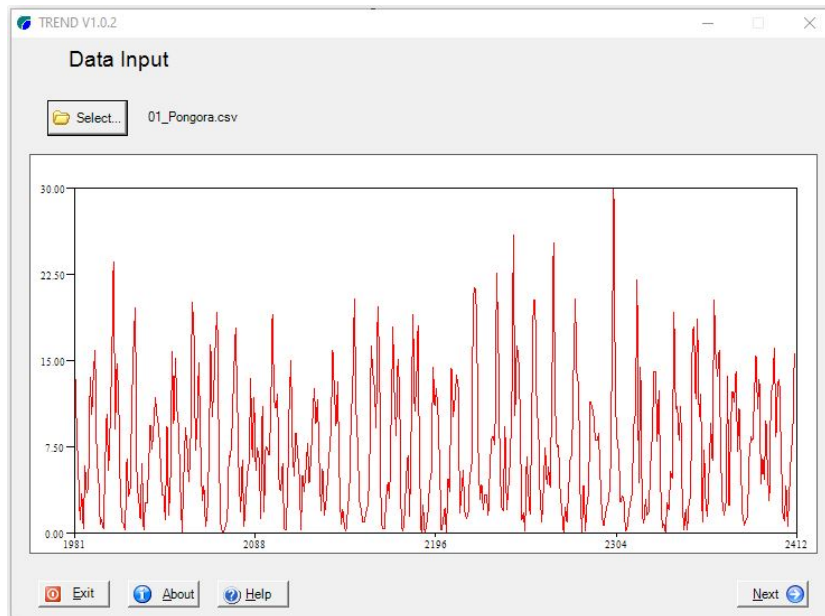
Nota. Fuente: Adaptado de PISCO SENAMHI

b) Análisis de salto y tendencia de los valores de precipitación

Con el software TREND se puede previsualizar la precipitación con todos los datos descargados del PISCO SENAMHI como se muestra en la imagen N°20

Figura 20

Histograma para la cuenca Pongora

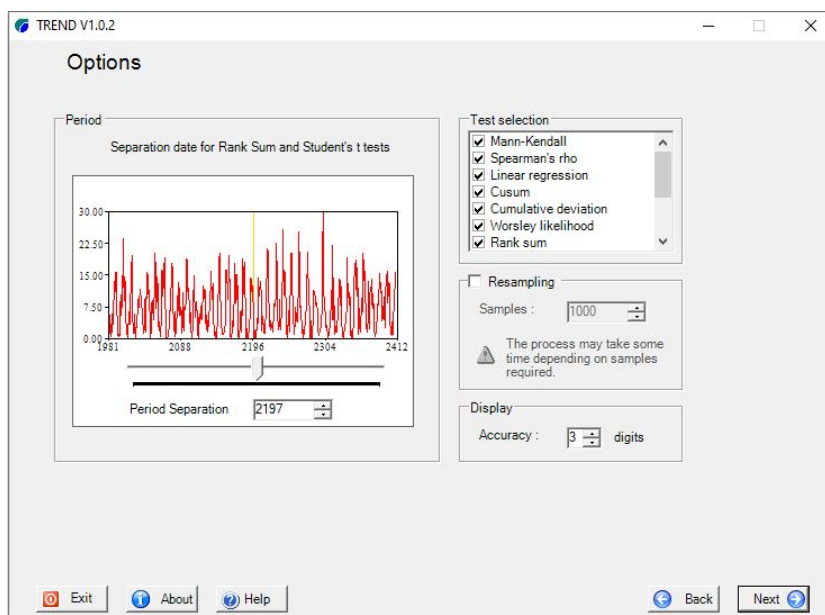


Fuente: Adaptado por el software TREND

Se repartió los 2 datos un un tiempo donde consideremos que se encuentre un quiebre o falla en la descarga de la precipitación luego ponemos a siguiente y procedemos a descargar los resultados como muestra la siguiente figura N°21.

Figura 21

Análisis de saltos y tendencias cuenca Pongora



Fuente: Adaptado por el software TREND

En los resultados del software TREND nos muestras de tipo paramétricas y no paramétricas y con un nivel de significancia de 0.1, 0.05 y 0.01 donde en los resultados nos da como valor el NS (No estadísticamente significativo) y el S (Estadísticamente significativa) como muestra en la siguiente y tabla N°14

Tabla 14

Salto y tendencias en la cuenca Pongora Proporcionado por el software TREND

Data file : 01_Pongora.csv					
(Statistical table)					
Test statistic	z-statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Result
Mann-Kendall	0.042	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	0.168	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.216	1.653	1.973	2.603	NS
Cusum	18	25.357	28.267	33.879	NS
Cumulative deviation	0.584	1.188	1.316	1.58	NS
Worsley likelihood	1.833	2.866	3.152	3.79	NS
Rank Sum	-0.151	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	-0.338	1.653	1.973	2.603	NS

Nota. Fuente: Adaptado por el software TREND

Como muestra la tabla no existen saltos ni tendencias donde se puede concluir que los datos de PISCO SENAMHI son datos consistentes.

c) Prueba de Bondad y Ajuste Cuenca Pongora.

Luego de determinar los saltos y tendencias con el software TREND se va utilizar el software Hydrognomon donde se va determinar que prueba mejor se ajusta con un nivel de significancia del 5 % recomendado para hacer estudios hidrológicos, este software es muy dinámico ya que determina los ajustes de manera automática por lo tanto rápida.

Tabla 15

Resultados por el método de ajuste de Smirnov Kolmogorov

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All dat	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.68%	0.08261
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.19%	0.08358
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.06%	0.08384
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.03%	0.08389
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.77%	0.08618
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.49%	0.08665
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.99%	0.08905
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.15%	0.0931
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.30%	0.09673
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.42%	0.10011
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.03%	0.10906
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.10%	0.11302
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.36%	0.11574
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.53%	0.11755
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.39%	0.11868
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.89%	0.12016
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.62%	0.12043
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.80%	0.13562
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.00%	0.13649
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.68%	0.15798
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.57%	0.16267
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.47%	0.16444
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.39%	0.16456
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.91%	0.17429
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	17.27%	0.17974
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.90%	0.23785
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	0.04%	0.33956

Nota. Fuente: Adaptado del software Hydrognomon

En el resultado se observa que la prueba que mejor se ajusta es Gamma con un ajuste de 94.68 % y con 0.086 de delta teórico.

Tabla 16*Resultados por el método de ajuste de CHI Cuadrado*

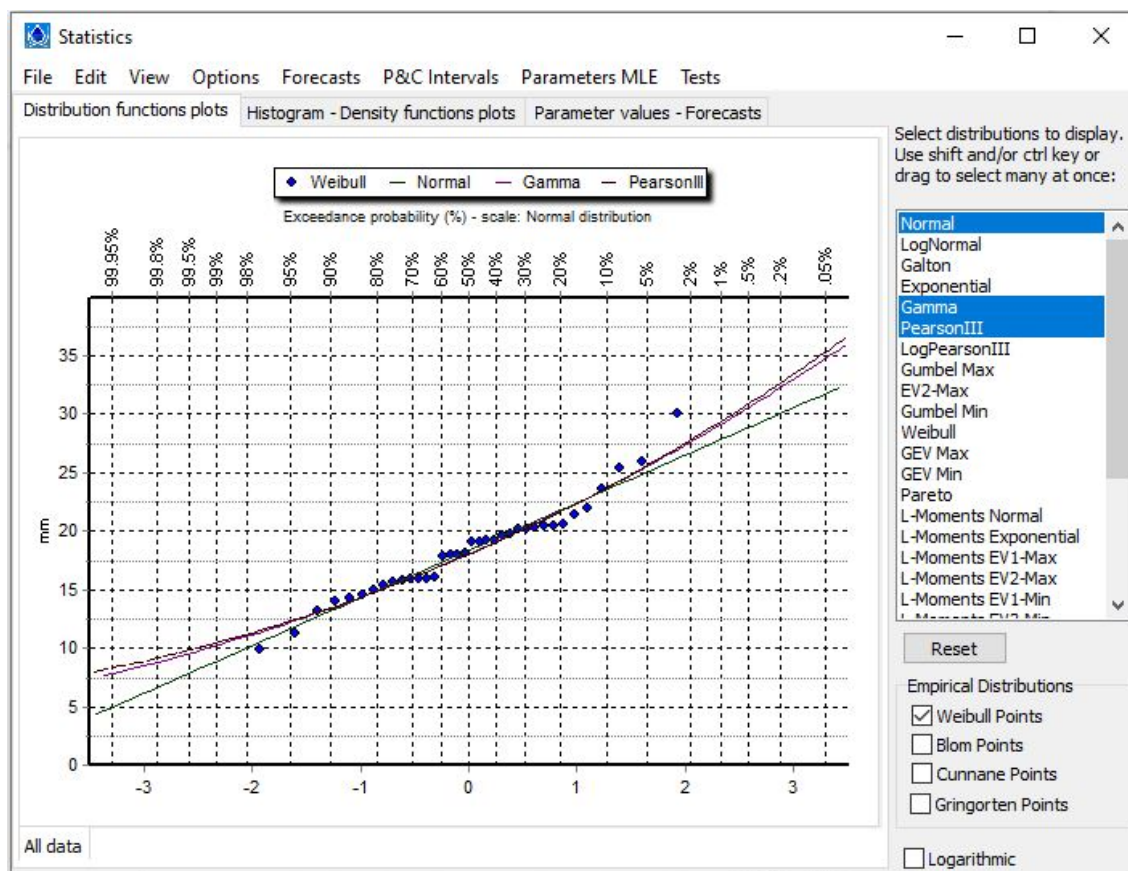
PRUEBA CHI-CUADRADO					
Número de Clases=	6.0				
X-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson Param.
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.98%	3.66667
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.98%	3.66667
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.98%	3.66667
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.98%	3.66667
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.76%	4.33333
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.76%	4.33333
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.79%	4.66667
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.79%	4.66667
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.79%	4.66667
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.70%	4.66667
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.70%	4.66667
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.33%	6.66667
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.21%	5
Galton	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.21%	6.33333
Pearson III	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.21%	6.33333
GEV-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.21%	6.33333
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.02%	7
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.93%	9
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.93%	9
GEV-Min	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.83%	8
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.37%	10.6667
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.46%	13
GEV-Max (kappa specified)	REJECT	REJECT	REJECT	0.46%	13
Exponential	REJECT	REJECT	REJECT	0.40%	13.3333
EV2-Max (L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.40%	13.3333
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.40%	13.3333
Log Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.29%	11.6667

Nota. Fuente: Adaptado del software Hydrognomon

En el resultado se observa la prueba que se ajusta mejor es el Normal con un ajuste de 29.98 %

Figura 22

Reporte Hydrognomon para la selección Visual en la cuenca Pongora



Fuente: Adaptado del software Hydrognomon

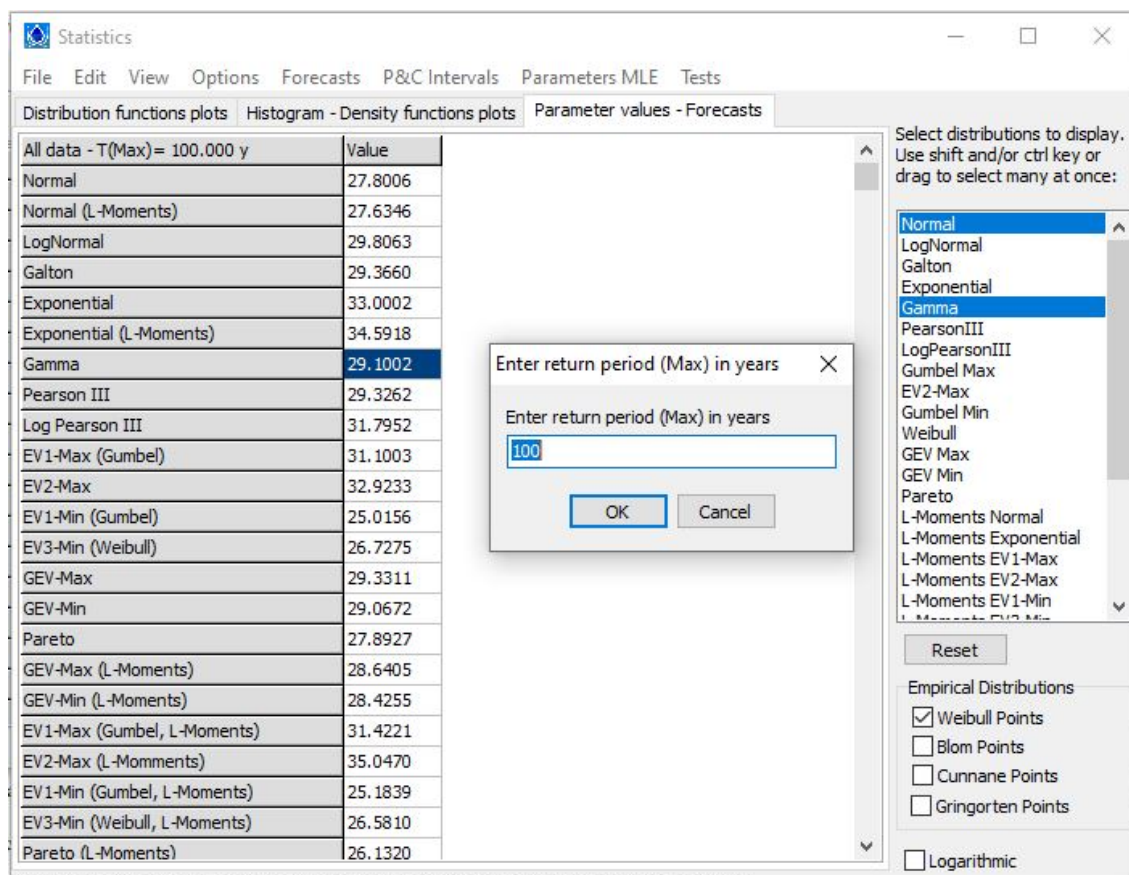
Finalmente para una mayor precisión en el estudio se determina que distribución que mejor se ajusta es el Gamma como se muestra en el gráfico anterior.

d) Precipitación máxima en 24 horas

Con el mismo software Hydrognomon se va a determinar las precipitaciones máximas mediante la distribución Gamma como muestra la siguiente imagen N°23:

Figura 23

Determinación de precipitación máxima para la distribución Gamma



Fuente: Adaptado del software Hydrognomon

La siguiente tabla nos muestra la precipitación máxima en milímetros

Tabla 17

Resultados de precipitaciones máximas usando la distribución Gamma para los siguientes tiempos de retorno

Distribución: Gamma	
Periodo de Retorno	Pmax
T (años)	(mm)
2	18.04
5	21.65
10	23.71
25	26.04
50	27.62
100	29.10
200	30.49
500	32.24
1000	33.50
10000	37.43

Nota. Fuente: Elaboración propia

e) Tormenta de diseño.

Las precipitaciones máximas en 24 horas se realizará la multiplicación con 1.3 para la corrección respectiva que recomienda la [OMM](#)

El hietograma se elaborará utilizando el enfoque de bloque alterno, importante para la modelación en el HEC-HMS.

Según el [MTC \(2012\)](#), recomienda usar la metodología de tormenta Dick y Peschke para tormentas menores a una hora o no se cuente con registros pluviográficos, el método de Bell y Yance tueros se recomienda para período de retorno de entre 10 a 100 años y una duración de 5 a 120 minutos, la metodología de campos para duraciones de 1 a 24 horas , metodología MTC para duraciones de 1 a 48 horas.

Para la presente tesis utilizaremos el método del autor de Dick y Peschke

Para la cuenca Pongora determinamos el diseño de tormenta para los periodos de retorno de: 10, 50, 100, 200, 500 años

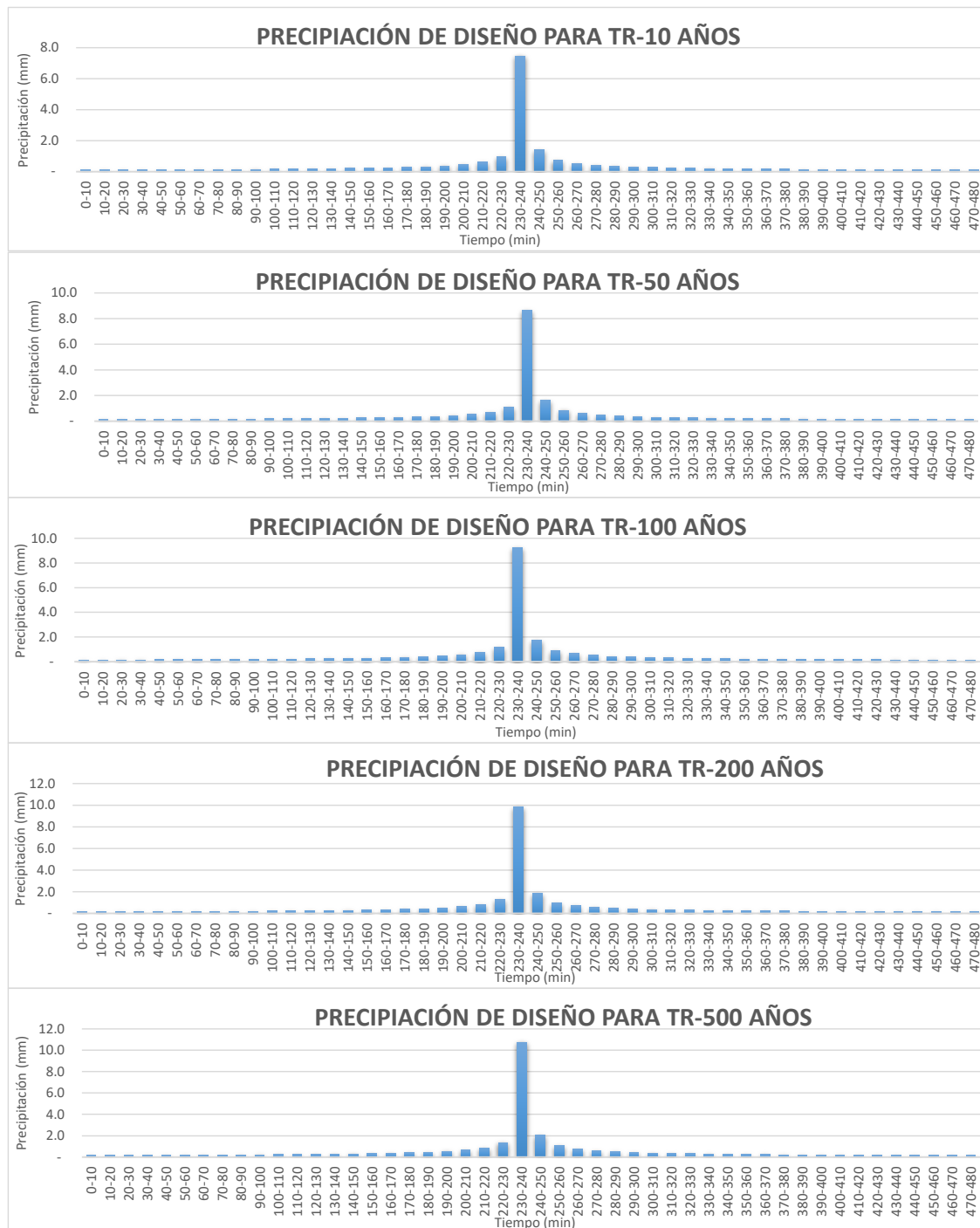
Tabla 18*Precipitación de diseño generada*

CUENCA PONGORA				
TR10	TR50	TR 100	TR 200	TR 500
0.105	0.122	0.130	0.139	0.151
0.108	0.126	0.134	0.143	0.156
0.112	0.130	0.139	0.148	0.162
0.116	0.135	0.144	0.154	0.168
0.121	0.140	0.150	0.160	0.174
0.126	0.146	0.156	0.166	0.181
0.131	0.152	0.163	0.173	0.189
0.137	0.159	0.170	0.181	0.198
0.144	0.167	0.178	0.190	0.207
0.151	0.176	0.188	0.200	0.218
0.160	0.186	0.198	0.211	0.230
0.169	0.197	0.210	0.224	0.244
0.181	0.210	0.224	0.239	0.260
0.194	0.225	0.240	0.256	0.279
0.209	0.243	0.259	0.277	0.302
0.228	0.265	0.283	0.302	0.329
0.251	0.292	0.311	0.332	0.362
0.281	0.326	0.348	0.372	0.405
0.320	0.372	0.397	0.423	0.461
0.375	0.436	0.465	0.496	0.541
0.459	0.533	0.569	0.607	0.662
0.606	0.704	0.751	0.801	0.873
0.947	1.101	1.174	1.253	1.365
7.464	8.675	9.256	9.876	10.759
1.412	1.641	1.751	1.869	2.036
0.733	0.851	0.908	0.969	1.056
0.520	0.605	0.645	0.689	0.750
0.412	0.479	0.511	0.545	0.594
0.345	0.401	0.428	0.457	0.497
0.299	0.347	0.371	0.396	0.431
0.265	0.308	0.329	0.351	0.382
0.239	0.278	0.296	0.316	0.344
0.218	0.254	0.270	0.289	0.314

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Hietograma para los tiempos de retorno siguientes



Fuente: Elaboración propia

3.9.2.4 Estimación del caudal de diseño de las cuencas

Con el HEC- HMS determinaremos los caudales maximos en m^3/s en los periodos de retorno: 10, 50, 100, 200, 500 años

Se tuvo mayor importancia el tiempo de retorno de 100 años porque con este tiempo se hace los modelamientos para poblaciones que se encuentren adyacentes y 50 años para terrenos agrícolas.

a) Diseño de caudales máximos utilizando HEC-HMS

Los máximos caudales se determinaron mediante lo siguiente:

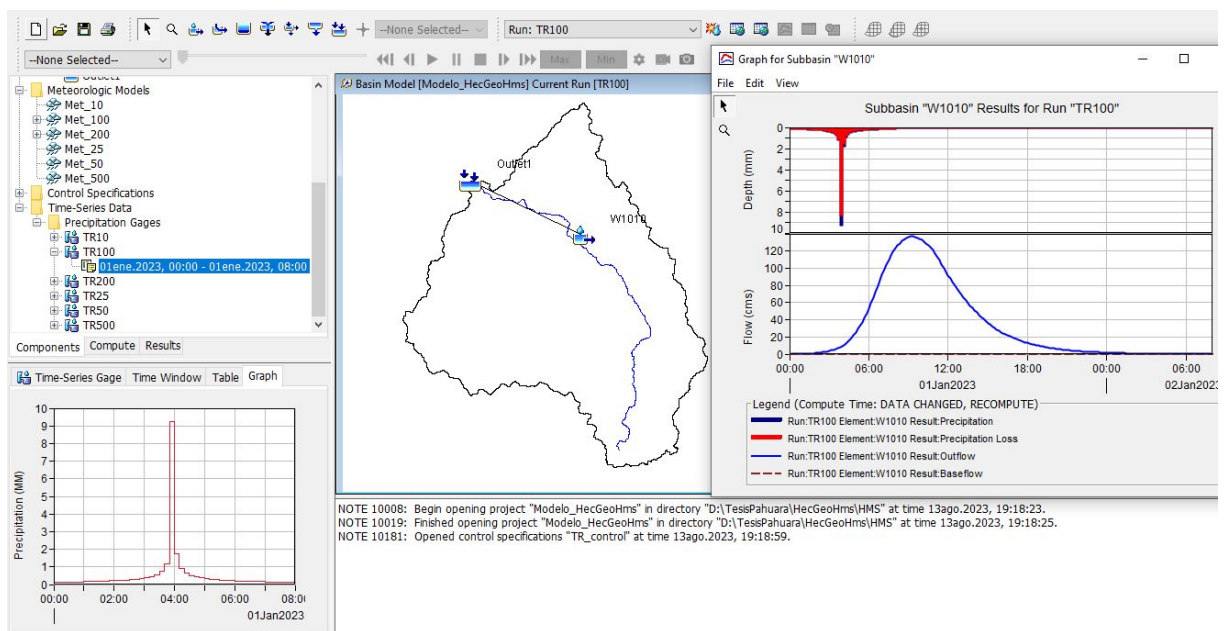
Cabe recordar que se realizó un preproceso de datos con el software HEC-GeoHMS para determinar algunos datos que se necesitan para procesar datos en el HEC-HMS, estos datos se obtuvieron en la presente tesis. Para completar los demás datos ingresaremos los datos obtenidos de tormenta, para los tiempos de retorno de 10, 50, 100, 200, 500 años.

Para el control se utilizó un tiempo de 32 horas para el discurrimiento, desde 01ene.2023, con un start time de 00:00 hasta 02ene.2023, un end time de 08:00 y un intervalo de tiempo de 10 minutos. El tiempo de concentración de la cuenca es de 8 horas.

El proceso se muestra en la siguiente imagen N°25

Figura 25

Modelamiento con el software HEC-HMS en la cuenca Pongora



Fuente: Elaboración propia

Con el software HEC-HMS se determina los máximos caudales requeridos para el modelamiento de inundación.

3.9.3 Modelo de inundación con el software HEC-RAS

3.9.3.1 Levantamiento topográfico

Se hizo mediante RPAS (Sistema de Aeronaves tripuladas por control remoto) específicamente con drones topográficos y la georreferenciación con el GPS Diferencial.

Figura 26

Estacionamiento de GPS diferenciado para la georreferenciación



Fuente: Elaboración propia

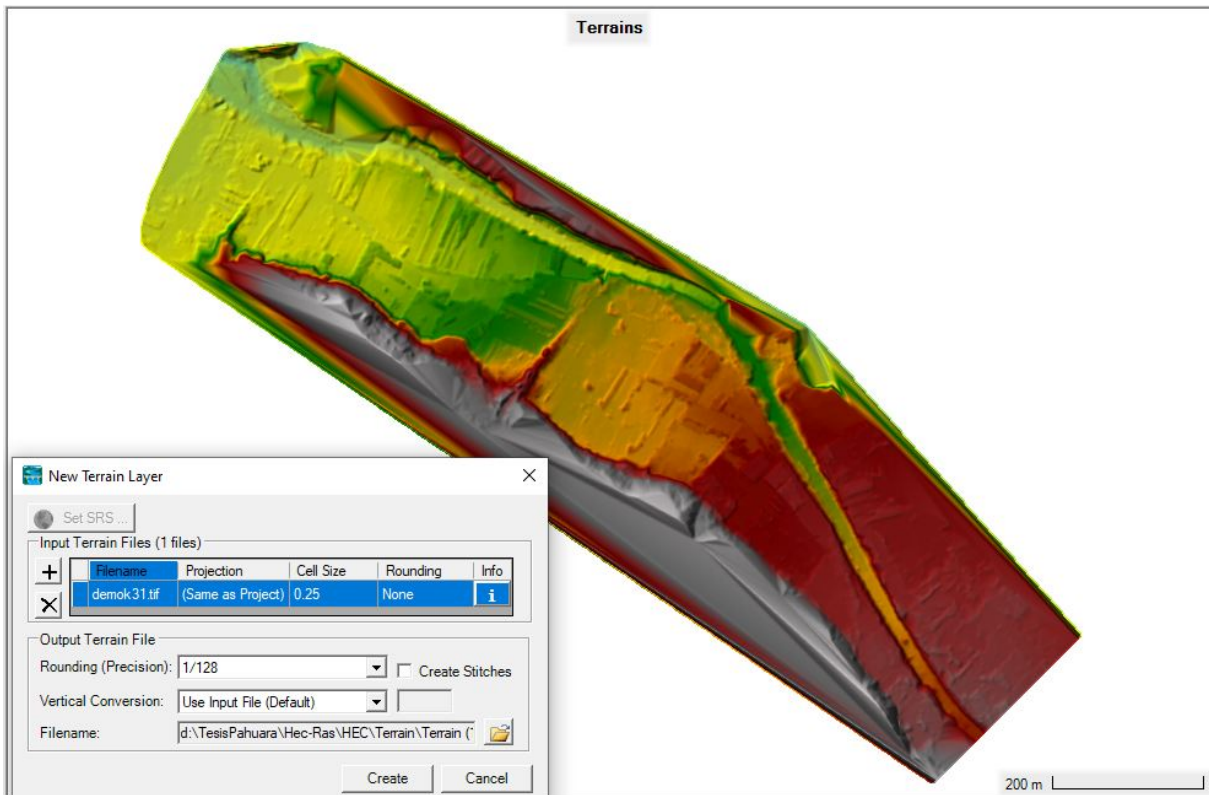
Se hizo el levantamiento en toda la ribera del río Pongora y la población de Pongora, se procesó en el software Civil 3D y se generó una superficie, una vez generado y corregido la superficie se procede a exportar en formato TIFF que es el formato que reconoce el Software HEC-RAS para su modelamiento.

Las imágenes de alta resolución se descargó del SASPlanet.

A continuación se muestra el DEM con celdas de 25 cm generados con el drone topográfico

Figura 27

DEM de toda el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

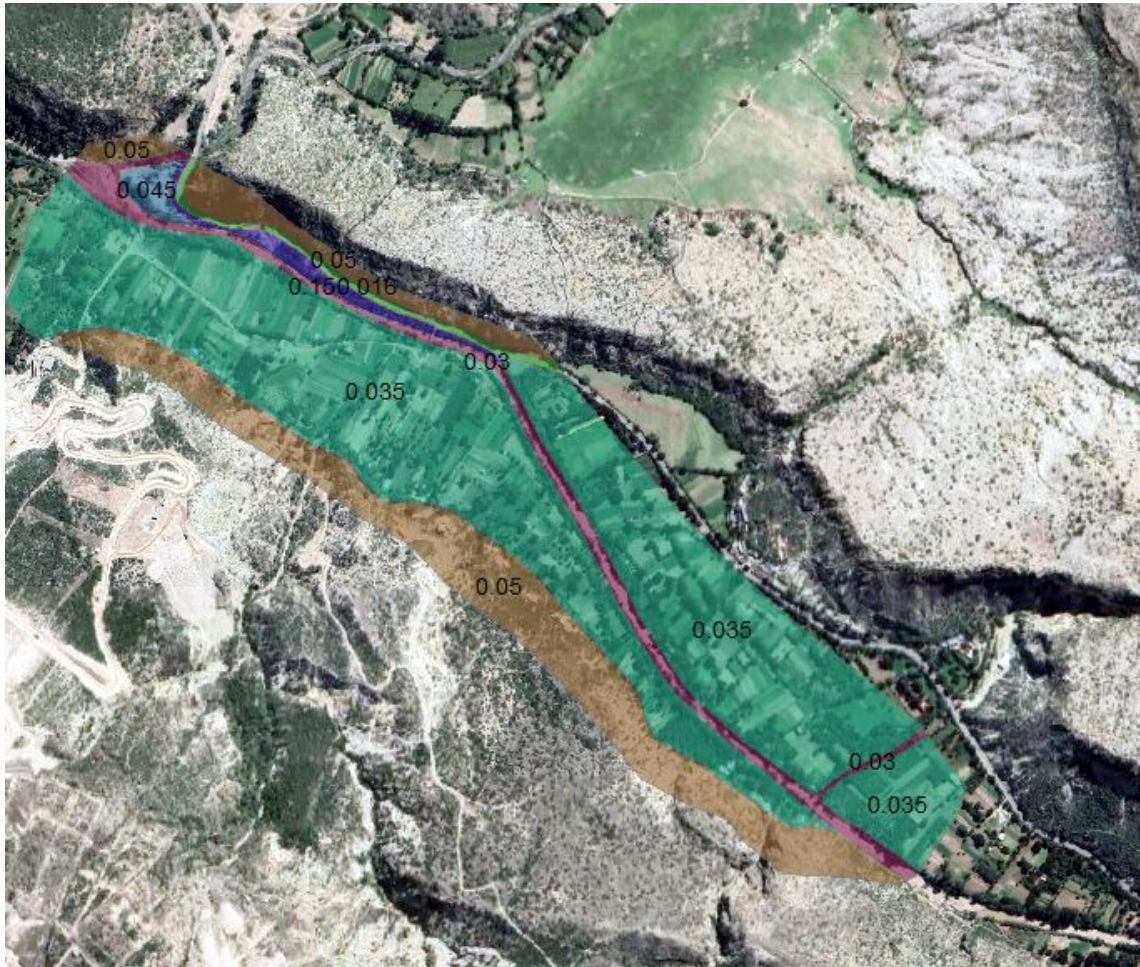
3.9.3.2 Rugosidades en la area de estudio

Para generar la rugosidad se baso en el libro de Ven Te Chow donde se plasmó en un gráfico en formato shapefile, este proceso se realizo con el Software ArcGIS y posteriormente se exporto al HEC-RAS para su posterior modelamiento.

Se considero las rugosidades de árboles, asfalto, Matorrales, rio con matorrales, cultivo en linea maduros y rio corrientes como muestra la figura N° 28

Figura 28

Rugosidades de manning representadas en área de colores



Fuente: Elaboración propia

3.9.3.3 Modelo bidimensional con HEC-RAS

A comparación con las versiones anteriores la versión actual del HEC-RAS es versátil ya que no necesita de un preproceso para su modelamiento todo el proceso de inserción de datos se hace en el mismo software, a partir de la versión 5 viene con características bidimensionales y se puede modelar también con flujo de detritos

El HEC-RAS acepta no menos de 145 datos de caudal si no se llega a este número de datos hay la opción de interpolar hasta llegar al valor mínimo de datos.

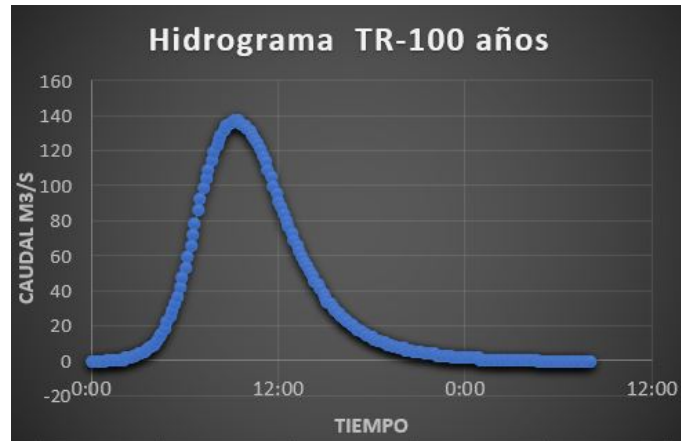
Tabla 19*Caudales para modelamiento en HEC-RAS para un TR=100 años*

N° Orden	PONGORA			N° Orden	PONGORA			N° Orden	PONGORA			N° Orden	PONGORA		
	Fecha	Tiempo (Horas)	Caudal (m3/s)		Tiempo (Horas)	Caudal (m3/s)	Tiempo (Horas)		Caudal (m3/s)	Tiempo (Horas)	Caudal (m3/s)		Tiempo (Horas)	Caudal (m3/s)	
1	01ene.2023	0:00	0	50	8:10	126.4	99	16:20	22.9	148	0:30	1.5			
2	01ene.2023	0:10	0	51	8:20	129.2	100	16:30	21.7	149	0:40	1.4			
3	01ene.2023	0:20	0	52	8:30	131.5	101	16:40	20.5	150	0:50	1.3			
4	01ene.2023	0:30	0	53	8:40	133.5	102	16:50	19.4	151	1:00	1.2			
5	01ene.2023	0:40	0.1	54	8:50	135.1	103	17:00	18.3	152	1:10	1.2			
6	01ene.2023	0:50	0.1	55	9:00	136.3	104	17:10	17.3	153	1:20	1.1			
7	01ene.2023	1:00	0.2	56	9:10	137	105	17:20	16.4	154	1:30	1			
8	01ene.2023	1:10	0.3	57	9:20	137	106	17:30	15.5	155	1:40	1			
9	01ene.2023	1:20	0.4	58	9:30	136.5	107	17:40	14.6	156	1:50	0.9			
10	01ene.2023	1:30	0.5	59	9:40	135.6	108	17:50	13.8	157	2:00	0.8			
11	01ene.2023	1:40	0.7	60	9:50	134.4	109	18:00	13	158	2:10	0.8			
12	01ene.2023	1:50	0.9	61	10:00	133	110	18:10	12.3	159	2:20	0.7			
13	01ene.2023	2:00	1.2	62	10:10	131.2	111	18:20	11.6	160	2:30	0.7			
14	01ene.2023	2:10	1.5	63	10:20	129.2	112	18:30	11	161	2:40	0.6			
15	01ene.2023	2:20	1.8	64	10:30	126.8	113	18:40	10.4	162	2:50	0.6			
16	01ene.2023	2:30	2.2	65	10:40	124	114	18:50	9.8	163	3:00	0.5			
17	01ene.2023	2:40	2.6	66	10:50	120.8	115	19:00	9.3	164	3:10	0.5			
18	01ene.2023	2:50	3.1	67	11:00	117.3	116	19:10	8.8	165	3:20	0.4			
19	01ene.2023	3:00	3.7	68	11:10	113.4	117	19:20	8.3	166	3:30	0.4			
20	01ene.2023	3:10	4.4	69	11:20	109.1	118	19:30	7.8	167	3:40	0.3			
21	01ene.2023	3:20	5.1	70	11:30	104.7	119	19:40	7.4	168	3:50	0.3			
22	01ene.2023	3:30	5.9	71	11:40	100.3	120	19:50	7	169	4:00	0.2			
23	01ene.2023	3:40	6.8	72	11:50	96	121	20:00	6.6	170	4:10	0.2			
24	01ene.2023	3:50	7.8	73	12:00	91.8	122	20:10	6.3	171	4:20	0.2			
25	01ene.2023	4:00	9.2	74	12:10	87.7	123	20:20	5.9	172	4:30	0.2			
26	01ene.2023	4:10	10.9	75	12:20	83.9	124	20:30	5.6	173	4:40	0.1			
27	01ene.2023	4:20	13	76	12:30	80.1	125	20:40	5.3	174	4:50	0.1			
28	01ene.2023	4:30	15.5	77	12:40	76.5	126	20:50	5	175	5:00	0.1			
29	01ene.2023	4:40	18.4	78	12:50	72.9	127	21:00	4.7	176	5:10	0.1			
30	01ene.2023	4:50	21.6	79	13:00	69.4	128	21:10	4.5	177	5:20	0.1			
31	01ene.2023	5:00	25.1	80	13:10	66	129	21:20	4.2	178	5:30	0.1			
32	01ene.2023	5:10	28.9	81	13:20	62.7	130	21:30	4	179	5:40	0.1			
33	01ene.2023	5:20	32.9	82	13:30	59.5	131	21:40	3.8	180	5:50	0.1			
34	01ene.2023	5:30	37.4	83	13:40	56.5	132	21:50	3.6	181	6:00	0			
35	01ene.2023	5:40	42.2	84	13:50	53.6	133	22:00	3.4	182	6:10	0			
36	01ene.2023	5:50	47.4	85	14:00	50.9	134	22:10	3.2	183	6:20	0			
37	01ene.2023	6:00	53	86	14:10	48.2	135	22:20	3	184	6:30	0			
38	01ene.2023	6:10	59.1	87	14:20	45.7	136	22:30	2.8	185	6:40	0			
39	01ene.2023	6:20	65.5	88	14:30	43.2	137	22:40	2.7	186	6:50	0			
40	01ene.2023	6:30	72.3	89	14:40	40.8	138	22:50	2.5	187	7:00	0			
41	01ene.2023	6:40	79.1	90	14:50	38.5	139	23:00	2.4	188	7:10	0			
42	01ene.2023	6:50	85.8	91	15:00	36.3	140	23:10	2.3	189	7:20	0			
43	01ene.2023	7:00	92.3	92	15:10	34.2	141	23:20	2.2	190	7:30	0			
44	01ene.2023	7:10	98.5	93	15:20	32.3	142	23:30	2	191	7:40	0			
45	01ene.2023	7:20	104.3	94	15:30	30.4	143	23:40	1.9	192	7:50	0			
46	01ene.2023	7:30	109.6	95	15:40	28.7	144	23:50	1.8	193	8:00	0			
47	01ene.2023	7:40	114.6	96	15:50	27.1	145	0:00	1.7						
48	01ene.2023	7:50	119	97	16:00	25.6	146	0:10	1.6						
49	01ene.2023	8:00	123	98	16:10	24.2	147	0:20	1.6						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 29

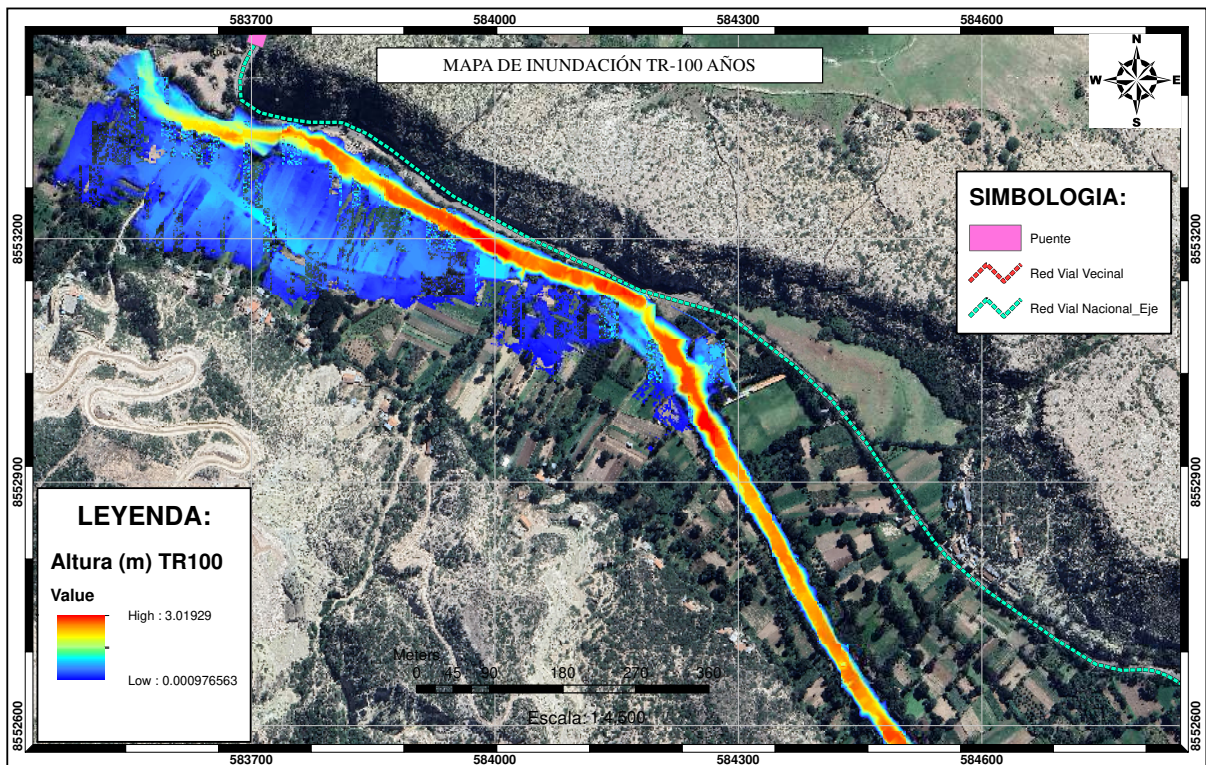
Hidrograma de la cuenca Póngora



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Simulación de inundación para la comunidad de Pongora (TR=100 años)



Fuente: Elaboración propia

3.9.3.4 Comprobación de inundación

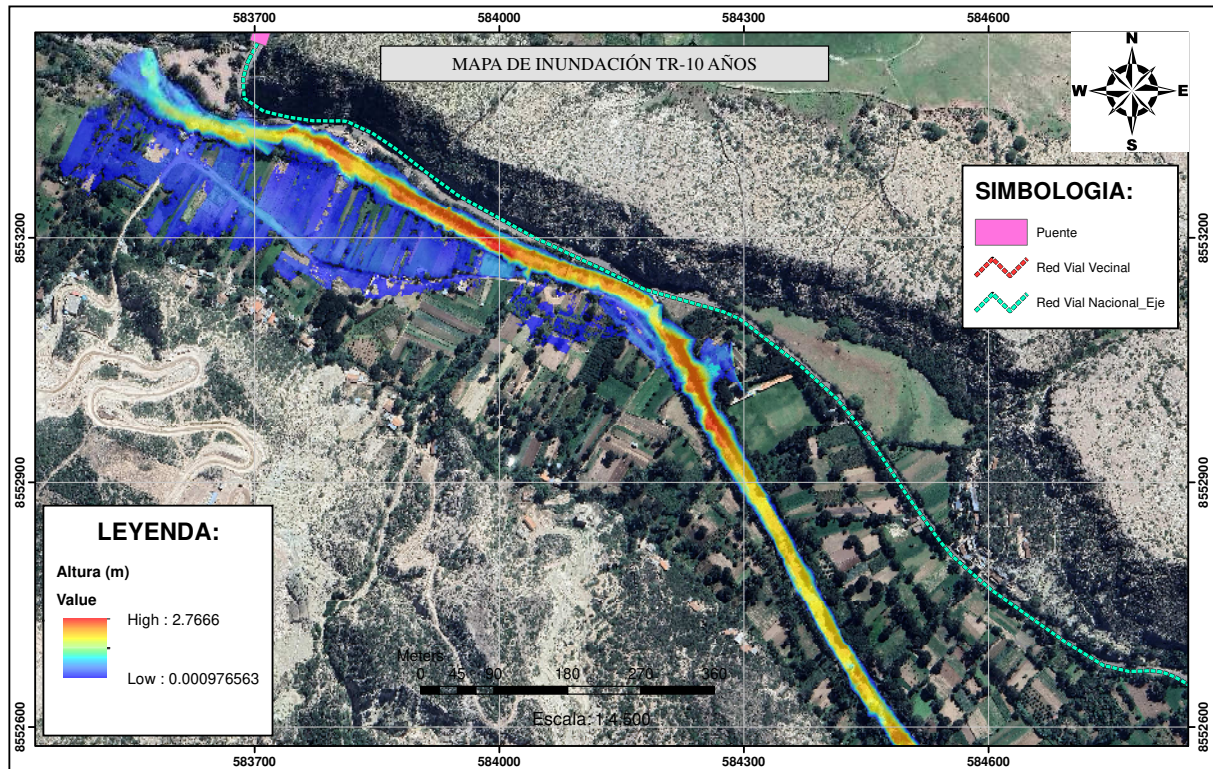
La comprobación de la inundación se hizo con un periodo de retorno de 10 años donde se baso en fotos tomadas en el momento de la inundación , la huella dejada por el evento extremo y también por los relatos de los pobladores, donde se hizo la calibración de la inundación con dicho periodo de

retorno. Los dos últimos eventos extremos ocurrieron el 11 de febrero del año 2011 y el último evento extremo ocurrió el 6 de marzo del 2019 la magnitud de este último se muestra en la figura N°46.

En la siguiente imagen se puede ver la modelación del evento que ocurrió el 6 de marzo del 2019.

Figura 31

Simulación de inundación para un TR de 10 años



Fuente: Elaboración propia

3.9.4 Evaluación del peligro

3.9.4.1 Procedimiento para determinar el peligro

El procedimiento a utilizar es la del CENEPRED que se basa en la metodología saaty que consiste primero en realizar el matriz de comparación de pares luego la matriz de normalización donde se obtendrá el vector de priorización importantes para alimentar el mapa de peligro posteriormente se realiza la matriz de relación de consistencia esto sirve para determinar si nuestra operación es consistente o se va realizar una nueva matriz de comparación de pares.

3.9.4.2 Recopilación de información e identificación del peligro

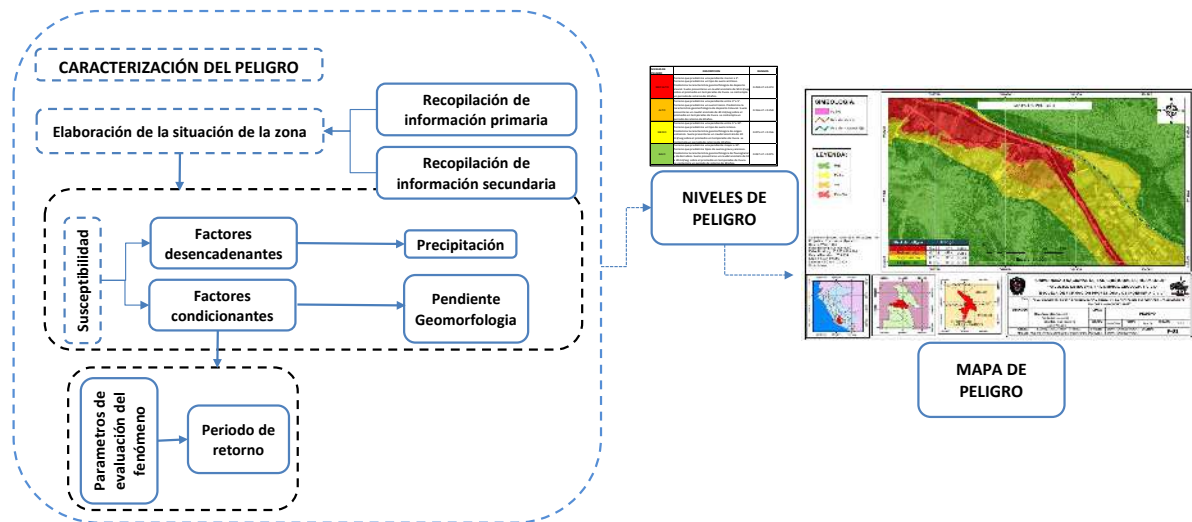
Es fundamental la visita a campo, se recorrió toda la zona en estudio se pregunto a las autoridades y ala población sobre los eventos ocurridos, su magnitud, los daños generados y que hicieron las autoridades para mitigarla.

El **INGEMMET** sera fuente para poder determinar el mapa de geología y geomorfología se corregirá exactamente estos mapas con la visita a campo. Para la pendientes se usa la información del Alaska Satellite, para la precipitación se descargara los datos del PISCO-SENAMHI.

Se identifico el peligro de acuerdo al ultimo evento ocurrido donde se inundo gran parte de la zona en estudio, se identifico la inundación principalmente de areas de cultivo y algunas viviendas

Figura 32

Flujograma de peligro



Fuente: Elaboración propia

3.9.4.3 Parámetro de evaluación

Se estableció el tiempo de retorno para los caudales de 10, 50, 100, 200, 500 años , Todos los modelamientos de inundación se muestran en el anexo de la tesis.

3.9.4.4 Factor desencadenante

a) Precipitación anómala

Se utilizo los procedimientos que recomienda el **Autoridad Nacional del Agua (ANA)** para elaborar las isoyetas, el método de interpolación fue el kriging, se estableció en 5 rangos para la elaboración del mapa de Isoyetas.

3.9.4.5 Factores Condicionantes

Para la presente tesis se considero 3 parámetros: Geológico, geomorfológico y de pendiente, la ponderación de parámetros y el vector de priorización se muestran en el anexo.

a) Geología

Se considero: Depósitos Fluvial, Depósitos Aluviales, Depósitos Eluviales, Formación Huari, Formación Ayacucho, desde la mayor incidencia hasta la menor incidencia en ese orden.

b) Geomorfología

Se considero: Terraza indiferenciada, Vertiente o piedemonte aluvial, Complejo volcánico, Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado, Montaña en roca sedimentaria también se considero de mayor incidencia a menor incidencia en ese orden.

c) Pendiente

De la zona en estudio se determinó pendientes de ; $0^{\circ} - 10^{\circ}$, $10^{\circ} - 20^{\circ}$, $20^{\circ} - 30^{\circ}$, $30^{\circ} - 40^{\circ}$ y de 40° - a más. De igual manera se considero la de mayor incidencia a menor incidencia en ese orden.

3.9.4.6 Susceptibilidad

La susceptibilidad no es mas que la intersección del factor condicionante y desencadenante dándoles un peso de 50 % a cada uno.

3.9.4.7 Niveles de peligrosidad

El peligro esta en función de la susceptibilidad y el parámetro de evaluación (Tiempo de retorno) donde se considero un peso de 40 % y 60 % respectivamente. Los niveles de peligro se dividen en niveles: Muy alto, Alto, Medio y Bajo.

El desarrollo de la peligrosidad se muestra en las siguientes tablas :

Tabla 20

Resumen del desarrollo del peligro

		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR		Ppar x Pdesc	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO		
SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN	40%	Condicionante	50%	Geología	0.613	Depósitos Fluvial	0.468	0.287	
						Depósitos Aluviales	0.268	0.164	
						Depositos Eluviales	0.144	0.088	
						Fm. Huari	0.076	0.046	
						Fm. Ayacucho	0.044	0.027	
				Pendiente	0.118	0° - 10°	0.496	0.059	
						10° - 20°	0.258	0.030	
						20° - 30°	0.138	0.016	
						30° - 40°	0.072	0.008	
						40° - más°	0.036	0.004	
		Geomorfología	0.269	Terraza indiferenciada	0.475	0.128			
				Vertiente o piedemonte aluvial	0.266	0.072			
				Complejo volcánico	0.142	0.038			
				Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado	0.075	0.020			
				Montaña en roca sedimentaria	0.042	0.011			
Desencadenante	50%	Precipitación anómala	1.000	51.05 - 51.24	0.490	0.490			
				50.95 - 51.05	0.264	0.264			
				50.85 - 50.95	0.137	0.137			
				50.75 - 50.85	0.070	0.070			
				50.59 - 50.75	0.039	0.039			
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	60%	Tiempo de retorno	1.000	10 años	0.503	0.503			
				50 años	0.260	0.260			
				100 años	0.134	0.134			
				200 años	0.068	0.068			
				500 años	0.035	0.035			

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Determinación de la peligrosidad

N°	CONDICIONANTE			DECENCADENANTE			SUSCEPTIBILIDAD		PÁRAMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGROSIDAD
	∑ Ppar X Pdesc	Peso con	Valor con	∑ Pdes x Pdesc	Peso des	Valor des	Valor suscs	Peso susc	Valor par. eval	Peso par. eval	
1	0.473		0.237	0.264		0.132	0.369		0.503		0.449
2	0.266		0.133	0.264		0.132	0.265		0.260		0.262
3	0.142	50%	0.071	0.264	50%	0.132	0.203	40%	0.134	60%	0.162
4	0.075		0.038	0.264		0.132	0.170		0.068		0.109
5	0.043		0.021	0.264		0.132	0.154		0.035		0.082

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Niveles con sus respectivos rangos de peligro*

Niveles de peligro		
Nivel de peligro	Rango	
Peligro muy alto	0.262	$\leq P \leq 0.449$
Peligro alto	0.162	$\leq P < 0.262$
Peligro medio	0.109	$\leq P < 0.162$
Peligro bajo	0.082	$\leq P < 0.109$

Nota. Fuente: Elaboración propia**Tabla 23***Nivel, descripción y rango de peligro (Estratificación de Peligro)*

Estratificación de nivel de peligro		
Nivel de peligro	Descripción	Rango
Peligro muy alto	Inundación para tiempos de retorno de 10 a 50 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 51.05 - 51.24 mm, se encuentra geomorfológicamente en terraza indiferenciada, geológicamente se encuentra en el depósito fluvial, con una pendiente entre 0° y 10°.	0.262 $\leq P < 0.449$
Peligro alto	Inundación para tiempos de retorno de 50 a 100 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.95 - 51.05 mm, se encuentra geomorfológicamente en Vertiente o piedemonte aluvial, geológicamente se encuentra en Depósitos Aluviales, con una pendiente entre 10° y 20°.	0.162 $\leq P < 0.262$
Peligro medio	Inundación para tiempos de retorno de 100 a 200 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.85 - 50.95 mm, se encuentra geomorfológicamente en Complejo volcánico, geológicamente se encuentra en Depósitos Eluviales, con una pendiente entre 20° y 30°.	0.109 $\leq P < 0.162$
Peligro bajo	Inundación para tiempos de retorno de 200 a 500 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.75 - 50.85 mm y 50.59 - 50.75 mm, se encuentra geomorfológicamente en Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado y Montaña en roca sedimentaria, geológicamente se encuentra en Fm. Huarí y Fm. Ayacucho, con una pendiente de 30° a más.	0.082 $\leq P < 0.109$

Nota. Fuente: Elaboración propia

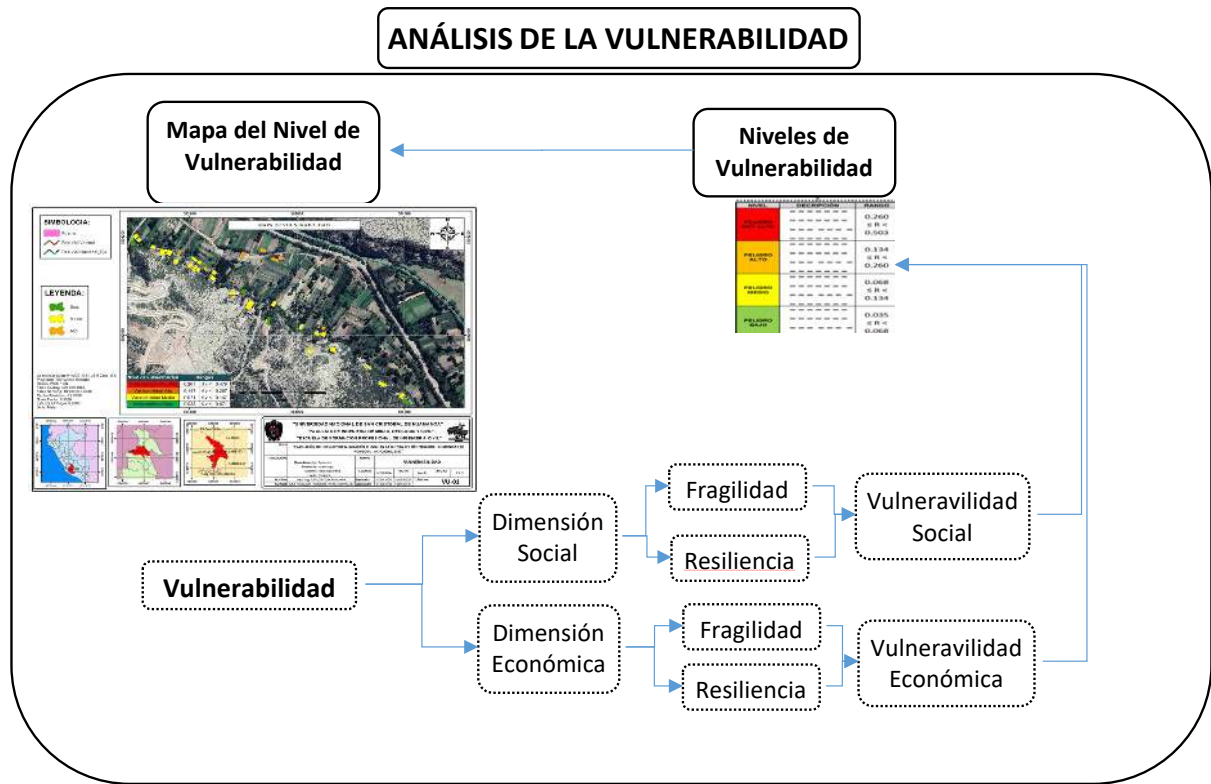
3.9.5 Cálculo de la vulnerabilidad

Se va determinar la vulnerabilidad con el procedimiento del **CENEPRED** que se basa en el análisis de proceso jerárquico

Se va determinar la vulnerabilidad de 35 viviendas susceptibles a inundación fluvial

Figura 33

Flujograma de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

3.9.5.1 Cálculo y cuantificación de los elementos expuestos

Se va determinar la vulnerabilidad de 35 viviendas susceptibles a inundación fluvial

3.9.5.2 Análisis y determinación de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad esta compuesto en: Dimensiones, Factores, Parámetros y Descriptores donde se detallan a continuación

a) Dimensiones

Las dimensiones están compuestas por las dimensiones social y económico, el análisis de proceso ponderado de dimensiones se muestra en la tabla N° 39.

b) Factores

En los factores sociales están compuestos por exposición social y fragilidad, en lo económico en fragilidad y residencia, el análisis de proceso ponderado de factores se muestra en la tabla N° 40.

c) Parámetros

Los parámetros esta compuestos por: Grupo etéreo, Cercanía de la vivienda a la zona de peligro, Abastecimiento de agua, Acceso a la red de desagüe, Acceso a servicio de Alumbrado, Material predominante - pared, Material predominante - techo, Estado de conservación de la vivienda, Ocupación principal (jefe de hogar), Organización comunitaria. El análisis de proceso ponderado de Parámetros se muestra en las tablas N°41, 42, 43, 44.

d) Normalización de los descriptores

El análisis de proceso ponderado de dimensiones se muestra en las tablas

En las tablas N° 45,46,47,48,49, se muestran el análisis de proceso ponderado de los descriptores de la dimensión social. En las tablas N° 50, 51, 52, 53, 54 se muestran el análisis de proceso ponderado de los de los descriptores de la dimensión económica.

A continuación se muestra la estructuración de la vulnerabilidad detallada cada uno con su respectivo peso ponderado.

Tabla 24

Desarrollo de la vulnerabilidad con sus pesos respectivos

DIMENSIÓN		FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO
SOCIAL	0.4	EXPOSICION SOCIAL	0.50	Grupo etéreo	0.600	0 a 5 años y mayor a 65 años	0.480
						De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.290
						De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.127
						De 16 a 30 años	0.065
						De 31 a 50 años	0.038
				Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	0.400	Menor a 30 m. de la zona de peligro	0.480
						Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.290
						Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.127
						Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.065
						Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.038
		FRAGILIDAD SOCIAL	0.50	Abastecimiento de agua	0.539	Otro tipo de abastecimiento de agua	0.505
						Agua de Quebrada	0.246
						Camion cisterna	0.155
						Red publica fuera de la vivienda, pero dentro de la e	0.059
						Red publica dentro de la vivienda	0.035
				Acceso a la red de desagüe	0.297	Campo abierto o aire libre	0.481
						Quebrada	0.274
						Pozo negro (letrina)	0.139
						Sistema de desagüe con biodigestor	0.067
						Red publica de desagüe Dentro de la vivienda	0.040
Acceso a servicio de Alumbrado	0.164	No tiene	0.517				
		Vela	0.232				
		Kerosene, mechero, lampara	0.130				
		Alumbrado publico compartido	0.081				
		Con red publica de alumbrado	0.041				
ECONÓMICA	0.6	FRAGILIDAD ECONÓMICA	0.60	Material predominante - pared	0.539	Triplay	0.451
						Madera	0.277
						Adobe	0.157
						Piedra	0.076
				Material predominante - techo	0.297	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.039
						Otro material	0.470
						Estera y/o paja	0.261
						Madera o caña	0.155
						Calamina y/o tejas	0.080
		Estado de conservación de la vivienda	0.164	Losa de concreto	0.035		
				Deteriodado	0.445		
				En proceso de deterioro	0.298		
				Con refacciones	0.148		
		RESILIENCIA ECONÓMICA	0.40	Ocupación principal (jefe de hogar)	0.500	Regular estado	0.068
						Buen Estado	0.041
						Trabajador familiar no remunerado	0.503
						Obrero / peon	0.260
						Agricultor	0.134
Organización comunitaria	0.500			Empleo / Trabajador independiente	0.068		
				Empleador	0.035		
				No le interesa	0.465		
				Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.238		
						Conoce las rutas de evacuación	0.171
						Tiene brigadas de emergencia	0.083
						Tiene brigadas de emergencia y participa	0.043

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.9.5.3 vulnerabilidad y sus niveles

Tabla 25

Peso y valores de la dimensión Social

DIMENSIÓN SOCIAL										
Exposición				Fragilidad					VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
Grupo étnico	Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Acceso a la red de desagüe	Acceso a servicio de Alumbrado	Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social		
Pdes x P par	Pdes x P par		P_FACTOR	Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par		P_FACTOR		
0.29	0.19	0.48	0.500	0.27	0.14	0.08	0.50	0.500	0.490	0.4
0.17	0.12	0.29	0.500	0.13	0.08	0.04	0.25	0.500	0.271	0.4
0.08	0.05	0.13	0.500	0.08	0.04	0.02	0.15	0.500	0.136	0.4
0.04	0.03	0.07	0.500	0.03	0.02	0.01	0.06	0.500	0.065	0.4
0.02	0.02	0.04	0.500	0.02	0.01	0.01	0.04	0.500	0.038	0.4

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Peso y valores de la dimensión Económica

DIMENSIÓN ECONOMICA										
Fragilidad					Resiliencia				VALOR DIMENSIÓN ECONOMICA	PESO DIMENSIÓN ECONOMICA
Material predominante pared	Material predominante techo	Estado de conservación de la vivienda	Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	Ocupación principal (jefe de hogar)	Organización comunitaria	Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica		
Pdes x P par	Pdes x P par	Pdes x P par			Pdes x P par	Pdes x P par				
0.24	0.14	0.07	0.46	0.60	0.25	0.23	0.48	0.400	0.467	0.60
0.15	0.08	0.05	0.28	0.60	0.13	0.12	0.25	0.400	0.265	0.60
0.08	0.05	0.02	0.16	0.60	0.07	0.09	0.15	0.400	0.154	0.60
0.04	0.02	0.01	0.08	0.60	0.03	0.04	0.08	0.400	0.076	0.60
0.02	0.01	0.01	0.04	0.60	0.02	0.02	0.04	0.400	0.038	0.60

Nota. Fuente: Elaboración propia

La dimensión económica y sus valores figuran en el anterior cuadro.

Los rangos de la vulnerabilidad están compuestos en: Muy alto, Alto, Medio y Bajo representado con sus colores respectivos.

Tabla 27

Nivel de vulnerabilidad y sus respectivos rangos

Niveles de vulnerabilidad	
Nivel de vulnerabilidad	Rangos
Vulnerabilidad Muy Alta	0.267 ≤ v < 0.476
Vulnerabilidad Alta	0.147 ≤ v < 0.267
Vulnerabilidad Media	0.071 ≤ v < 0.147
Vulnerabilidad Baja	0.038 ≤ v < 0.071

Nota. Fuente: Elaboración propia

Lo que se muestra en la tabla siguiente es la estratificación del nivel de vulnerabilidad donde se describe cada nivel y representado con su respectivo rango y color.

Tabla 28

Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Grupo etáreo (de 0 a 5 años y mayor a 65 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (menor a 30 de la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Otro tipo de abastecimiento de agua). Acceso a la red de desagüe (Campo abierto o aire libre). acceso a servicio de alumbrado (No tiene). Material predominante de las paredes (Triplay). Material predominante de techo (Otro material). Estado de conservación de la vivienda (Deteriorado). Ocupación principal del jefe del hogar (Trabajador familiar no remunerado). Organización comunitaria (No le interesa).	$0.27 \leq V < 0.48$
VULNERABILIDAD ALTA	Grupo etáreo (de 6 a 12 y 61 a 65 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Entre 30 y 50m a la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Agua de quebrada). Acceso a la red de desagüe (quebrada). acceso a servicio de alumbrado (vela). Material predominante de la pared (Madera). Material predominante de techo (Estera y/o paja). Estado de conservación de la vivienda (En proceso de deterioro). Ocupación principal del jefe del hogar (Obrero/Peón). Organización comunitaria (Le interesa participar en las brigadas de emergencia).	$0.146 \leq V < 0.27$
VULNERABILIDAD MEDIA	Grupo etáreo (De 13 a 15 años y 51 a 60 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Entre 50 y 100 a la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Camion cisterna). Acceso a la red de desagüe (Pozo negro- letrina). acceso a servicio de alumbrado (Kerosene, mechero, lampara). Material predominante de los pares (Adobe). Material predominante de techo (Madera o caña). Estado de conservación de la vivienda (Con refacciones). Ocupación principal del jefe del hogar (Agricultor). Organización comunitaria (Conoce las rutas de evacuación).	$0.07 \leq V < 0.15$
VULNERABILIDAD BAJA	Grupo etáreo (de 16 a 50 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Mayores a 100 m de la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Red publica fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y Red publica dentro de la vivienda). Acceso a la red de desagüe (Sistema de desagüe con biodigestor y Red publica de desagüe Dentro de la vivienda). acceso a servicio de alumbrado (Alumbrado publico compartido y Con red publica de alumbrado). Material predominante de los pares (Piedra y ladrillo y/o bloqueta de cemento). Material predominante de techo (Calamina y/o teja y Losa de concreto). Estado de conservación de la vivienda (Regular estado y en buen estado). Ocupación principal del jefe del hogar (Empleado y/o trabajador independiente y Empleador). Ingreso promedio mensual (Menor al sueldo mínimo). Organización comunitaria (Tiene brigadas de emergencia y Participa).	$0.039 \leq V < 0.07$

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.9.6 Cálculo del riesgo

Se obtiene al multiplicar los valores del rango de vulnerabilidad y los valores de rango del peligro donde se obtiene un rango de valores de Riesgo como se observa en la tabla siguiente N°29.

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t \quad (3.1)$$

Tabla 29*Calculo de los valores de riesgo*

PELIGRO (P)	VULNERABILIDAD (V)	VALOR DE RIESGO P*V=(R)
0.449	0.476	0.214
0.262	0.267	0.070
0.162	0.147	0.024
0.109	0.071	0.008
0.082	0.038	0.003

Nota. Fuente: Elaboración propia**Tabla 30***Riesgo y sus niveles*

Niveles de riesgo	
NIVEL DE RIESGO	RANGO $\leq R <$ RANGO
MUY ALTO	0.070 $\leq R <$ 0.214
ALTO	0.024 $\leq R <$ 0.070
MEDIO	0.008 $\leq R <$ 0.024
BAJO	0.003 $\leq R <$ 0.008

Nota. Fuente: Elaboración propia**Tabla 31***Matriz de Riesgo*

Peligro Muy Alto	0.449	0.032	0.0660	0.1200	0.2140
Peligro Alto	0.262	0.019	0.0390	0.0700	0.1250
Peligro Medio	0.162	0.012	0.0240	0.0430	0.0770
Peligro Bajo	0.109	0.008	0.0160	0.0290	0.0520
		0.071	0.147	0.267	0.476
		Vulnerabilidad Bajo	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Estratificación de los niveles de Riesgo

ESTRATIFICACION DE NIVELES DE RIESGO		
Niveles	Descripción	RANGO
MUY ALTO	Inundación para tiempos de retorno de 10 a 50 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 51.05 - 51.24 mm, se encuentra geomorfológicamente en terraza indiferenciada, geológicamente se encuentra en el depósito fluvial, con una pendiente entre 0° y 10°. Grupo etáreo (de 0 a 5 años y mayor a 65 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (menor a 30 de la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Otro tipo de abastecimiento de agua). Acceso a la red de desagüe (Campo abierto o aire libre). acceso a servicio de alumbrado (No tiene). Material predominante de las paredes (Triplay). Material predominante de techo (Otro material). Estado de conservación de la vivienda (Deteriorado). Ocupación principal del jefe del hogar (Trabajador familiar no remunerado). Organización comunitaria (No le interesa).	0.071 ≤ R < 0.236
ALTO	Inundación para tiempos de retorno de 50 a 100 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.95 - 51.05 mm, se encuentra geomorfológicamente en Vertiente o piedemonte aluvial, geológicamente se encuentra en Depósitos Aluviales, con una pendiente entre 10° y 20°. Grupo etáreo (de 6 a 12 y 61 a 65 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Entre 30 y 50m a la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Agua de quebrada). Acceso a la red de desagüe (quebrada). acceso a servicio de alumbrado (vela). Material predominante de la pared (Madera). Material predominante de techo (Estera y/o paja). Estado de conservación de la vivienda (En proceso de deterioro). Ocupación principal del jefe del hogar (Obrero/Peón). Organización comunitaria (Le interesa participar en las brigadas de emergencia).	0.02 ≤ R < 0.071
MEDIO	Inundación para tiempos de retorno de 100 a 200 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.85 - 50.95 mm, se encuentra geomorfológicamente en Complejo volcánico, geológicamente se encuentra en Depósitos Eluviales, con una pendiente entre 20° y 30°. Grupo etáreo (De 13 a 15 años y 51 a 60 años). Cercanía de la vivienda a la zona de peligro (Entre 50 y 100 a la zona de peligro). Abastecimiento de agua (Camion sistema). Acceso a la red de desagüe (Pozo negro- letrina). acceso a servicio de alumbrado (Kerosene, mechero, lampara). Material predominante de los pares (Adove). Material predominante de techo (Madera o caña). Estado de conservación de la vivienda (Con refacciones). Ocupación principal del jefe del hogar (Agricultor). Organización comunitaria (Conoce las rutas de evacuación).	0.005 ≤ R < 0.02
BAJO	Inundación para tiempos de retorno de 200 a 500 años, Nivel de precipitación máxima 24 hr para período de retorno de 100 años de 50.75 - 50.85 mm y 50.59 - 50.75 mm, se encuentra geomorfológicamente en Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado y Montaña en roca sedimentaria, geológicamente se encuentra en Fm. Huari y Fm. Ayacucho, con una pendiente de 30° a más. vivienda, pero dentro de la edificación y Red publica dentro de la vivienda). Acceso a la red de desagüe (Sistema de desagüe con biodigestor y Red publica de desagüe Dentro de la vivienda). acceso a servicio de alumbrado (Alumbrado publico compartido y Con red publica de alumbrado). Material predominante de los pares (Piedra y ladrillo y/o bloqueta de cemento). Material predominante de techo (Calamina y/o teja y Losa de concreto). Estado de conservación de la vivienda (Regular estado y en buen estado). Ocupación principal del jefe del hogar (Empleado y/o trabajador independiente y Empleador). Ingreso promedio mensual (Menor al sueldo mínimo). Organización comunitaria (Tiene brigadas de emergencia y Participa).	0.001 ≤ R < 0.005

Nota. Fuente: Elaboración propia

Resultados

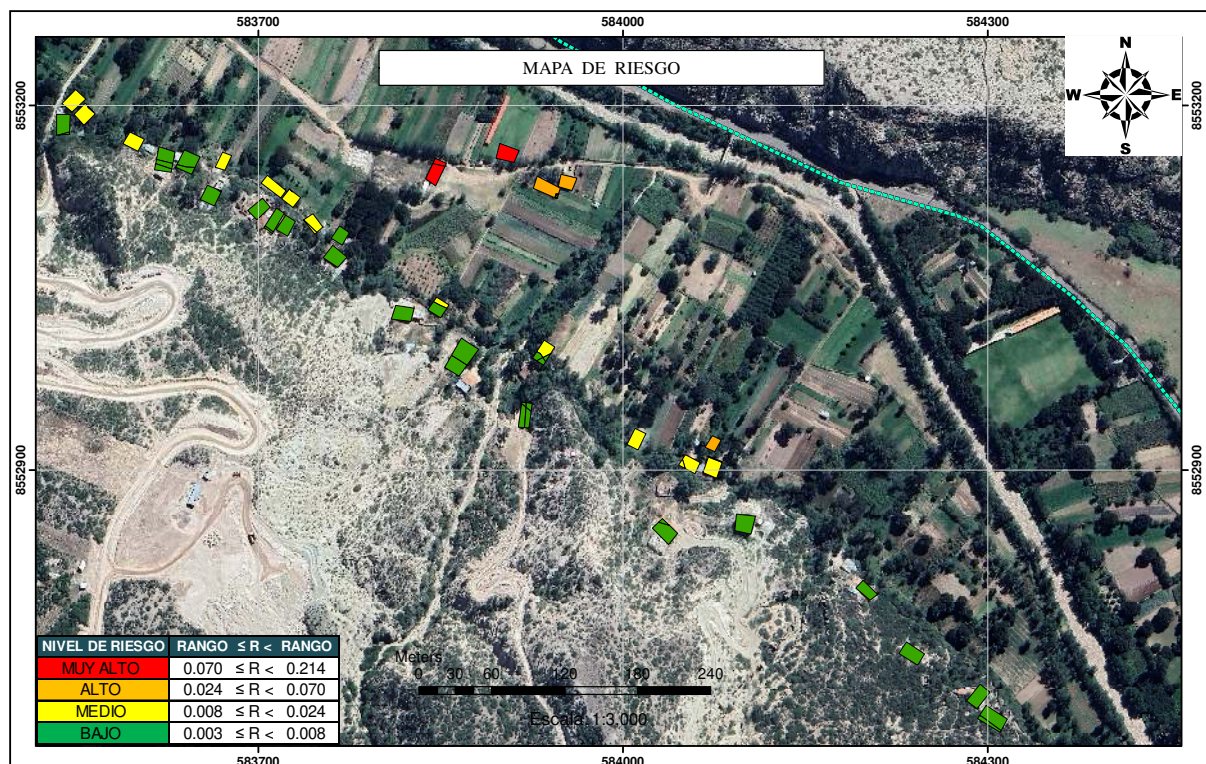
En este capítulo se va desarrollar la interpretación y contrastación de hipótesis.

4.1 Análisis e interpretación

4.1.1 Riesgo

Figura 34

Niveles de riesgo por vivienda

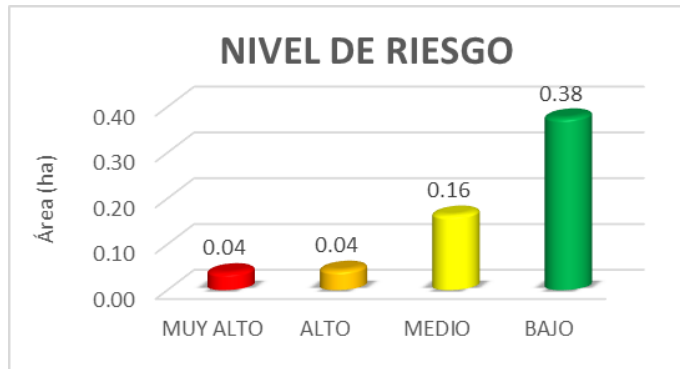


Fuente: Elaboración propia

De un total de 0.62 hectáreas analizadas a nivel de vivienda se determinó lo siguiente: que el 6 % del área de estudio de viviendas se encuentra en un nivel muy alto, el 7 % en un nivel alto, 26 % en un nivel medio y 61 % en un nivel bajo.

Figura 35

Area versus niveles de riesgo



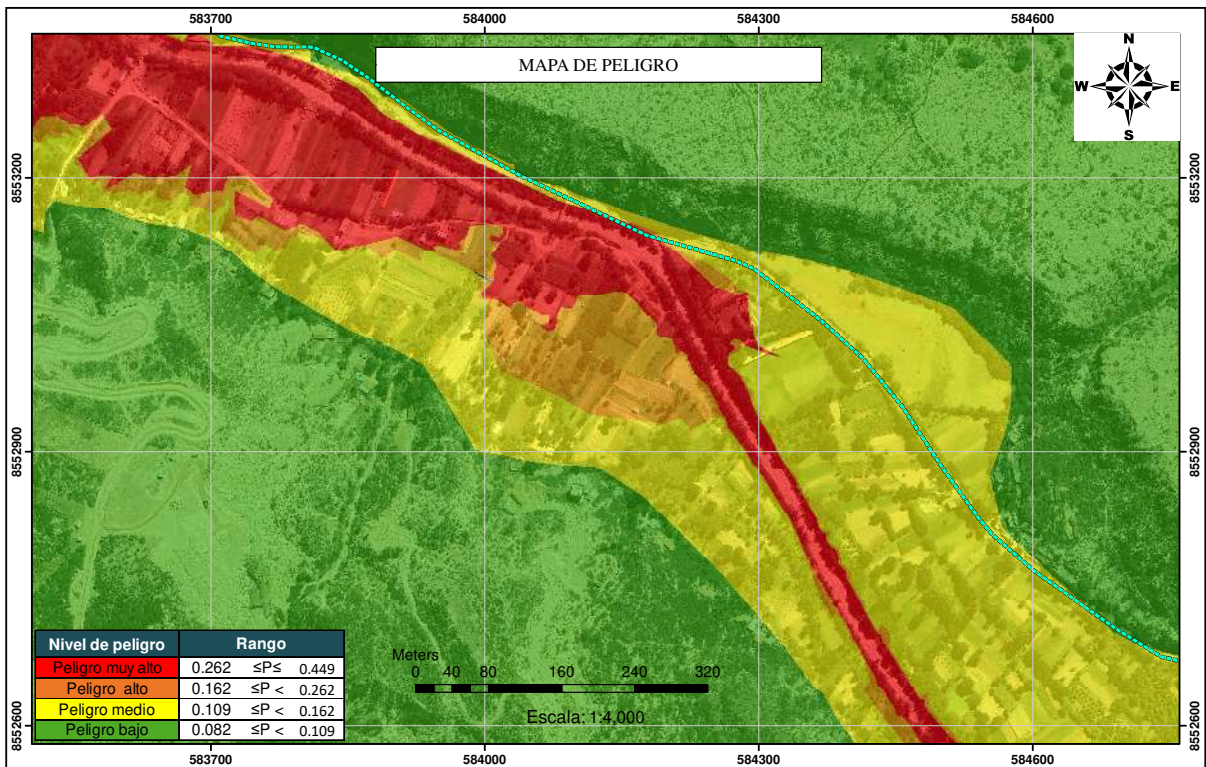
Fuente: Elaboración propia

Del mapa de riesgo se observa que hay 2 viviendas que se encuentran en un nivel muy alto, otras 2 en un nivel alto, 11 viviendas en un nivel medio y 20 viviendas en un nivel bajo.

4.1.2 Peligro

Figura 36

Niveles de peligro en la área de estudio

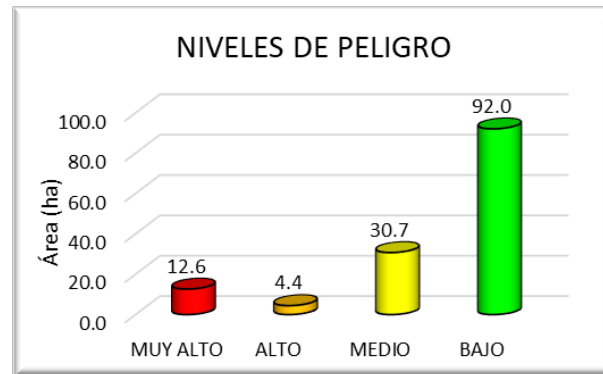


Fuente: Elaboración propia

Del mapa de peligro se observa que dentro del área de estudio el 9 % se ubica en un peligro Muy Alto, el 3 % se ubica en un nivel alto, el 22 % se ubica en un nivel medio y un 66 % se ubica en un nivel bajo.

Figura 37

Area versus niveles de peligro



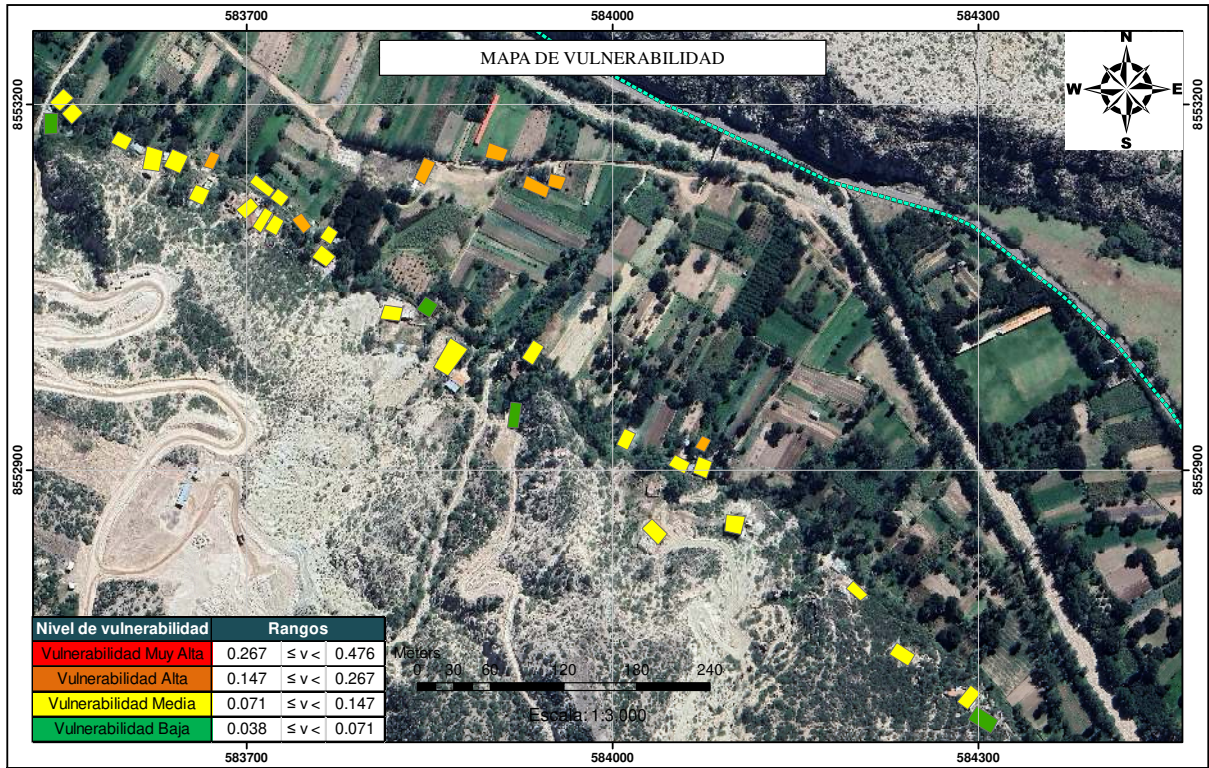
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N°37 se deduce que la gran mayoría se encuentra en un peligro bajo siendo las partes bajas y planas la de mayor peligro.

4.1.3 Vulnerabilidad

Figura 38

Mapa de vulnerabilidad y niveles.

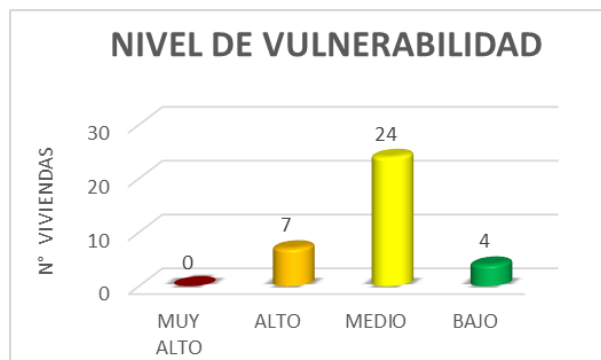


Fuente: Elaboración propia

Del mapa de vulnerabilidad se observa que 0 viviendas se encuentran en un nivel muy alto, 7 viviendas en un nivel alto, 24 viviendas en un nivel medio y 4 viviendas en un nivel bajo.

Figura 39

Número de viviendas versus niveles de vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se interpreta que mayor cantidad de viviendas se encuentran en un nivel medio.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Dentro del parámetro de evaluación considere la frecuencia o tiempo de retorno, donde se hizo las modelaciones mediante el software HEC-RAS en los tiempos de retorno de 10, 50, 100, 200 y 500 años donde se observa que si influyen en el nivel de riesgo, como muestran los mapas en las imágenes N° 52, 53, 54, 55 y 56. Donde se concluye que 2 viviendas se encuentran en un nivel de riesgo muy alto, 3 viviendas en un nivel alto, 11 viviendas en un nivel medio y 19 viviendas en un nivel bajo, también se determino que para un TR de 10 años ocasionaron daños de 5.3 hectáreas en areas de cultivo.

Asimismo del proceso de la investigación se concluyo lo siguiente:

- Al obtener los parámetros morfométricos se determina que la cuenca contiene una extension de 507 km², un perímetro de 182 km y una longitud de curso mas largo de 67 km, como muestra la imagen N°10 donde se determino que estos parámetros influyen en el nivel de peligro por inundación.
- Al determinar los caudales en el software HEC-HMS se observa la magnitud de los caudales en un tiempo determinado como muestra la imagen N°19, estos caudales influyen en la vulnerabilidad de la población de Pongora en el parámetro cercanía de la vivienda a la zona de inundación.

Recomendaciones

La viviendas que se ubican en un riesgo muy alto y alto se recomienda su reubicación ya que encuentran en un peligro latente a inundación fluvial.

- Para determinar la morfometría se recomienda descargar imágenes satélites de un mínimo de 12.5 metros pixeles para no tener problemas en el procesamiento de datos en los ordenadores.
- Se recomienda calibrar los caudales previamente para determinar los caudales en los diferentes periodos de retorno de una manera mas real.

Trabajos futuros

- Realizar estudios de evaluación de riesgo en todas las zonas inundables de la cuenca Pongora.

- Realizar un plan de ordenamiento territorial y trazo de franja marginal en toda la rivera del río Pongora.
- Realizar estudios para la construcción de gabiones ya que en esa zona se encuentra gran cantidad de piedras de canto rodado.

Referencias bibliográficas

- Arango, Y. (2021). *Modelamiento geoespacial para evaluar la vulnerabilidad ambiental, ante la ocurrencia de inundaciones, en la zona de Accomayo, Región Ayacucho, 2021* [Tesis]. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad Cesar Vallejo. Lima. (Pág. 10).
- Armero, I. L., Maestre, R. G., y Cantero, J. G. (2021). *Las inundaciones en España y en Europa: un problema que sube de nivel. Segunda parte*. Instituto Español de Estudios Estratégicos. (Pág. 1).
- Aroni, P. F., y Pareja, H. O. M. (2020). *Gestión de datos con tecnología geomática para la mitigación del riesgo de desastres por fenómenos naturales* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil]. Universidad Ricardo Palma. Lima. (Pág. 11).
- Aybar, C. L., Lavado, W., Huerta, A., Fernández, C., Vega, F., Sabino, E., y Felipe, O. G. (2017). Uso del producto grillado pisco de precipitación en estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico. Nota Técnica N 001 SENAMHI-DHI-2017 (págs. 14, 15).
- Benítez, L. M. (2016). *Insumos técnicos para la modelación probabilística de riesgo de inundaciones en la cuenca del río Sucio utilizando el modelo Capra* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil]. Universidad de el Salvador. El Salvador. (Págs. 11, 12).
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 02 versión*. NEVA STUDIO SAC. (Págs. 9, 39-47).
- Chetyrina, A. (2017). Análisis y determinación de las curvas IDF en Navarra (págs. 19-22).
- Chiew, F., y Siriwardena, L. (2005). *User guide trend change detection software*. CRC for Catchment Hydrology. (Págs. 15, 16).
- Chow, V., Maidment, D., y Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada* (M. Graw-Hill, Ed.). (Págs. 16, 17, 19, 25, 27, 28, 31).
- Chow, V. T., et al. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill. (Pág. 36).
- Doménech, S., Ollero, A., y Sánchez, M. (2008). Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio. *Geographicalia*, (54), 17-44 (pág. 9).
- García, W., Suárez, Y., y Herbas, E. (2017). Risk assessment and mitigation measures for flood events in the Municipality of Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia) (págs. 7, 37).

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. (Pág. 48).
- León, F. (2014). *Estimación de riesgo de desastre en las quebradas de Santa Cecilia y Pilacucho del barrio Santa Ana, Ayacucho* [Tesis]. Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga. Ayacucho. (Pág. 10).
- Lucas, G. (2014). *Estimación de riesgo de desastre en las quebradas de Santa Cecilia y Pilacucho del barrio Santa Ana, Ayacucho* [Tesis]. Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga. Ayacucho. (Pág. 8).
- Morche, W., Albán Avila, C. A., De la Cruz Wetzell, J. S., y Cerrón Zeballos, F. (1995). Geología del cuadrángulo de Ayacucho. Hoja: 27-ñ-[Boletín A 61]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET* (pág. 38).
- MTC. (2012). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. (Págs. 24-33, 68).
- Nanía, L. (2007). Manual Básico de HEC-HMS 3.0. 0 y HEC-GeoHMS 1.1. Universidad de Granada-España. (Pág. 34).
- OMM. (2011). *Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas* (6.^a ed.). (Pág. 18).
- Poma, M. (2020). *Evaluación del peligro por inundación pluvial de la Quebrada Santa Cecilia, Huamanga, Ayacucho, 2020* [Tesis]. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad Cesar Vallejo. Lima. (Pág. 9).
- Puerta, R., Rengifo, J., y Bravo, N. (2011). *Arcgis básico 10*. Universidad nacional agraria de la selva. (Pág. 35).
- Quillama, A. (2019). Informe de evaluación del riesgo por inundación fluvial en el centro poblado de illaura, distrito de san miguel provincia de la mar, departamento de ayacucho. *CENEPRED*, 17 (pág. 3).
- Quiroz, O., Grondona, S., Massone, H., Farenga, M., Martinez, G., y Martínez, D. (2013). Modelo de anegamiento y estrategia de predicción-prevención del riesgo de inundación en áreas de llanura: el sudeste de la provincia de Buenos Aires como caso de estudio (págs. 7, 37).
- Sarazu, J. (2018). *Modelación Hidráulica Con El Modelo Hec-ras 2d*, HyG ingenieros. (Pág. 35).
- Sardon Quispe, H. M., Lavado-Casimiro, W., y Felipe-Obando, O. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú, estudio final*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (Pág. 2).

- Soria, H., Camarasa, A. M., y Carmona, P. (2015). Riesgo de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 5(1), 11-24 (pág. 9).
- Suárez, Z. E., Sepúlveda, O., Patarroyo, M., y Canaria, L. C. (2020). Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. *Información tecnológica*, 31(1), 193-206 (pág. 25).
- Vera, D. (2018). *Susceptibilidad a inundaciones por intensas lluvias en la parte céntrica de la Parroquia Abdón Calderón del Cantón Portoviejo* [Tesis]. JIPIJAPA-UNESUM. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Ecuador. (Págs. 8, 35).
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (MaxSoft, Ed.). (Págs. 11-14, 22, 23, 32).
- Villón, M. (2012). *HidroEsta 2: cálculos hidrológicos: manual del usuario*. (Pág. 26).
- Wikipedia. (2022). Aluvión — Wikipedia, La enciclopedia libre [Internet; descargado 29-diciembre-2022]. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aluvi%C3%B3n&oldid=145971464> (pág. 37).

ANEXOS

Parte I

Panel Fotográfico

Figura 40

Vista panorámica a través del drone de las riberas del río Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Instalación de barreras con troncos provisionales por parte de la población para impedir el desborde de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Encuesta realizada a pobladora de la comunidad de Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 43

Caudal del río Pongora en épocas de estiaje



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

En la imagen se observa que la actividad principal del comunidad de Pongora es la Agricultura



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

No existe alumbrado publico solo postes de transmisión eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Figura 46

Reunion con las autoridades después de la inundación ocurrida el 6 de marzo del 2019



Fuente: Municipalidad de Jesus Nazareno

Figura 47
Ficha de encuesta

FICHA DE ENCUESTA DE VULNERABILIDAD

Encuestador: Félix Pahuara, Carlos

TESIS: Evaluación del riesgo por inundación fluvial en la cuenca del río Pongora - Comunidad de Pongora - Ayacucho, 2022

Ubicación		SECTOR	VIVIENDA	COORDENADAS	
Distrito	Comunidad			E:	N:
Jesús Nazareno	Pongora				

Marque con una "X" si corresponde o predomina a su grupo de hogar

PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
Grupo etéreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	
	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	
	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	
	De 16 a 30 años	
	De 31 a 50 años	
Abastecimiento de agua	Otro tipo de abastecimiento de agua	
	Agua de Quebrada	
	Camión cisterna	
	Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	
	Red pública dentro de la vivienda	
Acceso a la red de desagüe	Campo abierto o aire libre	
	Quebrada	
	Pozo negro (letrina)	
	Sistema de desagüe con biodigestor	
	Red pública de desagüe Dentro de la vivienda	
Acceso a servicio de Alumbrado	No tiene	
	Vela	
	Kerosene, mechero, lampara	
	Alumbrado público compartido	
	Con red pública de alumbrado	
Material predominante - pared	Triplay	
	Madera	
	Adobe	
	Piedra	
	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	
Material predominante - techo	Otro material	
	Estera y/o paja	
	Madera o caña	
	Calamina y/o tejas	
	Losa de concreto	
Estado de conservación de la vivienda	Deteriorado	
	En proceso de deterioro	
	Con refacciones	
	Regular estado	
	Buen Estado	
Ocupación principal (jefe de hogar)	Trabajador familiar no remunerado	
	Obrero / peón	
	Agricultor	
	Empleado / Trabajador independiente	
	Empleador	
Organización comunitaria	No le interesa	
	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	
	Conoce las rutas de evacuación	
	Tiene brigadas de emergencia	
	Tiene brigadas de emergencia y participa	

Fuente: Elaboración Propia

Parte II

Hoja de cálculo

Tabla 33

Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro de evaluación

PARAMETROS DE EVALUACION														
Matriz de Comparación de pares del Parámetro de evaluación														
EVALUACION	Tiempo de retorno	10 años	50 años	100 años	200 años	500 años								
	10 años	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00								
	50 años	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00								
	100 años	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00								
	200 años	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00								
	500 años	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00								
	SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00								
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04									
Matriz de Normalización de pares del Parámetro de evaluación														
	Tiempo de retorno	10 años	50 años	100 años	200 años	500 años	Vector priorización	%						
	10 años	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503	50.28						
	50 años	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260	26.02						
	100 años	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134	13.44						
	200 años	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068	6.78						
	500 años	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035	3.48						
							1.00	100.00						
Matriz de Relación de Consistencia del Parámetro de Evaluación														
	Tiempo de retorno	10 años	50 años	100 años	200 años	500 años	Vector suma ponderada	λmax						
	10 años	0.50	0.78	0.67	0.47	0.31	2.74	5.46						
	50 años	0.17	0.26	0.40	0.34	0.24	1.41	5.43						
	100 años	0.10	0.09	0.13	0.20	0.17	0.70	5.20						
	200 años	0.07	0.05	0.04	0.07	0.10	0.34	5.03						
	500 años	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.18	5.09						
							Suma	26.21						
							Promedio	5.24						
INDICE DE CONSISTENCIA (IC)														
$IC = \frac{0.24}{4.00} \quad IC = 0.061$														
INDICE ALEATORIO														
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
RELACION DE CONSISTENCIA														
$RC = \frac{IC}{IA} \quad RC = 0.054 < 0.1 \quad OK$														
	IC	0.061												
	RC	0.054												
Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro de precipitación anómala														

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro precipitación anómala

FACTOR DESENCADENANTE - PRECIPITACIÓN ANÓMALA														
Matriz de Comparación de pares del parámetro de Precipitación														
Precipitación (mm)	51.05 - 51.24	50.95 - 51.05	50.85 - 50.95	50.75 - 50.85	50.59 - 50.75									
51.05 - 51.24	1.00	3.00	5.00	7.00	7.00									
50.95 - 51.05	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00									
50.85 - 50.95	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00									
50.75 - 50.85	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00									
50.59 - 50.75	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00									
SUMA	1.82	4.68	9.53	16.33	23.00									
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.06	0.04									
Matriz de Normalización de pares del parámetro de Precipitación														
Precipitación (mm)	51.05 - 51.24	50.95 - 51.05	50.85 - 50.95	50.75 - 50.85	50.59 - 50.75	Vector priorización	%							
51.05 - 51.24	0.55	0.64	0.52	0.43	0.30	0.490	48.97							
50.95 - 51.05	0.18	0.21	0.31	0.31	0.30	0.264	26.45							
50.85 - 50.95	0.11	0.07	0.10	0.18	0.22	0.137	13.74							
50.75 - 50.85	0.08	0.04	0.03	0.06	0.13	0.070	6.96							
50.59 - 50.75	0.08	0.03	0.02	0.02	0.04	0.039	3.88							
						1.00	100.00							
Matriz de Relación de Consistencia de Precipitación														
Precipitación (mm)	51.05 - 51.24	50.95 - 51.05	50.85 - 50.95	50.75 - 50.85	50.59 - 50.75	Vector suma ponderada	λ_{max}							
51.05 - 51.24	0.49	0.79	0.69	0.49	0.27	2.73	5.57							
50.95 - 51.05	0.16	0.26	0.41	0.35	0.27	1.46	5.52							
50.85 - 50.95	0.10	0.09	0.14	0.21	0.19	0.73	5.28							
50.75 - 50.85	0.07	0.05	0.05	0.07	0.12	0.35	5.10							
50.59 - 50.75	0.07	0.04	0.03	0.02	0.04	0.20	5.08							
						Suma	26.56							
						Promedio	5.31							
INDICE DE CONSISTENCIA (IC)														
$IC = \frac{0.31}{4.00}$		$IC = 0.078$												
INDICE ALEATORIO														
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
RELACION DE CONSISTENCIA														
$RC = \frac{IC}{IA}$		$RC = 0.070 < 0.1 \text{ OK}$												
IC	0.078	Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro de precipitación anómala												
RC	0.070													

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia de la Ponderación de parámetros

PONDERACIÓN DE PARÁMETROS														
Matriz de Comparación de pares del parámetro de factores condicionantes														
Factores condicionantes	Geología	Geomorfología	Pendiente											
Geología	1.00	2.00	6.00											
Geomorfología	0.500	1.00	2.00											
Pendiente	0.167	0.500	1.00											
SUMA	1.67	3.50	9.00											
1/SUMA	0.60	0.29	0.11											
Matriz de Normalización de pares de los factores condicionantes														
Factores condicionantes	Geología	Geomorfología	Pendiente	Vector priorización	%									
Geología	0.60	0.57	0.67	0.613	61.27									
Geomorfología	0.30	0.29	0.22	0.269	26.93									
Pendiente	0.10	0.14	0.11	0.118	11.80									
				1.000	100.000									
Matriz de Relación de Consistenciae pares de los factores condicionantes														
Factores condicionantes	Geología	Geomorfología	Pendiente	Vector suma ponderada	λmax									
Geología	0.61	0.54	0.71	1.859	3.03									
Geomorfología	0.31	0.27	0.24	0.812	3.01									
Pendiente	0.10	0.13	0.12	0.355	3.01									
				Suma	9.06									
				Promedio	3.02									
INDICE DE CONSISTENCIA (IC)														
	$IC = \frac{0.02}{2.00}$			IC = 0.009										
INDICE ALEATORIO														
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
RELACION DE CONSISTENCIA														
	$RC = \frac{IC}{IA}$			RC = 0.017 < 0.1 OK										
IC	0.009			Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerarquico para los factores condicionantes										
RC	0.017													

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Geomorfológico

FACTOR CONDICIONANTE - GEOLOGÍA						
Matriz de Comparación de pares del parámetro Geología						
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	Np-hu	Nm-ay	
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	
Fm. Huari (Np-hu)	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	
Fm. Ayacucho (Nm-ay)	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00	
SUMA	2.04	3.92	7.75	13.50	21.00	
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05	

Matriz de Normalización de pares del parámetro Geología							
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	Np-hu	Nm-ay	Vector priorización	%
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	0.49	0.51	0.52	0.44	0.38	0.468	46.84
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.24	0.26	0.26	0.30	0.29	0.268	26.81
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.12	0.13	0.13	0.15	0.19	0.144	14.36
Fm. Huari (Np-hu)	0.08	0.06	0.06	0.07	0.10	0.076	7.59
Fm. Ayacucho (Nm-ay)	0.06	0.04	0.03	0.04	0.05	0.044	4.41
						1.00	100.00

Matriz de Relación de Consistencia de Geología							
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	Np-hu	Nm-ay	Vector suma ponderada	λmax
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	0.47	0.54	0.57	0.46	0.35	2.39	5.10
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.23	0.27	0.29	0.30	0.26	1.36	5.06
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.72	5.04
Fm. Huari (Np-hu)	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.38	5.02
Fm. Ayacucho (Nm-ay)	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.22	5.01
						Suma	25.23
						Promedio	5.05

INDICE DE CONSISTENCIA (IC)

$$IC = \frac{0.05}{4.00} \quad IC = 0.012$$

INDICE ALEATORIO

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

RELACION DE CONSISTENCIA

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad RC = 0.010 < 0.10 \quad OK$$

IC	0.012
RC	0.010

Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro Geología

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Geológico

FACTOR CONDICIONANTE - GEOLOGÍA														
Matriz de Comparación de pares del parámetro Geología														
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	SD-c	NQ-lm									
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00									
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00									
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00									
Grupo Cabanillas (SD-c)	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00									
Fm. La Merced (NQ-lm)	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00									
SUMA	2.03	3.92	7.75	13.50	22.00									
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05									
Matriz de Normalización de pares del parámetro Geología														
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	SD-c	NQ-lm	Vector priorización	%							
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	0.49	0.51	0.52	0.44	0.41	0.475	47.47							
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.25	0.26	0.26	0.30	0.27	0.266	26.58							
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.12	0.13	0.13	0.15	0.18	0.142	14.20							
Grupo Cabanillas (SD-c)	0.08	0.06	0.06	0.07	0.09	0.075	7.51							
Fm. La Merced (NQ-lm)	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.042	4.24							
						1.00	100.00							
Matriz de Relación de Consistencia de Geología														
Geología	Qh-fl	Qh-al	Qh-el	SD-c	NQ-lm	Vector suma ponderada	λmax							
Depósitos Fluvial (Qh-fl)	0.47	0.53	0.57	0.45	0.38	2.41	5.07							
Depósitos Aluviales (Qh-al)	0.24	0.27	0.28	0.30	0.25	1.34	5.05							
Depositos Eluviales (Qh-el)	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.71	5.02							
Grupo Cabanillas (SD-c)	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.38	5.01							
Fm. La Merced (NQ-lm)	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.21	5.01							
						Suma	25.17							
						Promedio	5.03							
INDICE DE CONSISTENCIA (IC)														
$IC = \frac{0.03}{4.00}$				$IC = 0.008$										
INDICE ALEATORIO														
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
RELACION DE CONSISTENCIA														
$RC = \frac{IC}{IA}$				$RC = 0.007 < 0.10$ OK										
IC	0.008													
RC	0.007													
Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerarquico para el parametro Geología														

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

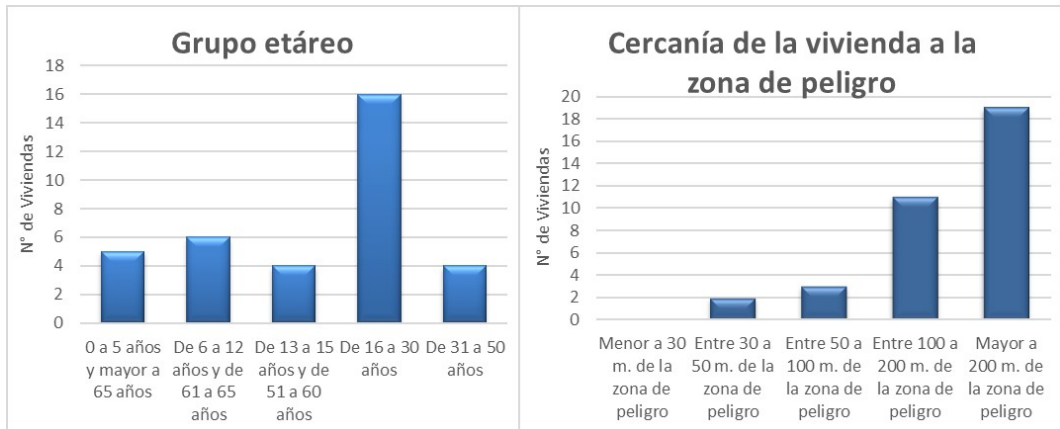
Desarrollo del vector de priorización y relación de consistencia del parámetro Pendiente

FACTOR CONDICIONANTE - PENDIENTE														
Matriz de Comparación de pares del parámetro Pendiente														
Pendiente	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - más°									
0° - 10°	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00									
10° - 20°	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00									
20° - 30°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00									
30° - 40°	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00									
40° - más°	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00									
SUMA	1.81	4.70	9.53	15.33	24.00									
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04									
Matriz de Normalización de pares del parámetro Pendiente														
Pendiente	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - más°	Vector priorización	%							
0° - 10°	0.55	0.64	0.52	0.39	0.38	0.496	49.62							
10° - 20°	0.18	0.21	0.31	0.33	0.25	0.258	25.75							
20° - 30°	0.11	0.07	0.10	0.20	0.21	0.138	13.80							
30° - 40°	0.09	0.04	0.03	0.07	0.13	0.072	7.20							
40° - más°	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.036	3.62							
						1.00	100.00							
Matriz de Relación de Consistencia de pares del parámetro Pendiente														
Pendiente	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - más°	Vector suma ponderada	λmax							
0° - 10°	0.50	0.77	0.69	0.43	0.33	2.72	5.47							
10° - 20°	0.17	0.26	0.41	0.36	0.22	1.41	5.49							
20° - 30°	0.10	0.09	0.14	0.22	0.18	0.72	5.22							
30° - 40°	0.08	0.05	0.05	0.07	0.11	0.36	5.02							
40° - más°	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.19	5.13							
						Suma	26.33							
						Promedio	5.27							
INDICE DE CONSISTENCIA (IC)														
	$IC = \frac{0.27}{4.00}$			IC = 0.066										
INDICE ALEATORIO														
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
RELACION DE CONSISTENCIA														
	$RC = \frac{IC}{IA}$			RC = 0.060 < 0.10 OK										
IC	0.066													
RC	0.060													
Relación de consistencia RC obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro Pendiente														

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 48

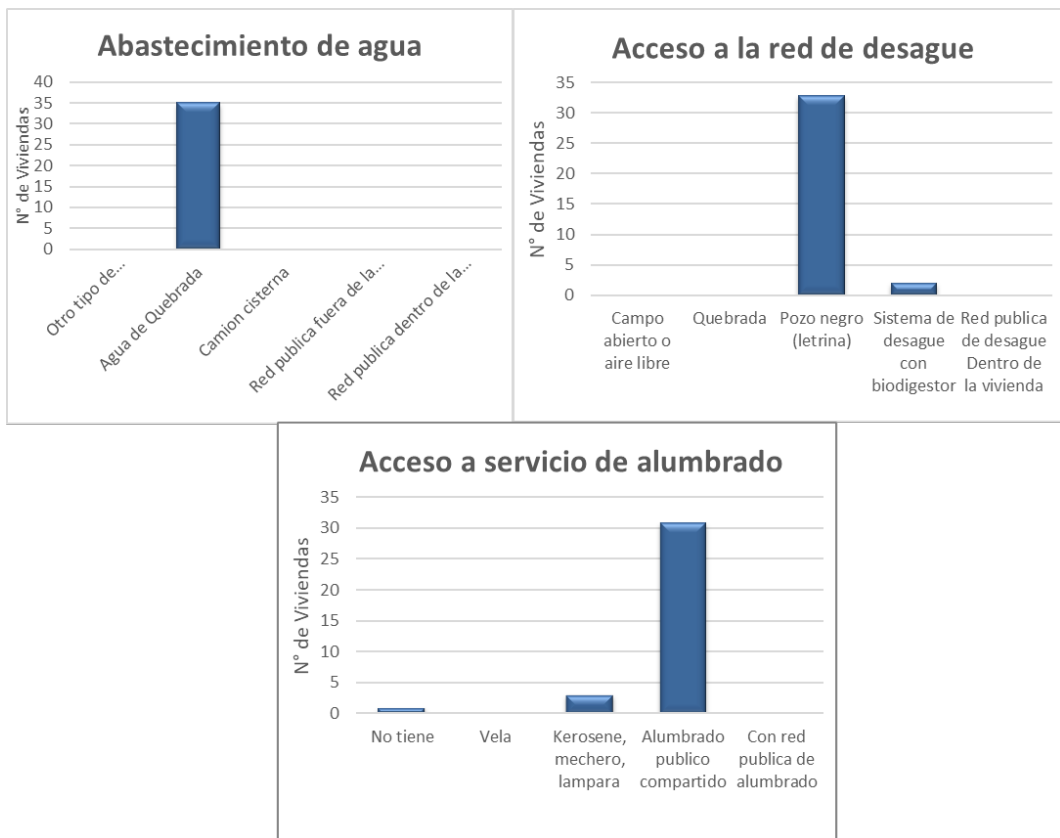
Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 49

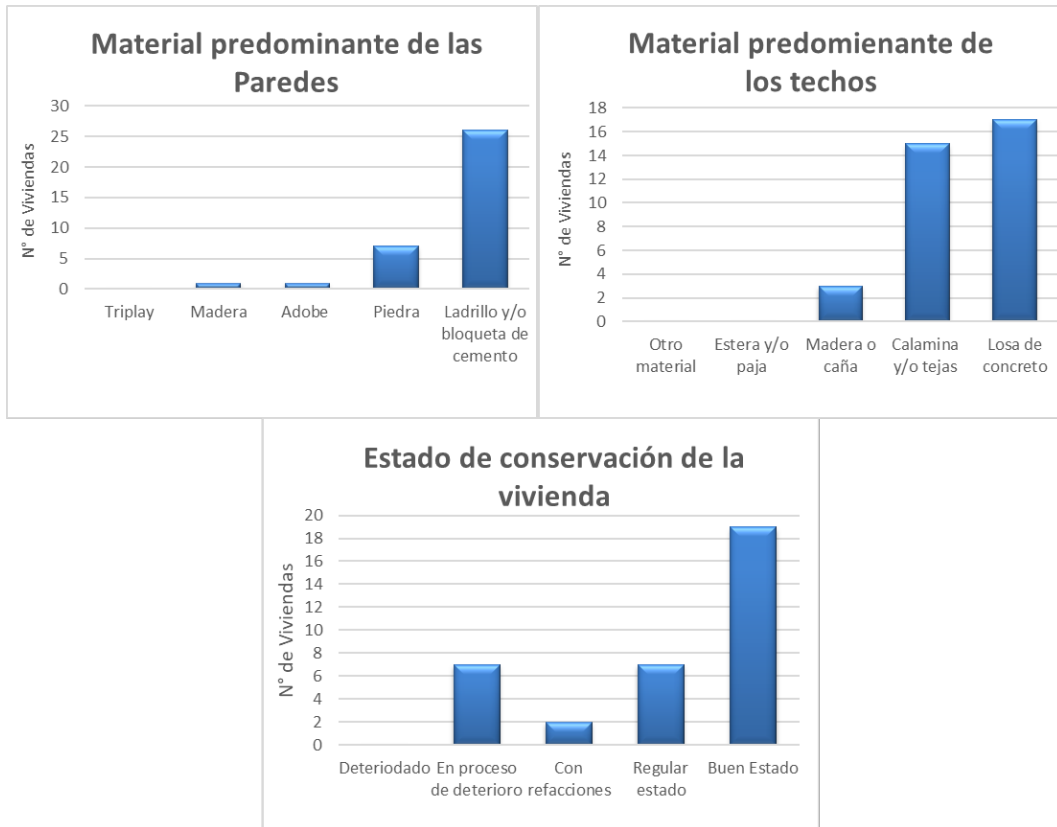
Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

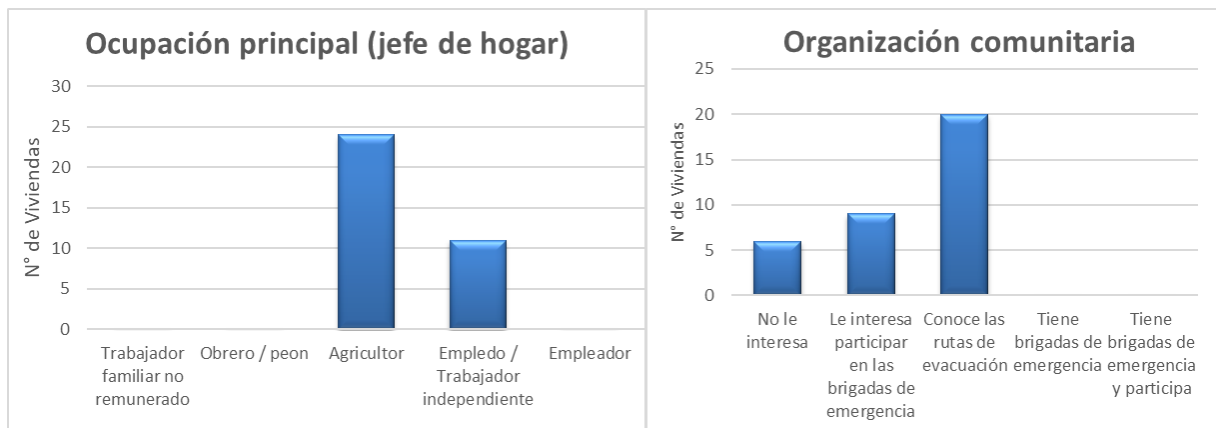
Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora



Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Cantidad de viviendas según encuesta en la población de Pongora



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39*Vector de priorización de las dimensiones social y económica*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN VULNERABILIDAD	
VULNERABILIDAD	
Dimensiones utilizados	Vector Priorizacion
SOCIAL	0.40
ECONÓMICO	0.60
SUMA	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia**Tabla 40***Vector de priorización de los factores de la dimensión social, económica.*

SOCIAL		ECONÓMICO	
Factores utilizados en la Dimensión Social		Factores utilizados en la Dimensión Económica	
Dimensión Social	Vector Priorización	Dimensión Económica	Vector Priorización
Exposición	0.50	Fragilidad	0.60
Fragilidad	0.50	Resiliencia	0.40
SUMA	1.00	SUMA	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia**Tabla 41***Vector de priorización de los parámetros utilizados en el factor exposición de la dimensión social*

EXPOSICION	
Exposición Social	Vector Priorizacion
Grupo étnico	0.60
Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	0.40
SUMA	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Matriz de normalización del factor fragilidad Social

FRAGILIDAD			
Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Acceso a la red de desague	Acceso a servicio de Alumbrado
Abastecimiento de agua	1.00	2.00	3.00
Acceso a la red de desague	0.50	1.00	2.00
Acceso a servicio de Alumbrado	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Matriz de normalización de pares del factor Resiliencia Social				
Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Acceso a la red de desague	Acceso a servicio de Alumbrado	Vector Priorizacion
Abastecimiento de agua	0.545	0.571	0.500	0.539
Acceso a la red de desague	0.273	0.286	0.333	0.297
Acceso a servicio de Alumbrado	0.182	0.143	0.167	0.164

VECTOR SUMA PONDERADO			
Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.180	0.149	0.164	0.492

PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS	
1.000	53.90
0.500	29.73
0.167	16.38

n	3	4	5	6	7	8
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404

$\lambda_{m\acute{a}x}$	
Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion	3.015
	3.008
	3.004
SUMA	9.028
PROMEDIO	3.009

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	
IC	0.005
RC	0.009

RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Matriz de normalización del factor fragilidad Económica

FRAGILIDAD			
Matriz de comparación de pares del factor Fragilidad de la Dimensión Económica			
Fragilidad Económica	Material predominante - pared	Material predominante - techo	Estado de conservación de la vivienda
Material predominante - pared	1.00	2.00	3.00
Material predominante - techo	0.50	1.00	2.00
Estado de conservación de la vivienda	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1 / SUMA	0.55	0.29	0.17

Matriz de Normalización de pares del factor Fragilidad de la Dimensión Económica				
Fragilidad Económica	Material predominante - pared	Material predominante - techo	Estado de conservación de la vivienda	Vector Priorización
Material predominante - pared	0.545	0.571	0.500	0.539
Material predominante - techo	0.273	0.286	0.333	0.297
Estado de conservación de la vivienda	0.182	0.143	0.167	0.164

53.90 29.73 16.38

PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS

VECTOR SUMA PONDERADO			
Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.539	0.595	0.491	1.625
0.269	0.297	0.328	0.894
0.180	0.149	0.164	0.492

λ_{\max}	
Vector Suma Ponderado / Vector Priorización	
	3.015
	3.008
	3.004
SUMA	9.028
PROMEDIO	3.009
IC	0.005
RC	0.009

n	3	4	5	6	7	8
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.04

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 44*Vector de priorización del factor resiliencia económica*

RESILIENCIA	
Resiliencia Económica	Vector Priorizacion
Ocupación principal (jefe de hogar)	0.50
Organización comunitaria	0.50
SUMA	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Matriz de normalización del parámetro grupo etáreo

EXPOSICIÓN						
Matriz de Comparación de pares del parámetro Grupo Etáreo						
Grupo etáreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	De 16 a 30 años	De 31 a 50 años	
0 a 5 años y mayor a 65 años	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00	
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00	
De 16 a 30 años	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00	
De 31 a 50 años	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00	
SUMA	1.95	3.68	9.70	15.50	24.00	
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Discapacidad						
Grupo etáreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	De 16 a 30 años	De 31 a 50 años	Vector Priorización
0 a 5 años y mayor a 65 años	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.480
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.290
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
De 16 a 30 años	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
De 31 a 50 años	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038
					SUMA	1.000
						Porcentaje (%)
						47.958
						29.029
						12.670
						6.538
						3.805
VECTOR SUMA PONDERADO						
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.480	0.581	0.633	0.458	0.342		2.494
0.240	0.290	0.380	0.327	0.266		1.503
0.096	0.097	0.127	0.131	0.190		0.640
0.069	0.058	0.063	0.065	0.076		0.331
0.053	0.041	0.025	0.033	0.038		0.191
						λ_{\max}
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
						5.200
						5.179
						5.055
						5.069
						5.015
SUMA						25.518
PROMEDIO						5.104
IC						0.026
RC						0.02
INDICE DE CONSISTENCIA						
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Matriz de normalización del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro

EXPOSICIÓN						
Matriz de Comparación de pares del parámetro Cercanía de la vivienda a la zona de peligro						
Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	Menor a 30 m. de la zona de peligro	Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	Mayor a 200 m. de la zona de peligro	
Menor a 30 m. de la zona de peligro	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00	
Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00	
Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00	
Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00	
Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00	
SUMA	1.95	3.68	9.70	15.50	24.00	
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Cercanía de la vivienda a la zona de peligro						
Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	Menor a 30 m. de la zona de peligro	Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	Mayor a 200 m. de la zona de peligro	Vector Priorización
Menor a 30 m. de la zona de peligro	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.480
Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.290
Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038
					SUMA	1.000
						Porcentaje (%)
						47.958
						29.029
						12.670
						6.538
						3.805
PESO PONDERADO DE LOS DESCRIPTORES						
VECTOR SUMA PONDERADO						
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.480	0.581	0.633	0.458	0.342	2.494	
0.240	0.290	0.380	0.327	0.266	1.503	
0.096	0.097	0.127	0.131	0.190	0.640	
0.069	0.058	0.063	0.065	0.076	0.331	
0.053	0.041	0.025	0.033	0.038	0.191	
						λ_{\max}
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
						5.200
						5.179
						5.055
						5.069
						5.015
						SUMA
						25.518
						PROMEDIO
						5.104
						IC
						0.026
						RC
						0.02
INDICE DE CONSISTENCIA						
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

Matriz de normalización del parámetro Acceso a servicio de alumbrado

FRAGILIDAD						
Matriz de Comparación de pares del parámetro Interés de participar en campañas de prevención de riesgo						
Acceso a servicio de Alumbrado	No tiene	Vela	Kerosene, mechero, lampara	Alumbrado publico compartido	Con red publica de alumbrado	
No tiene	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00	
Vela	0.33	1.00	2.00	4.00	5.00	
Kerosene, mechero, lampara	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00	
Alumbrado publico compartido	0.14	0.25	0.50	1.00	3.00	
Con red publica de alumbrado	0.11	0.14	0.33	0.33	1.00	
SUMA	1.84	4.89	7.83	14.33	21.00	
1/SUMA	0.54	0.20	0.13	0.07	0.05	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Interés de prestigiar en campañas de prevención de riesgo						
Acceso a servicio de Alumbrado	No tiene	Vela	Kerosene, mechero, lampara	Alumbrado publico compartido	Con red publica de alumbrado	Vector Priorizacion
No tiene	0.544	0.613	0.511	0.488	0.429	0.517
Vela	0.181	0.204	0.255	0.279	0.238	0.232
Kerosene, mechero, lampara	0.136	0.102	0.128	0.140	0.143	0.130
Alumbrado publico compartido	0.078	0.051	0.064	0.070	0.143	0.081
Con red publica de alumbrado	0.060	0.029	0.043	0.023	0.048	0.041
					SUMA	1.000
						Porcentaje (%)
						51.700
						23.166
						12.966
						8.106
						4.062
						PESO PONDERADO DE LOS DESCRIPTORES
VECTOR SUMA PONDERADO						
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.517	0.695	0.519	0.567	0.366		2.664
0.172	0.232	0.259	0.324	0.203		1.191
0.129	0.116	0.130	0.162	0.122		0.659
0.074	0.058	0.065	0.081	0.122		0.400
0.057	0.033	0.043	0.027	0.041		0.201
						λ_{\max}
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
						5.152
						5.140
						5.080
						4.929
						4.958
						SUMA
						25.259
						PROMEDIO
						5.052
						IC
						0.013
						RC
						0.01
						INDICE DE CONSISTENCIA
						RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Matriz de normalización del parámetro Material predominante - pared

FRAGILIDAD														
Matriz de Comparación de pares del parámetro Material predominante - pared														
Material predominante - pared	Triplay	Madera	Adobe	Piedra	Ladrillo y/o bloqueta de cemento									
Triplay	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00									
Madera	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00									
Adobe	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00									
Piedra	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00									
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00									
SUMA	2.04	3.92	7.53	15.33	24.00									
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04									
Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - pared														
Material predominante - pared	Triplay	Madera	Adobe	Piedra	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	Vector Priorización								
Triplay	0.490	0.511	0.531	0.391	0.333	0.451								
Madera	0.245	0.255	0.265	0.326	0.292	0.277								
Adobe	0.122	0.128	0.133	0.196	0.208	0.157								
Piedra	0.082	0.064	0.044	0.065	0.125	0.076								
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.061	0.043	0.027	0.022	0.042	0.039								
					SUMA	1.000								
						Porcentaje (%)								
						45.121								
						27.669								
						15.737								
						7.599								
						3.875								
VECTOR SUMA PONDERADO														
	Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada								
	0.451	0.553	0.629	0.456	0.310	2.400								
	0.226	0.277	0.315	0.380	0.271	1.468								
	0.113	0.138	0.157	0.228	0.194	0.830								
	0.075	0.069	0.052	0.076	0.116	0.389								
	0.056	0.046	0.031	0.025	0.039	0.198								
						λ_{\max}								
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorización								
						5.319								
						5.306								
						5.276								
						5.120								
						5.112								
						SUMA								
						26.133								
						PROMEDIO								
						5.227								
						IC								
						0.057								
						RC								
						0.05								
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
INDICE DE CONSISTENCIA														
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1														

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Matriz de normalización del parámetro Estado de conservación de la vivienda

FRAGILIDAD														
Matriz de Comparación de pares del parámetro Estado de conservación de la vivienda														
Estado de conservación de la vivienda	Deteriodado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado									
Deteriodado	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00									
En proceso de deterioro	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00									
Con refacciones	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00									
Regular estado	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00									
Buen Estado	0.13	0.17	0.20	0.50	1.00									
SUMA	2.04	3.75	8.53	15.50	23.00									
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.06	0.04									
Matriz de Normalización de pares del parámetro Estado de conservación de la vivienda														
Estado de conservación de la vivienda	Deteriodado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado	Vector Priorizacion								
Deteriodado	0.490	0.533	0.469	0.387	0.348	0.445								
En proceso de deterioro	0.245	0.267	0.352	0.323	0.304	0.298								
Con refacciones	0.122	0.089	0.117	0.194	0.217	0.148								
Regular estado	0.082	0.067	0.039	0.065	0.087	0.068								
Buen Estado	0.061	0.044	0.023	0.032	0.043	0.041								
					SUMA	1.000								
						Porcentaje (%)								
						44.536								
						29.801								
						14.789								
						6.777								
						4.097								
						PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS								
VECTOR SUMA PONDERADO														
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada								
0.445	0.596	0.592	0.407	0.328		2.367								
0.223	0.298	0.444	0.339	0.287		1.590								
0.111	0.099	0.148	0.203	0.205		0.767								
0.074	0.075	0.049	0.068	0.082		0.348								
0.056	0.050	0.030	0.034	0.041		0.210								
						$\lambda_{\text{máx}}$								
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion								
						5.315								
						5.335								
						5.184								
						5.131								
						5.120								
					SUMA	26.087								
					PROMEDIO	5.217								
					IC	0.054								
					RC	0.05								
						INDICE DE CONSISTENCIA								
						RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)								
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 53

Matriz de normalización del parámetro ocupación principal (jefe de hogar)

RESILIENCIA						
Matriz de Comparación de pares del parámetro Ocupación principal (jefe de hogar)						
Ocupación principal (jefe de hogar)	Trabajador familiar no remunerado	Obrero / peon	Agricultor	Empledo / Trabajador independiente	Empleador	
Trabajador familiar no remunerado	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	
Obrero / peon	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	
Agricultor	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	
Empledo / Trabajador independiente	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	
Empleador	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00	
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04	
Matriz de Normalización de pares del parámetro Ocupación principal (jefe de hogar)						
Ocupación principal (jefe de hogar)	Trabajador familiar no remunerado	Obrero / peon	Agricultor	Empledo / Trabajador independiente	Empleador	Vector Priorizacion
Trabajador familiar no remunerado	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Obrero / peon	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Agricultor	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Empledo / Trabajador independiente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Empleador	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
					SUMA	1.000
						Porcentaje (%)
						50.282
						26.023
						13.435
						6.778
						3.482
PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS						
VECTOR SUMA PONDERADO						
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313		2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244		1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174		0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104		0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035		0.177
						λ_{\max}
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
						5.455
						5.432
						5.204
						5.030
						5.093
						SUMA
						26.213
						PROMEDIO
						5.243
						IC
						0.061
						RC
						0.0544
INDICE DE CONSISTENCIA						
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1						

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Matriz de normalización del parámetro Organización comunitaria

RESILIENCIA														
Matriz de Comparación de pares del parámetro Organización comunitaria														
Organización comunitaria	No le interesa	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	Conoce las rutas de evacuación	Tiene brigadas de emergencia	Tiene brigadas de emergencia y participa									
No le interesa	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00									
Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00									
Conoce las rutas de evacuación	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00									
Tiene brigadas de emergencia	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00									
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00									
SUMA	2.06	3.92	7.53	13.33	20.00									
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.08	0.05									
Matriz de Normalización de pares del parámetro Organización comunitaria														
Organización comunitaria	No le interesa	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	Conoce las rutas de evacuación	Tiene brigadas de emergencia	Tiene brigadas de emergencia y participa	Vector Priorización								
No le interesa	0.486	0.511	0.531	0.450	0.350	0.465								
Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.243	0.255	0.265	0.225	0.200	0.238								
Conoce las rutas de evacuación	0.121	0.128	0.133	0.225	0.250	0.171								
Tiene brigadas de emergencia	0.081	0.064	0.044	0.075	0.150	0.083								
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.069	0.043	0.027	0.025	0.050	0.043								
					SUMA	1.000								
						Porcentaje (%)								
						46.543								
						23.772								
						17.136								
						8.280								
						4.269								
PESO PONDERADO DE LOS PARAMETROS														
VECTOR SUMA PONDERADO														
Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada								
0.465	0.475	0.685	0.497	0.299		2.422								
0.233	0.238	0.343	0.248	0.171		1.232								
0.116	0.119	0.171	0.248	0.213		0.868								
0.078	0.059	0.057	0.083	0.128		0.405								
0.066	0.040	0.034	0.028	0.043		0.211								
						λ_{\max}								
						Vector Suma Ponderado / Vector Priorización								
						5.204								
						5.184								
						5.068								
						4.891								
						4.935								
						SUMA								
						25.282								
						PROMEDIO								
						5.056								
						IC								
						0.014								
						RC								
						0.01								
n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595
INDICE DE CONSISTENCIA														
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)														

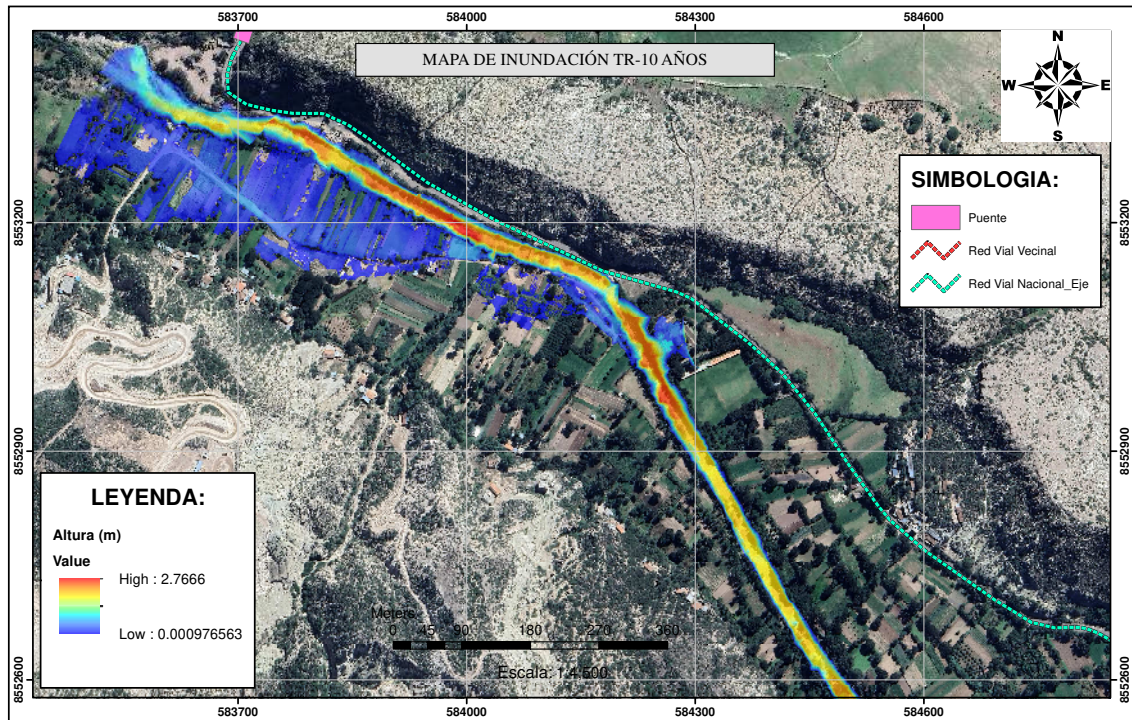
Nota. Fuente: Elaboración propia

Parte III

Mapas

Figura 52

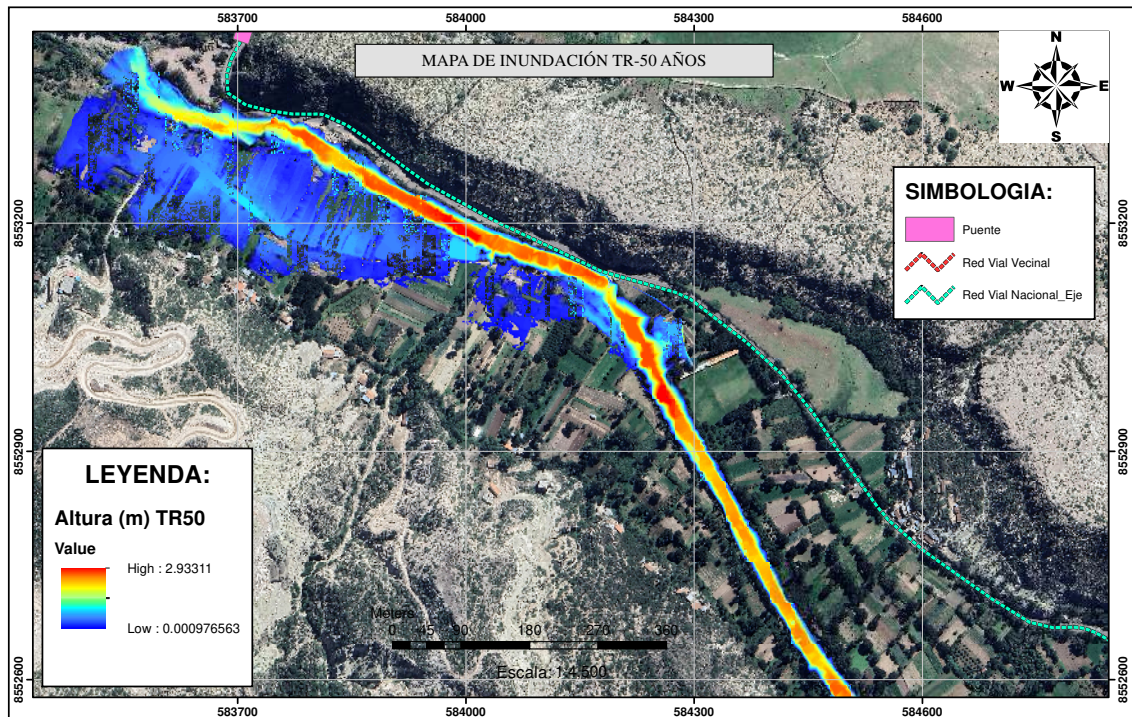
Modelamiento de inundación para un TR de 10 años.



Fuente: Elaboración propia

Figura 53

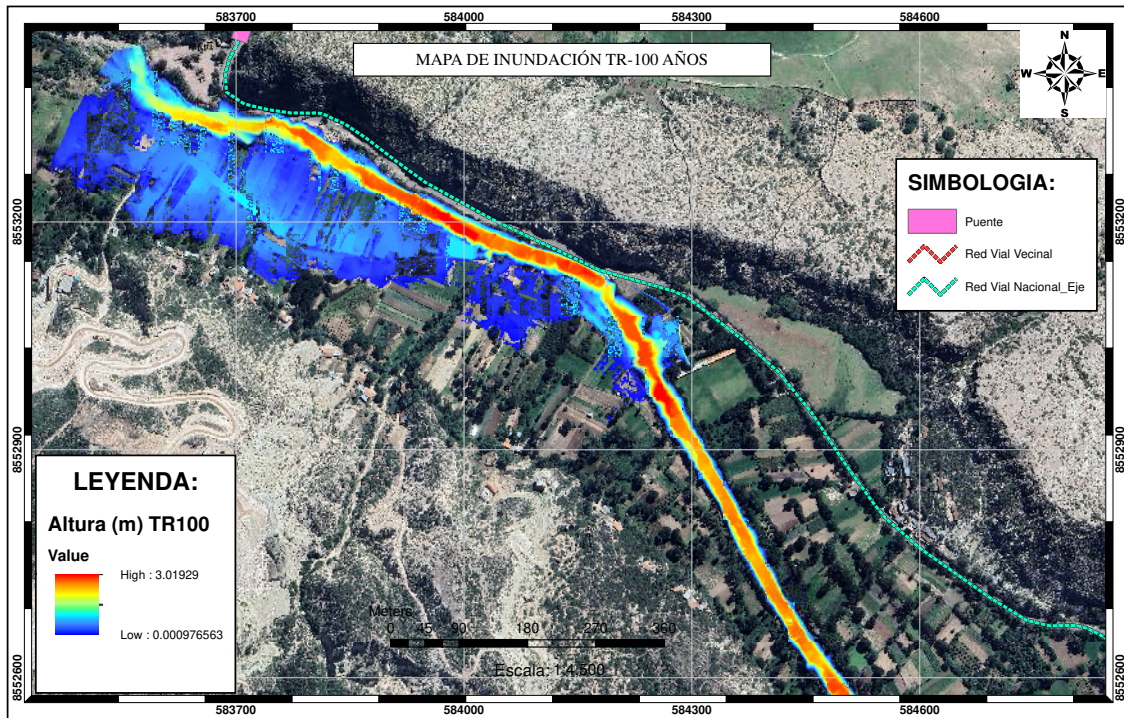
Modelamiento de inundación para un TR de 50 años.



Fuente: Elaboración propia

Figura 54

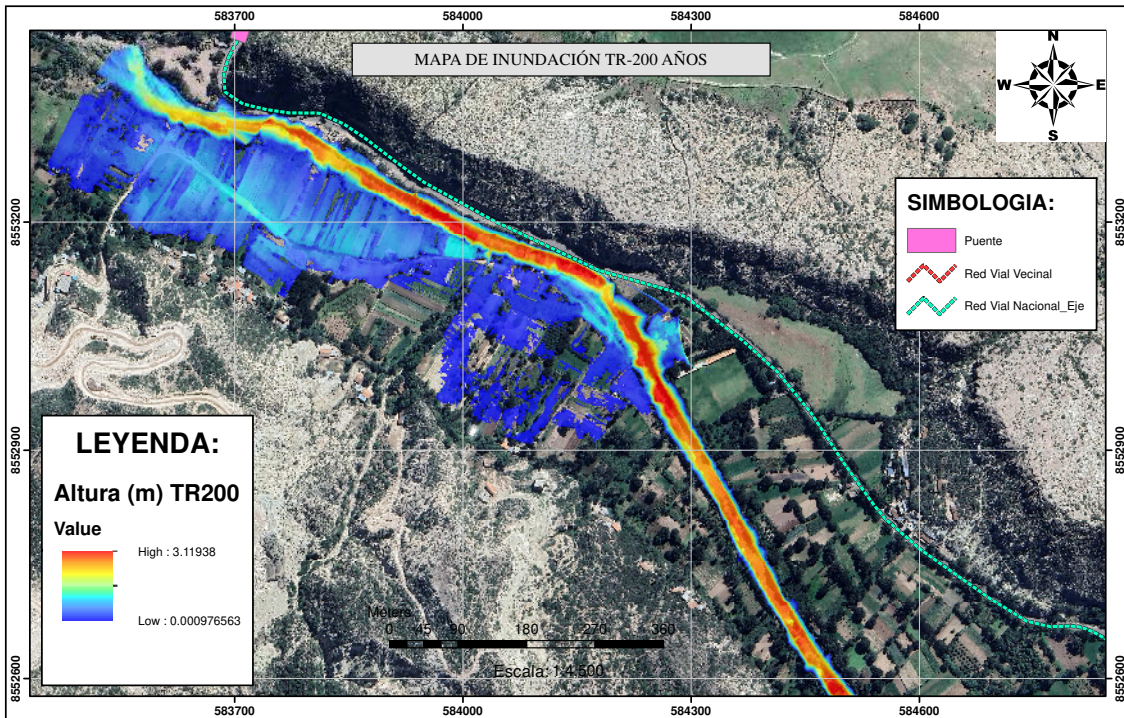
Modelamiento de inundación para un TR de 100 años.



Fuente: Elaboración propia

Figura 55

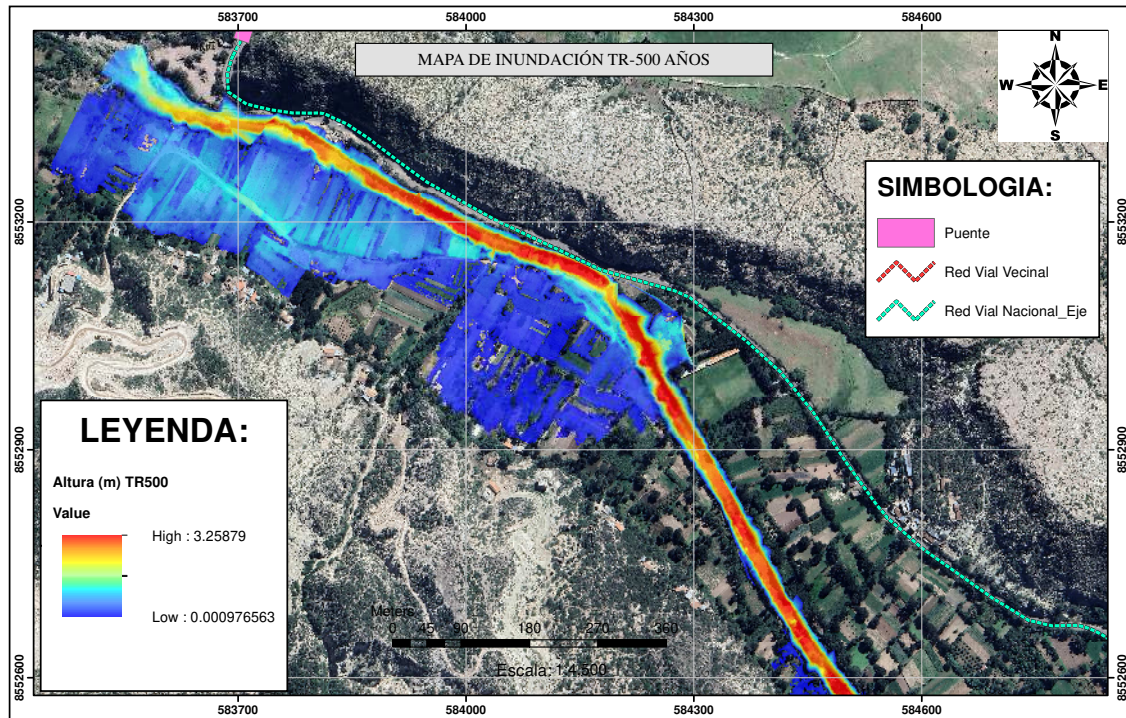
Modelamiento de inundación para un TR de 200 años.



Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Modelamiento de inundación para un TR de 500 años.



Fuente: Elaboración propia

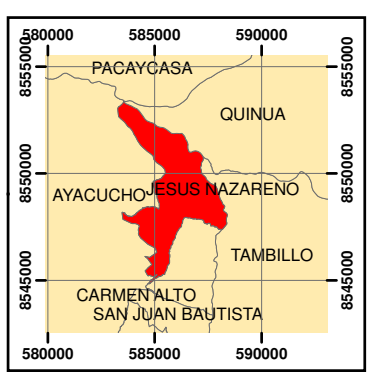
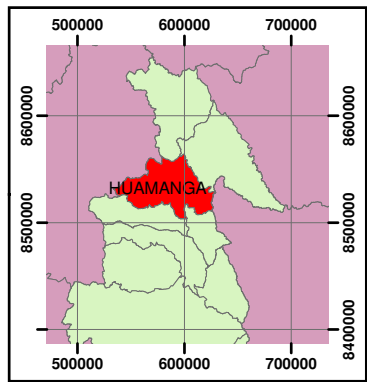
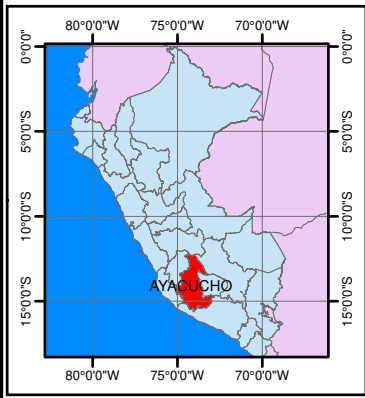
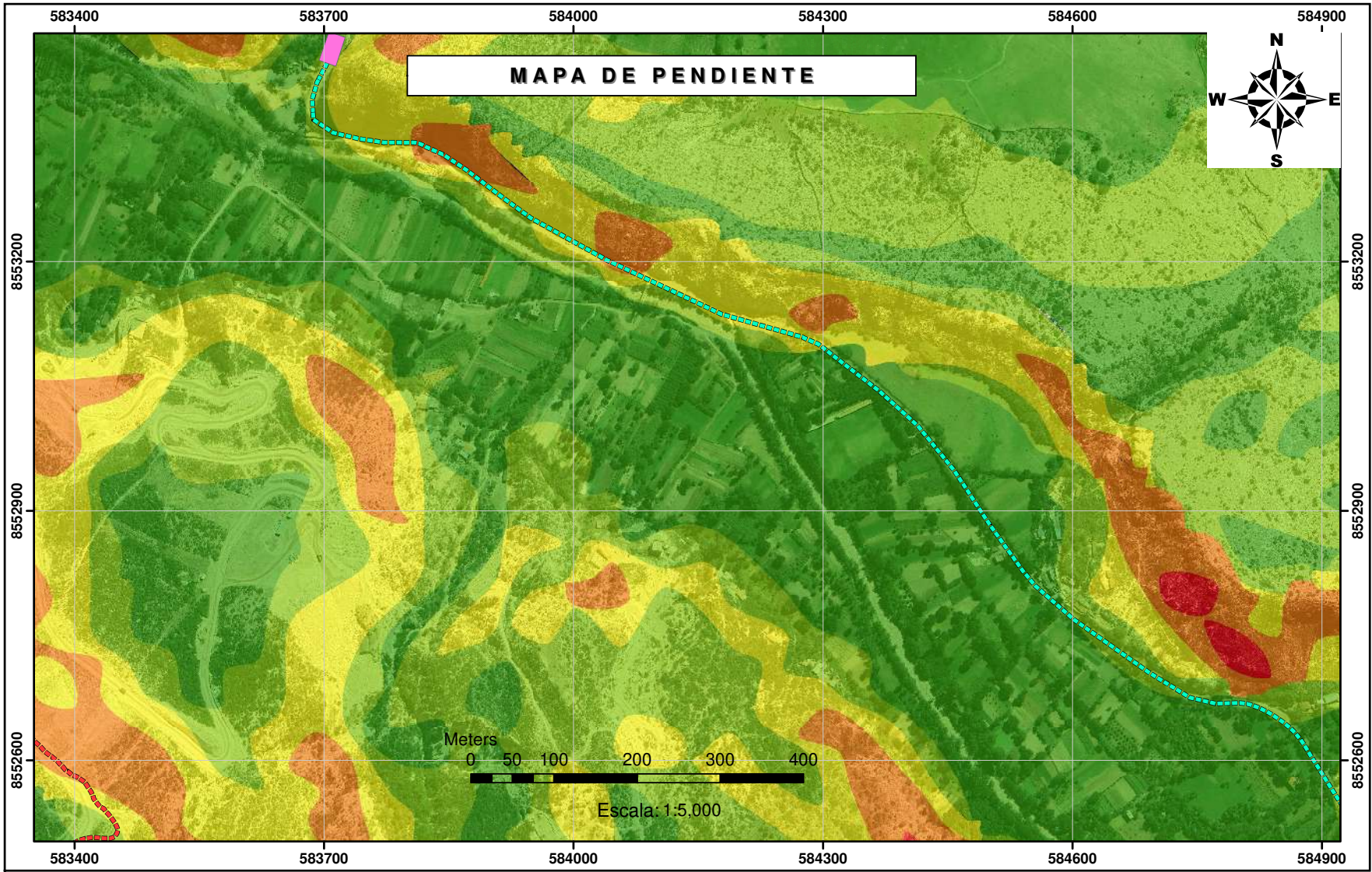
SIMBOLOGIA:

-  Puente
-  Red Vial Vecinal
-  Red Vial Nacional

LEYENDA:

-  0° - 10°
-  10° - 20°
-  20° - 30°
-  30° - 40°
-  40° - más°

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -75.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter



	"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA" "FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL" "ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL"							
	TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO PONGORA - COMUNIDAD DE PONGORA - AYACUCHO, 2022"							
UBICACIÓN: Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga Distrito: Jesus Nazareno Lugar: Pongora	MAPA: ESCALA: INDICADA	PENDIENTES			FECHA: Sep-23	DIBUJO: B.P.T.	LÁMINA: PE-01	Revisado: COMISIÓN DE JURADOS Aprobado: COMISIÓN DE JURADOS
		TESISTA: Bach Ing. CARLOS FELIX PAHUARA ASESOR: MSc. Ing. JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO						

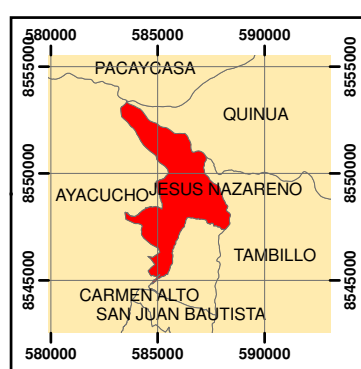
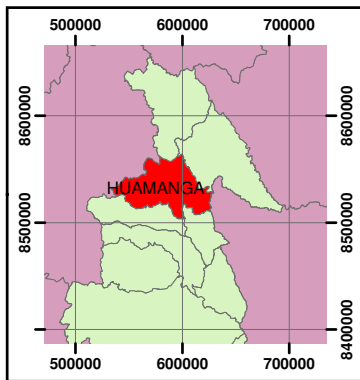
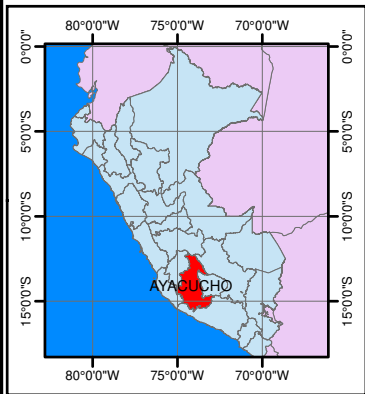
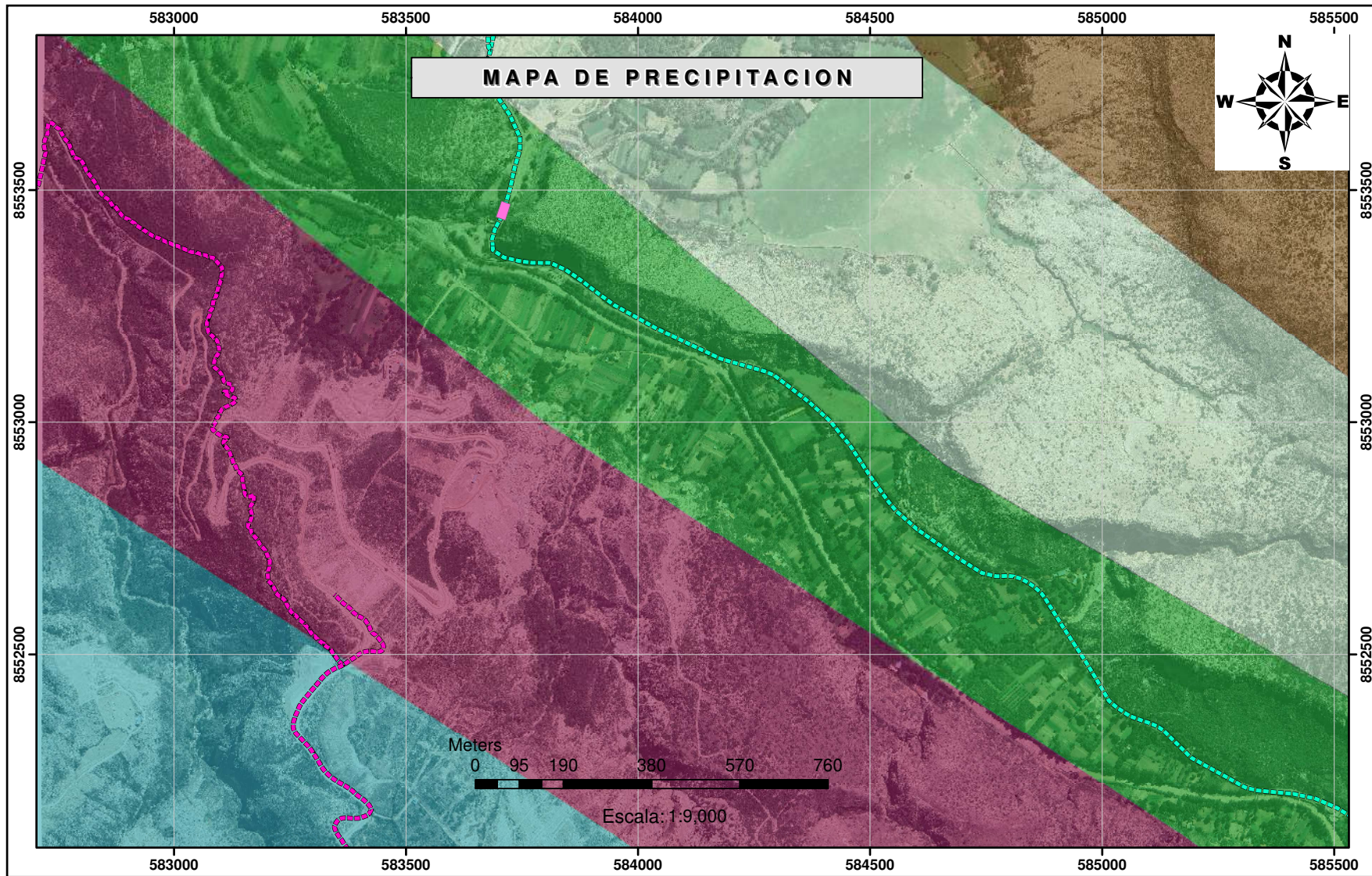
SIMBOLOGIA:

- Estaciones
- ▬ Puente
- ▬ Red Vial Vecinal
- ▬ Red Vial Nacional

LEYENDA (mm):

- ▭ 50.144 - 50.3
- ▭ 50.3 - 50.6
- ▭ 50.6 - 50.9
- ▭ 50.9 - 51.0
- ▭ 51.0 - 51.639

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -75.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter








"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA" "FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL" "ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL"					
TESIS:		"EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO PONGORA - COMUNIDAD DE PONGORA - AYACUCHO, 2022"			
UBICACIÓN:	Departamento:	Ayacucho	MAPA:	PRECIPITACIÓN	
	Provincia:	Huamanga			
	Distrito:	Jesus Nazareno	ESCALA:	INDICADA	FECHA:
	Lugar:	Pongora			Sep-23
TESISTA:	Bach Ing. CARLOS FELIX PAHUARA		Revisado:	COMISIÓN DE JURADOS	
ASESOR:	MSc. Ing JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO		Aprobado:	COMISIÓN DE JURADOS	
			LÁMINA:	PRE-01	

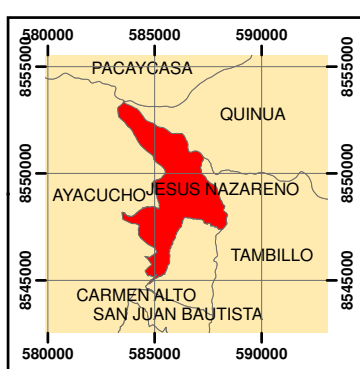
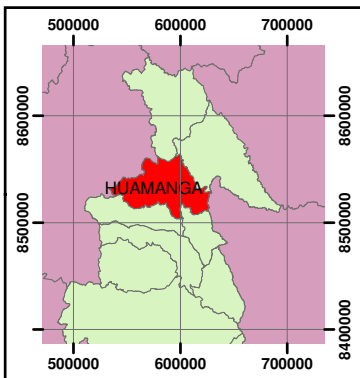
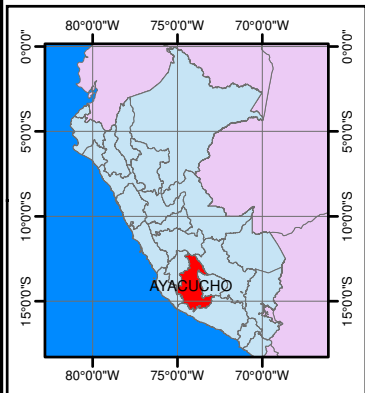
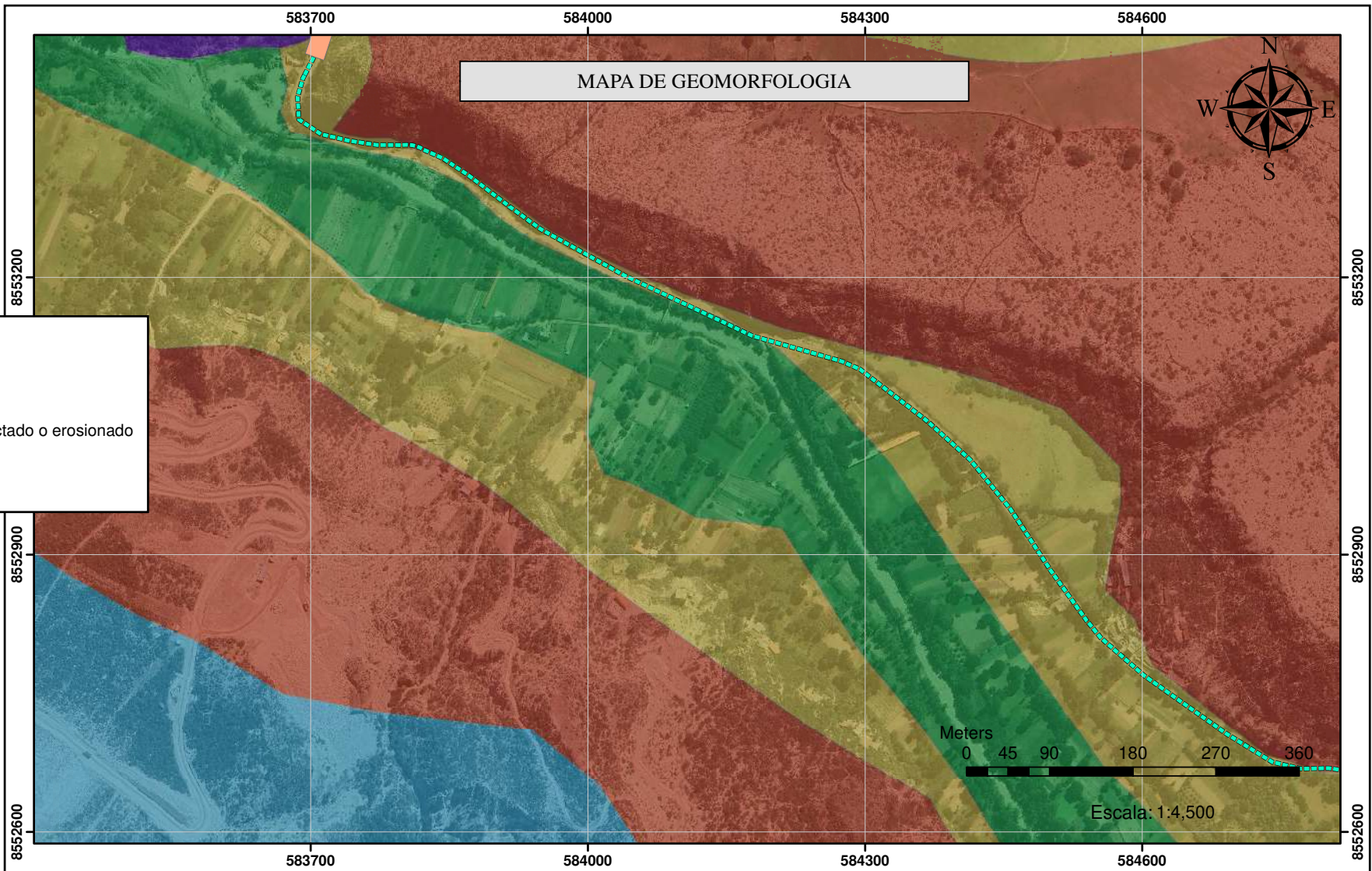
SIMBOLOGIA:

-  Puente
-  Red Vial Nacional
-  Red Vial Vecinal

LEYENDA:




-  Complejo volcánico
-  Montaña en roca sedimentaria
-  Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado
-  Terraza indiferenciada
-  Vertiente o piedemonte aluvial

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -75.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter



 <p>"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA" "FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL" "ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL"</p>			
TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO PONGORA - COMUNIDAD DE PONGORA - AYACUCHO, 2022"			
UBICACIÓN: Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga Distrito: Jesus Nazareno Lugar: Pongora	MAPA: ESCALA: INDICADA	FECHA: Sep-23	DIBUJO: B. P. T.
	GEOMORFOLOGÍA		
TESISTA: Bach Ing. CARLOS FELIX PAHUARA	Revisado: COMISIÓN DE JURADOS	LÁMINA:	GM-01
ASESOR: MSc. Ing. JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO	Aprobado: COMISIÓN DE JURADOS		

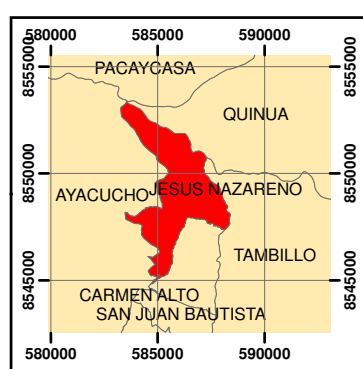
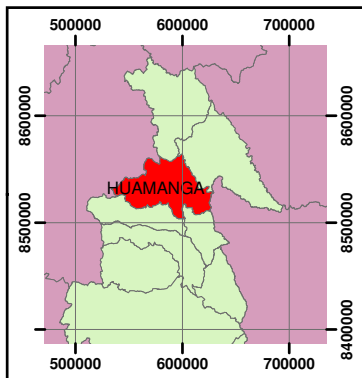
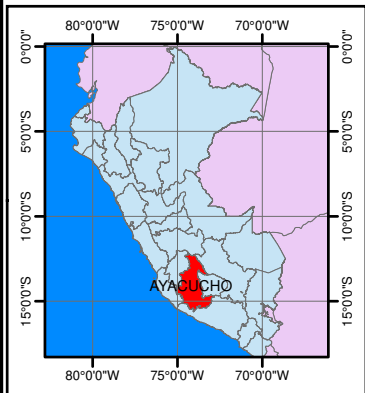
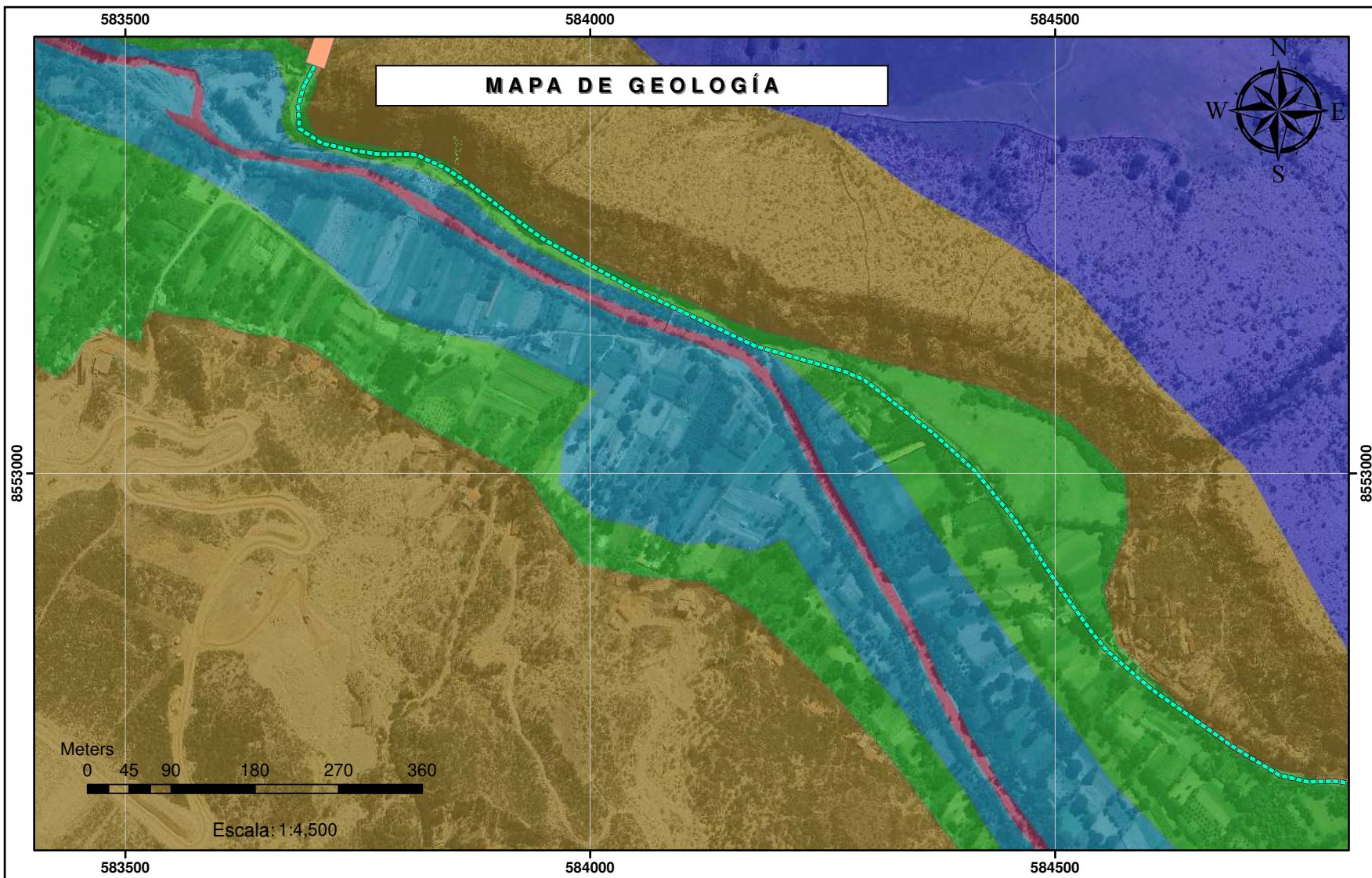
SIMBOLOGIA:

-  Puente
-  Red Vial Nacional
-  Red Vial Vecinal

LEYENDA:

-  Depósito aluviales
-  Depósito eluviales
-  Depósito fluvial
-  Formación Ayacucho
-  Formación Huari

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -75.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

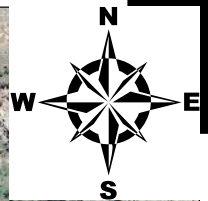


	"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA" "FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL" "ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL"						
	TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO PONGORA - COMUNIDAD DE PONGORA - AYACUCHO, 2022"						
UBICACIÓN: Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga Distrito: Jesus Nazareno Lugar: Pongora			MAPA: ESCALA: INDICADA FECHA: Sep-23		GEOLOGÍA DIBUJO: B.P.T.		
TESISISTA: Bach Ing. CARLOS FELIX PAHUARA ASESOR: MSc. Ing JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO			Revisado: COMISIÓN DE JURADOS Aprobado: COMISIÓN DE JURADOS		LÁMINA: G-01		





Parte IV

Secciones transversales

MAPA DE SECCIONES PARA UN TR-10 AÑOS



SIMBOLOGIA:

-  Puente
-  secciones
-  Red Vial Vecinal
-  Red Vial Nacional_Eje

LEYENDA:

Altura (m)

Value



High : 2.7666

Low : 0.000976563

Meters

0 45 90 180 270 360

Escala: 1:4.500

8553200

8552900

8552600

8553200

8552900

8552600

583700

584000

584300

584600

583700

584000

584300

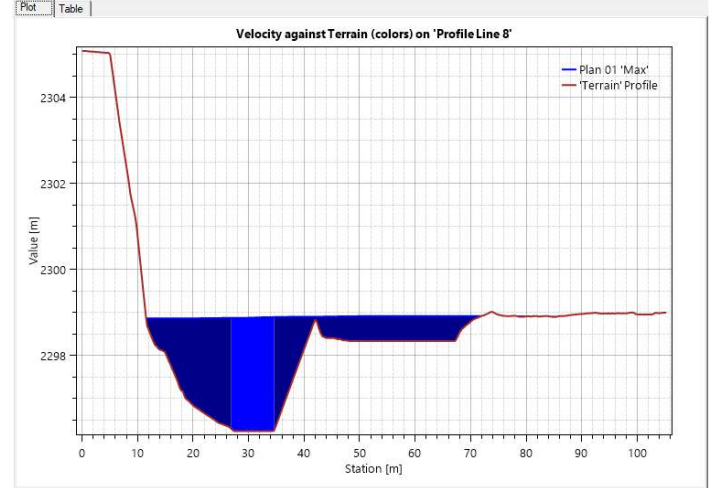
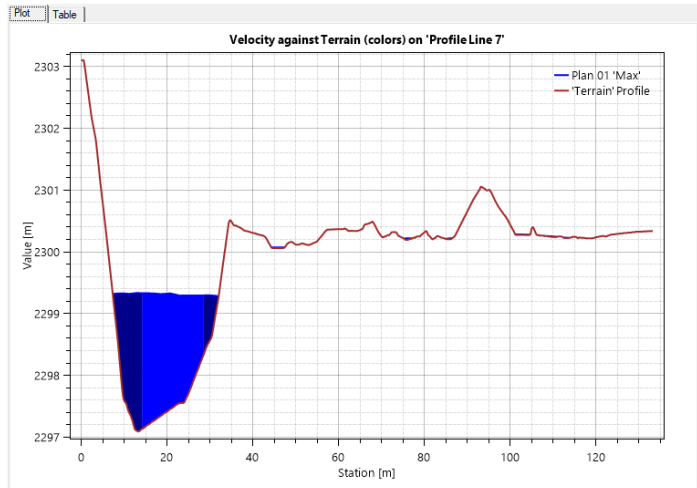
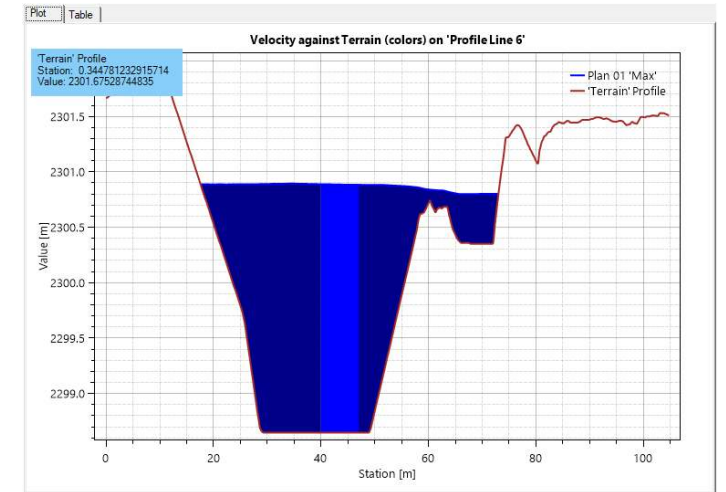
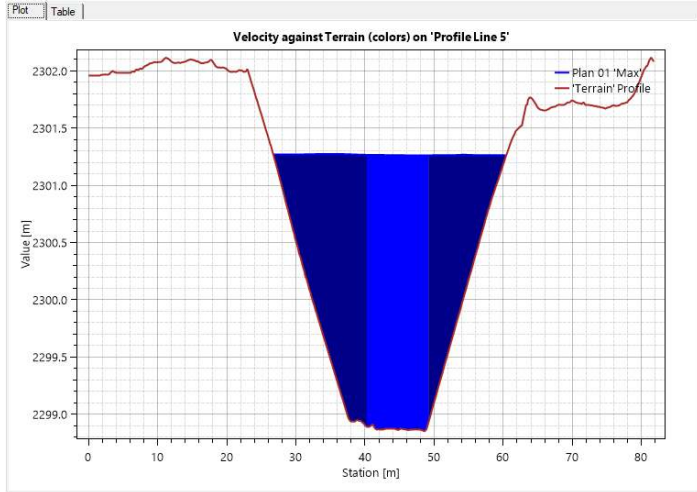
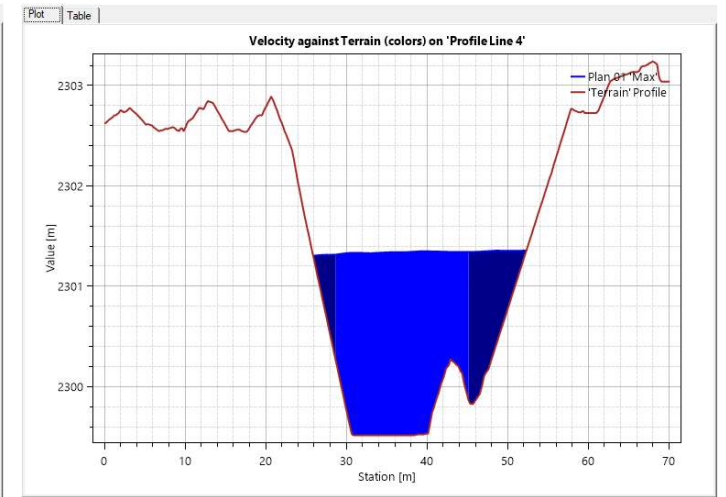
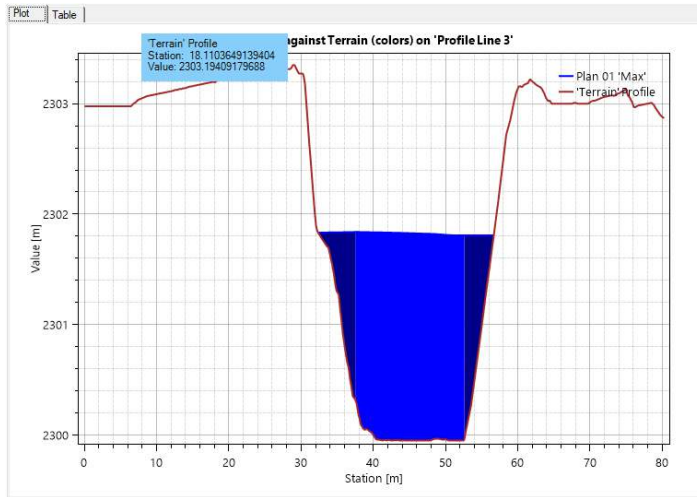
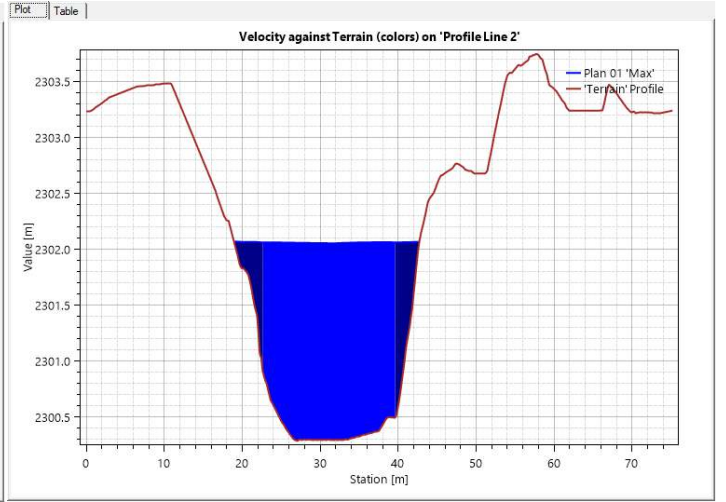
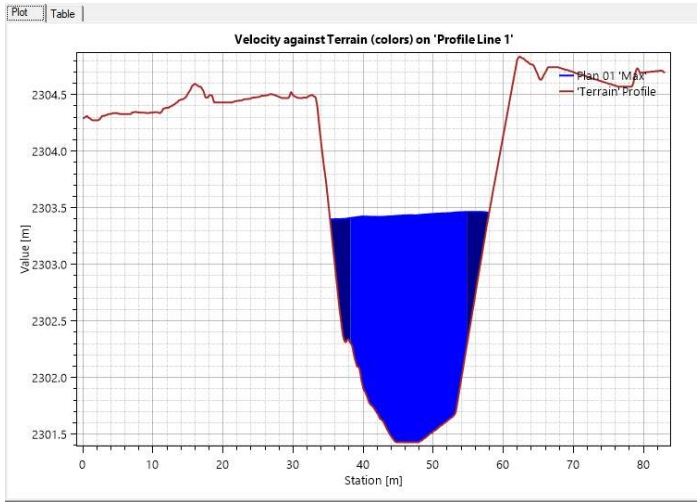
584600

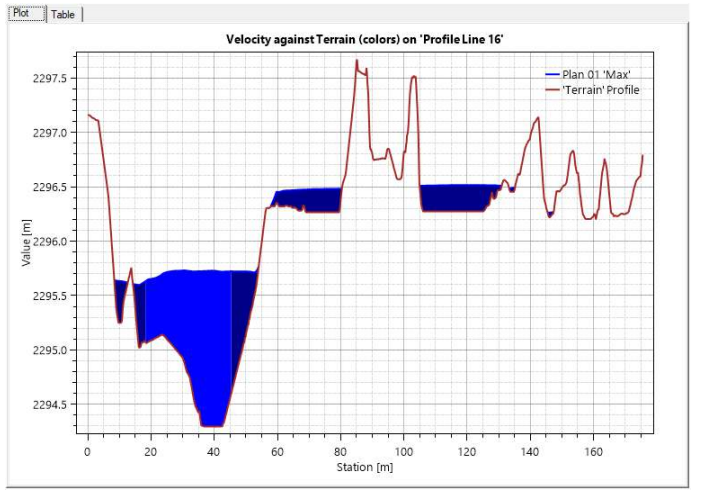
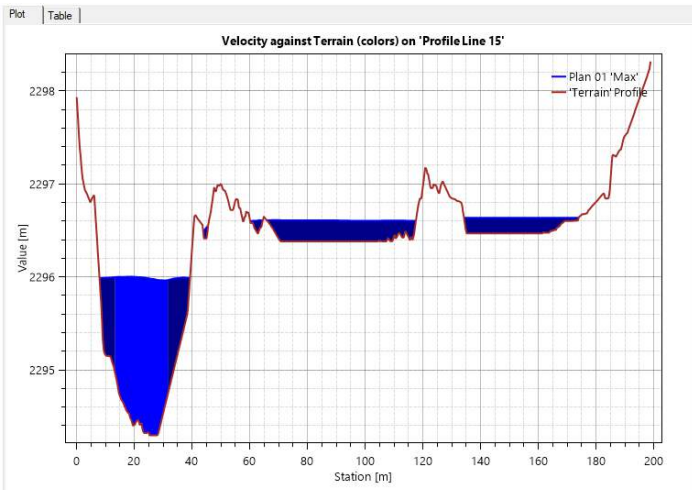
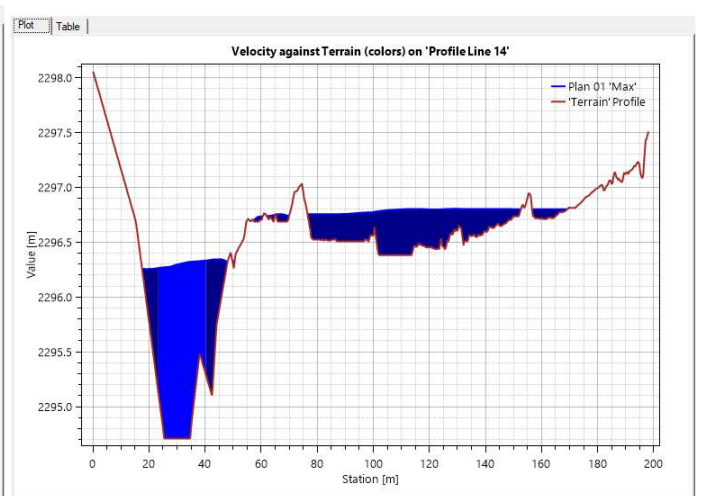
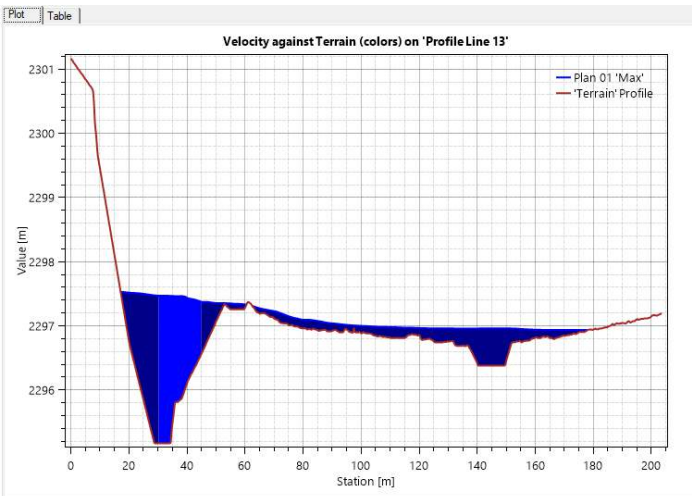
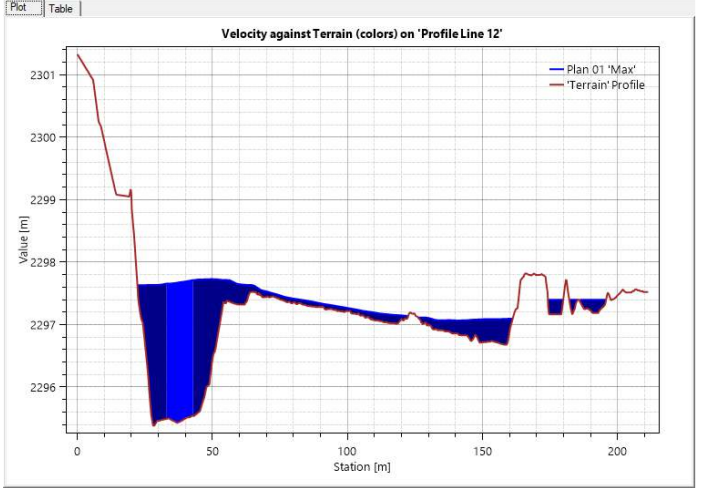
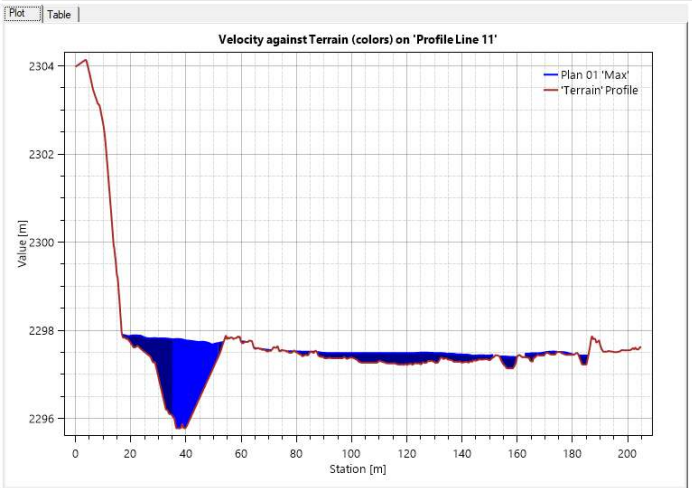
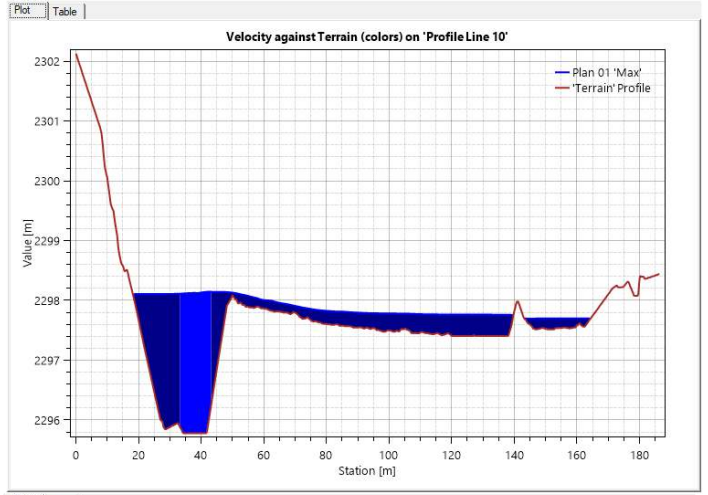
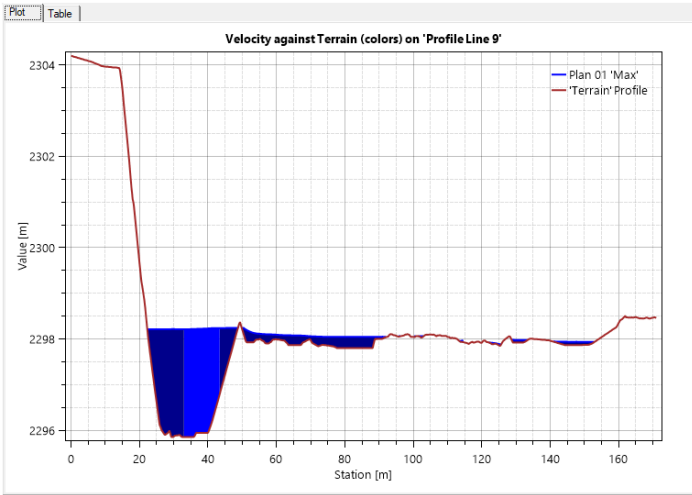
Profile Line 18
Profile Line 17
Profile Line 16
Profile Line 15

Profile Line 14
Profile Line 13
Profile Line 12
Profile Line 11
Profile Line 10
Profile Line 9

Profile Line 8
Profile Line 7
Profile Line 6
Profile Line 5
Profile Line 4
Profile Line 3
Profile Line 2

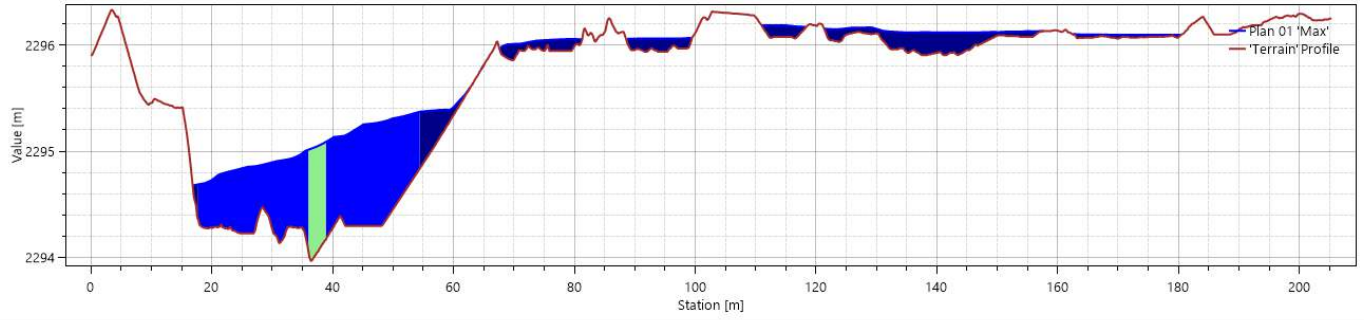
Profile Line 1





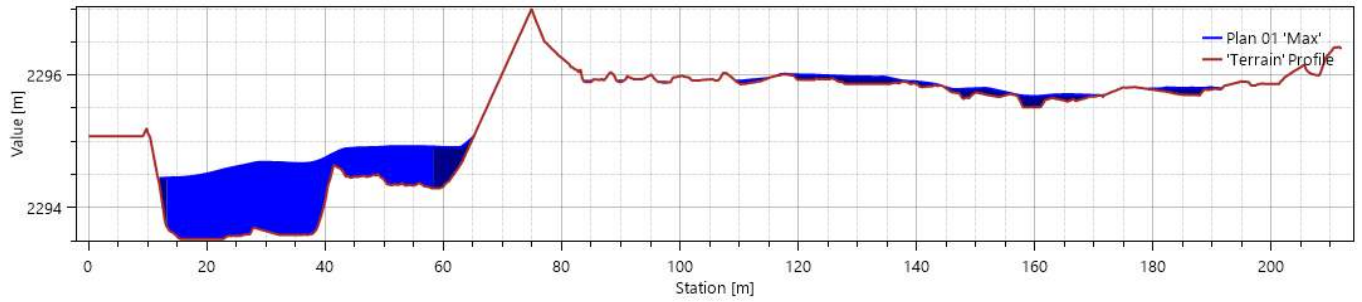
Plot Table

Velocity against Terrain (colors) on 'Profile Line 17'



Plot Table

Velocity against Terrain (colors) on 'Profile Line 18'





CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 001-2023-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 476-2023-FIMGC-UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : FÉLIX PAHUARA, Carlos
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : “EVALUACION DEL RIESGO POR INUNDACION FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RIO PONGORA – COMUNIDAD DE PONGORA AYACUCHO 2022”
Evaluación de la Originalidad : 19 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2254658805

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 11 de diciembre del 2023



Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Departamento Académicos de Matemática y Física

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo.



UNSCH

**FACULTAD DE
INGENIERÍA**
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento de la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 528-2023-FIMGC-D**, siendo doce días del mes de diciembre del 2023, a horas 11:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el auditorium de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el jurado de sustentación de tesis compuesto por el presidente encargado mediante Memorando N° 117-2023-FIMGC el **MSc. Ing. Edward LEÓN PALACIOS**, jurado el **MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**, Jurado-Asesor el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO** y secretario del proceso el **Arq. Juan Carlos SANCHEZ PAREDES**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis titulada “**EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RÍO PONGORA - COMUNIDAD DE PONGORA - AYACUCHO, 2022**”, presentado por el Sr. **Carlos FÉLIX PAHUARA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Civil**.

El jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16(dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.

MSc. Ing. Edward LEÓN PALACIOS
Presidente

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN
Jurado
MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Jurado Asesor
Arq. Juan Carlos SANCHEZ PAREDES
Secretario del Proceso

C.c.:
Bach. Carlos FÉLIX PAHUARA
Jurados (3)
Archivo

“EVALUACION DEL RIESGO POR INUNDACION FLUVIAL EN LA CUENCA DEL RIO PONGORA – COMUNIDAD DE PONGORA AYACUCHO 2022”

por Carlos FÉLIX PAHUARA

Fecha de entrega: 10-dic-2023 05:54p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2254658805

Nombre del archivo: Borradora_de_Tesis_-_Carlos_F_lix_Pahuara.pdf (99.33M)

Total de palabras: 31054

Total de caracteres: 153032

TE_Carlos_FÉLIX_PAHUARA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	15%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
8	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	

<1 %

10

redi.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo