



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación de riesgos de inundación en áreas agrícolas y viviendas ribereñas por fenómenos hidrológicos de alta intensidad, Azángaro – Puno”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Hurtado Quea Jose Carlito (ORCID: 0000-0002-6187-2932).

ASESOR:

M. Sc. Clemente Condori Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi Madre Petronila Quea Gutierrez y a mi familia Arianna y Aylen Brianna que gracias al apoyo incondicional pude concluir la presente tesis.

A mis maestros por el conocimiento que me brindaron durante mi formación académica.

Jose Carlito.

Agradecimiento

Agradezco a la casa de estudios Universidad César Vallejo, por permitirme lograr este anhelado grado académico como Ingeniero Civil.

Además, siempre agradecido con nuestro único creador que nos permite disfrutar de la vida en el tiempo.

Jose Carlito.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	iv
Índice de contenido	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de abreviaturas	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Validez y confiabilidad.....	26
3.6. Procedimientos	27
3.7. Aspectos éticos	60
IV. RESULTADOS.....	61
V. DISCUSIÓN	68
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	78

Índice de tablas

Tabla N° 1: Áreas de inundación, velocidades máximas y tirante crítico.	10
Tabla N° 2. Ancho mínimo de fajas marginales en cuerpos de agua.....	14
Tabla N° 3. Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	20
Tabla N° 4. Relación de variables correlacional – causales.	22
Tabla N° 5. Confiabilidad de la investigación.....	27
Tabla N° 6. Estaciones de la cuenca de Ramis.	36
Tabla N° 7. Estación Puente carretera Azángaro.	38
Tabla N° 8. Estación Crucero	39
Tabla N° 9. Estación Nuñoa.....	39
Tabla N° 10. Estación Progreso.....	40
Tabla N° 11. Determinación de las máximas precipitaciones anuales.....	41
Tabla N° 12. Coeficientes de escorrentía (método racional).....	43
Tabla N° 13. Caudales obtenidos mediante aforo (puente Azángaro).....	44
Tabla N° 14. Mayores caudales registrados en los aforos realizados.....	45
Tabla N° 15. Valores de Manning (“n”).	48
Tabla N° 16. Identificación del nivel de peligro en el área de estudio.	59
Tabla N° 17. Identificación del nivel de vulnerabilidad en el área de estudio.....	59
Tabla N° 18. Caracterización fisiográfica del área.	61
Tabla N° 19. Determinación de las máximas precipitaciones anuales.....	62
Tabla N° 20. Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	65

Índice de figuras

Figura N° 1. Visita a las zonas afectadas en el distrito de San Juan de Salinas ...	2
Figura N° 2. Visualización de la zona de estudio.....	5
Figura N° 3. Clasificación de ríos según la curva hipsométrica	13
Figura N° 4. Formas Fluviales básicas.	13
Figura N° 5. Valores de las zonas de peligro.	18
Figura N° 6. Niveles de la vulnerabilidad.....	19
Figura N° 7. La imagen muestra accesorios y equipos del Estación Total.	25
Figura N° 8. Estación Total electrónico para el levantamiento topográfico.....	25
Figura N° 9. Menú principal del software ArcGIS.	26
Figura N° 10. Visualización del programa HEC-RAS 5.07.	26
Figura N° 11. Delimitación del área de estudio.....	29
Figura N° 12. Según su clasificación es un río entrelazado.....	30
Figura N° 13. Cultivo de avena afectado por las inundaciones.	31
Figura N° 14. Afectaciones de las inundaciones en los cultivos ribereños.	32
Figura N° 15. Inicio de las lecturas en el levantamiento topográfico.	32
Figura N° 16. Lectura en el BM principal.	33
Figura N° 17. Equipo técnico del proceso de levantamiento.	33
Figura N° 18. Proceso del levantamiento topográfico.....	34
Figura N° 19. Medición del espejo de agua del río.	35
Figura N° 20. Medición de alturas en la sección transversal.	35
Figura N° 21. Datos de precipitaciones de la estación Puente Azángaro.....	36
Figura N° 22. Datos de precipitaciones de la estación Crucero.	37
Figura N° 23. Datos de precipitaciones de la estación Nuñoa.....	37
Figura N° 24. Datos de precipitaciones de la estación Progreso.....	38
Figura N° 25. Gráfica de las precipitaciones de la estación carretera Azángaro.	39
Figura N° 26. Gráfica de las precipitaciones de la estación Crucero.....	39
Figura N° 27. Gráfica de las precipitaciones de la estación Nuñoa.	40
Figura N° 28. Gráfica de las precipitaciones de la estación Crucero.....	40
Figura N° 29. Delimitación de la subcuenca Azángaro.....	43
Figura N° 30. Digitalización de puntos tomados en campo.	45
Figura N° 31. Generación de curvas de nivel con AutoCAD Civil 3D.	46
Figura N° 32. Imagen Georreferenciada en SasPlanet.	46
Figura N° 33. Creación de áreas en ArcGIS.....	47

Figura N° 34. Creación de áreas de acuerdo a la imagen satelital.....	47
Figura N° 35. Coeficiente de Manning.....	49
Figura N° 36. Designación del coeficiente de Manning en las áreas creadas.	50
Figura N° 37. Delimitación del cauce desde las huellas máximas de las aguas.	50
Figura N° 38. Trazo del eje principal del río.....	51
Figura N° 39. Trazo de los Márgenes y secciones transversales del río.	51
Figura N° 40. Trazo de los Márgenes y secciones transversales del río.	52
Figura N° 41. Importación de la geometría a HEC – RAS considerando el SI. ...	53
Figura N° 42. Caudal para 10 años de periodo de retorno.	53
Figura N° 43. Modelo de inundación en HEC - RAS.	54
Figura N° 44. Secciones transversales con flujo de inundación.	54
Figura N° 45. Importación de la geometría a HEC - RAS.....	55
Figura N° 46. Inundación en una sección transversal.	55
Figura N° 47. Importación del modelo de inundación de HEC RAS a ArcGIS.....	56
Figura N°48. Inundación con una máxima avenida de $Q = 184.35 \text{ m}^3/\text{seg}$	56
Figura N° 49. Caudal de diseño para periodo de 100 años.....	57
Figura N° 50. Modelo de inundación.	57
Figura N° 51. Sección transversal de inundación con $Q = 448.01 \text{ m}^3/\text{seg}$	58
Figura N° 52. Visualización de la inundación con $Q = 448.01 \text{ m}^3/\text{seg}$	58
Figura N° 53. Comportamiento del terreno en un modelo digital (TIM).	61
Figura N° 54. Inundación en ambas márgenes del río Azángaro.	63
Figura N° 55. Mapa de inundación del río Azángaro tramo Salinas.	64
Figura N° 56. Mapa de inundación de la máxima avenida.	64
Figura N° 57. Mapa de inundación de la máxima avenida.	66

Índice de abreviaturas

UICN	:Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
FEMA	:Emergencies Federal Emergency Management Agency
MDE	:Modelos Digitales de Elevación.
HEC RAS	:Hydrological Engineering Center – River Analysis System
ARPS	:Áreas de Riesgo Potencial Significativo.
SNHT	:Standard Normal Homogeneity Test
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
AAA	: Autoridad Administrativa del Agua.
ARPS	: Áreas de Riesgo Potencial Significativo.
CENEPRED	:Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Perú).
CENAPRED	:Centro Nacional de Prevención de Desastres (México).

Resumen

La presente investigación denominada “Evaluación de riesgos de inundación en áreas agrícolas y viviendas ribereñas por fenómenos hidrológicos de alta intensidad, Azángaro – Puno” considera como el objetivo principal identificar y evaluar la magnitud de riesgos por inundación en el río Azángaro tramo distrito de San Juan de Salinas, en tal efecto se estudió la caracterización de la zona mediante un levantamiento topográfico con Estación Total, el cual dio como resultado el modelo digital de elevaciones (TIM) y también se obtuvo los datos hidrológicos de la Institución SENAMHI, para la determinación de las máximas precipitaciones diarias anuales, con estos datos se realizó un modelamiento hidrológico mediante la herramienta HEC – RAS. En función a los procedimientos aplicados anteriormente, esta investigación se considera como lógico inductivo, ya que se realizó mediante la observación de los hechos, donde posteriormente se registró, comparó y se clasificó para ser expresado en relación de lo observado y generar predicciones de sucesos mediante un modelo digital. Con todos estos procedimientos se logró la determinación de las precipitaciones máximas anuales de 24 horas con una intensidad de 162.02 mm/h. en un periodo corto de 30 minutos. Además, se ha determinado los caudales máximos para periodo de retorno de 10 años ($Q = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}$), 50 años ($184.35 \text{ m}^3/\text{s}$) y un periodo de 100 años ($419.63 \text{ m}^3/\text{s}$). Teniendo como resultado áreas inundadas en proporción a los periodos de retorno de 422.78 Ha, 650.77 Ha y 990.80 Ha de terrenos de cultivo en ambos márgenes del río Azángaro.

El nivel de riesgo por inundaciones se estimó según los parámetros del INDECI que evalúa el peligro y la vulnerabilidad, resultando un RIESGO MEDIO con 37.5 % de probabilidad en sufrir daños por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad. Las medidas tomadas de acuerdo a los estudios realizados y con relación a los costos de inversión, se plantea soluciones no estructurales como la zonificación mediante mapas de riesgos por inundación y además se plantea la descolmatación en los tramos de mayor afectación por el desborde del río Azángaro.

Palabras claves: Fenómenos hidrológicos, periodo de retorno, caudales, áreas vulnerables, descolmatación y riesgos.

Abstract

The present investigation called "Evaluation of flood risks in agricultural areas and riverside houses due to high intensity hydrological phenomena, Azángaro - Puno" considers as the main objective to identify and evaluate the magnitude of flood risks in the Azángaro river, San Juan de Salinas district section, For this purpose, the characterization of the area was studied by means of a topographic survey with Total Station, which resulted in the digital elevation model (TIM) and hydrological data was also obtained from the SENAMHI Institution to determine the maximum annual daily rainfall, with this data a hydrological modeling was performed using the HEC - RAS tool. Based on the procedures applied previously, this research is considered as inductive logic, since it was carried out through observation of the facts, where it was subsequently recorded, compared and classified to be expressed in relation to what was observed and generate predictions of events by means of a digital model. With all these procedures, it was possible to determine the maximum annual 24-hour rainfall with an intensity of 162.02 mm/h. in a short period of 30 minutes. In addition, the maximum flows for a return period of 10 years ($Q = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}$), 50 years ($184.35 \text{ m}^3/\text{s}$) and a period of 100 years ($419.63 \text{ m}^3/\text{s}$) have been determined. As a result, flooded areas in proportion to the return periods of 422.78 ha, 650.77 ha and 990.80 ha of cultivated land on both banks of the Azángaro River. The flood risk level was estimated according to INDECI parameters that evaluate hazard and vulnerability, resulting in a MEDIUM RISK with a 37.5% probability of suffering damage from these high intensity hydrological phenomena.

The measures taken according to the studies carried out and in relation to the investment costs, non-structural solutions are proposed such as zoning by means of flood maps and siltation in the sections most affected by the overflowing of the Azángaro river.

Keywords: Hydrological phenomena, return period, flows, vulnerable areas, siltation and risks.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Luego de una larga temporada de sequía se presenta como todos los años un periodo de lluvias intensas en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo; el cual hace que se generen las máximas avenidas causando inundaciones en las zonas ribereñas del río Azángaro, producto del cual ha surgido esta investigación donde busca identificar las zonas vulnerables a estos efectos de inundación y busca dar solución de manera viable e inmediata, ya que en muchos casos las soluciones no se pueden concretar por los elevados costos de inversión que se requiere.

Según, (UICN-2016, p. 26) se afirma que las grandes afectaciones que genera estas inundaciones es el mismo accionar del ser humano, por los diferentes intereses en busca de la subsistencia humana, el cual está reflejado en la agricultura, ganadería, la industrialización y el comercio de la cual dependemos como humanidad. Además de acuerdo al informe de (CENAPRED, 2019 p. 55) el impacto económico es uno de los factores que se debe tener presente en las diferentes demandas de la población como son la agricultura, la ganadería, y el pastoreo, que son demandas que practican la preparación de terrenos de una manera sostenible donde, interviene la actividad humana para enfrentar la sobrevivencia, buscando siempre adaptarse a una realidad de tal manera que se obtenga un beneficio en paralelo con la naturaleza y el ser humano.

Este fenómeno de inundaciones es afectado también por diferentes factores como son las sedimentaciones de los cauces de ríos, por factores de pendientes y entre otros. Durante muchos años no se han tomado en cuenta este fenómeno de sedimentación del cauce que ha llegado a un punto crítico, generando obstrucción en el recorrido de las aguas, y estas busquen otras direcciones causando desbordes a cultivos y viviendas que se encuentran a su paso. Además, cabe mencionar que las únicas temporadas de producción agrícola se dan en los meses de lluvias, ya que en otras estaciones no es posible la producción de la agricultura, por las bajas temperaturas que presenta, como pueden ser las heladas y sequías. En respuesta a estos fenómenos el estudio busca el balance hídrico, donde la

convivencia de los agricultores y ganaderos de la zona no se perjudiquen por estas inundaciones en sus cultivos ribereños.

Surge además otros factores que afectan en el ámbito económico, con respecto a los costos por pérdidas de terrenos agrícolas, bienes y la integridad de las personas que habitan en las ribereñas del río Azángaro. Cuando se generan estas emergencias también causan gastos presupuestales a la municipalidad del distrito de San Juan de Salinas, ya sea en la rehabilitación, reconstrucción de las estructuras y también en los apoyos económicos que se entregan para remediar los cultivos que son afectados por estos fenómenos naturales.

Los principales cultivos que son afectados en estas zonas son: la papa, habas, cebada, avena, trigo y alfalfa como se puede apreciar en la figura N° 1, los cultivos de avena y papa que han quedado totalmente perjudicados por fenómenos de inundaciones, donde el resultado es la pérdida total.



Figura N° 1. Visita a las zonas afectadas en el distrito de San Juan de Salinas.

Por lo tanto, el estudio busca la identificación de las zonas propensas a ser afectados por las inundaciones en para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años, mediante un modelamiento hidrológico atreves de la herramienta HEC-RAS con los datos hidrológicos proporcionados por parte del SENAMHI. De igual forma, se planteó soluciones más accesibles presupuestalmente en su ejecución debido a que en estas zonas requieren de una atención inmediata.

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es la magnitud de riesgo por inundaciones de las áreas agrícolas y viviendas ribereñas afectados por fenómenos hidrológicos de alta intensidad en el distrito de San Juan de Salinas, Azángaro – Puno?

Problemas específicos:

- ¿Cuáles son las características físicas del cauce principal, áreas agrícolas y pobladas vulnerables a efectos de inundación producidos por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad?
- ¿Cuáles son los datos de precipitaciones máximas de 24 horas con respecto a la información de las estaciones hidrológicas para realizar el modelamiento hidrológico de inundaciones mediante el software Hec - Ras?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo de inundación en los márgenes del cauce para periodos de retorno de 10, 50, y 100 años, con fines de proponer medidas de reducción de los desbordes?

1.3. Justificación

Justificación teórica

La municipalidad y las autoridades requieren conocer los mapas, teorías y cualquier otra información a las cuales están propensas sus territorios para poder tomar medidas de precaución o establecer posibles casos de solución ya sea a corto, mediano y largo plazo los cuales pretendan disminuir las afectaciones.

Justificación técnica.

La identificación de los tramos críticos frente a inundaciones mediante el estudio realizado en las ribereñas del río Azángaro en el distrito de San Juan de Salinas nos ayuda a tomar medidas de precaución y posteriormente una solución a este problema de inundaciones en las áreas de cultivo, teniendo en cuenta ya los puntos críticos, donde se puede hacer una defensa riverañá o una descolmatación del tramo, para de esta forma evitar la pérdida de cultivos que cada año afecta en las épocas de lluvia.

Justificación social.

Las poblaciones de estas zonas ribereñas ya podrán realizar sus cultivos de manera acertada; porque ya se tiene la estimación de las zonas propensas a ser vulnerables, y esto permite evitar las pérdidas en su producción de sus cultivos por estos fenómenos de inundación, por lo que posterior a la solución que plantea esta investigación, los habitantes de estas zonas tienen la información como para poder enfrentar estos sucesos y aprovechar estas áreas de manera más conveniente con los diferentes cultivos para su abastecimiento de su ganadería y la subsistencia de sus habitantes.

Justificación económica.

En la actualidad los habitantes de estas zonas ribereñas pierden una considerable cantidad de inversión económica en los cultivos que son afectados por estas inundaciones. Posterior al estudio realizado con las estimaciones de las áreas críticas a ser inundadas, se debe tener en cuenta y realizar los cultivos ya con más confianza y en zonas de poca incertidumbre.

1.4. Objetivos

Objetivo general:

Identificar y evaluar la magnitud de riesgos por inundación de las áreas agrícolas y viviendas ribereñas afectados por fenómenos hidrológicos de alta intensidad en el distrito de San Juan de Salinas, Azángaro – Puno.

Objetivos específicos:

- Realizar la caracterización física del cauce principal, áreas agrícolas y pobladas vulnerables a efectos de inundación producidos por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad.
- Determinar las precipitaciones máximas de 24 horas con respecto a la información de las estaciones hidrológicas para realizar el modelamiento hidrológico de inundaciones mediante el software Hec - Ras.
- Estimar los niveles de riesgo por inundación en los márgenes del cauce para periodos de retorno de 10, 50, y 100 años, con fines de proponer medidas de reducción de los desbordes.

1.5. Hipótesis

Como afirma Hernández, (2018 p. 124) no todas las investigaciones debemos plantear forzosamente una hipótesis, esto depende del alcance que pretende un estudio y el planteamiento del problema. Las investigaciones de un alcance descriptivo cuando tienen un propósito de predecir una cifra, un dato o un hecho. No aplica.

1.6. Delimitaciones

Delimitación temporal

La investigación fue elaborada en 06 meses, cuyo comienzo es en Febrero hasta el mes de Agosto del año 2022.

Delimitación espacial

En cuanto al espacio donde se realizó el proyecto de investigación es en el distrito de San Juan de Salinas, provincia de Azángaro, región Puno, tal como se muestra en figura N° 2.

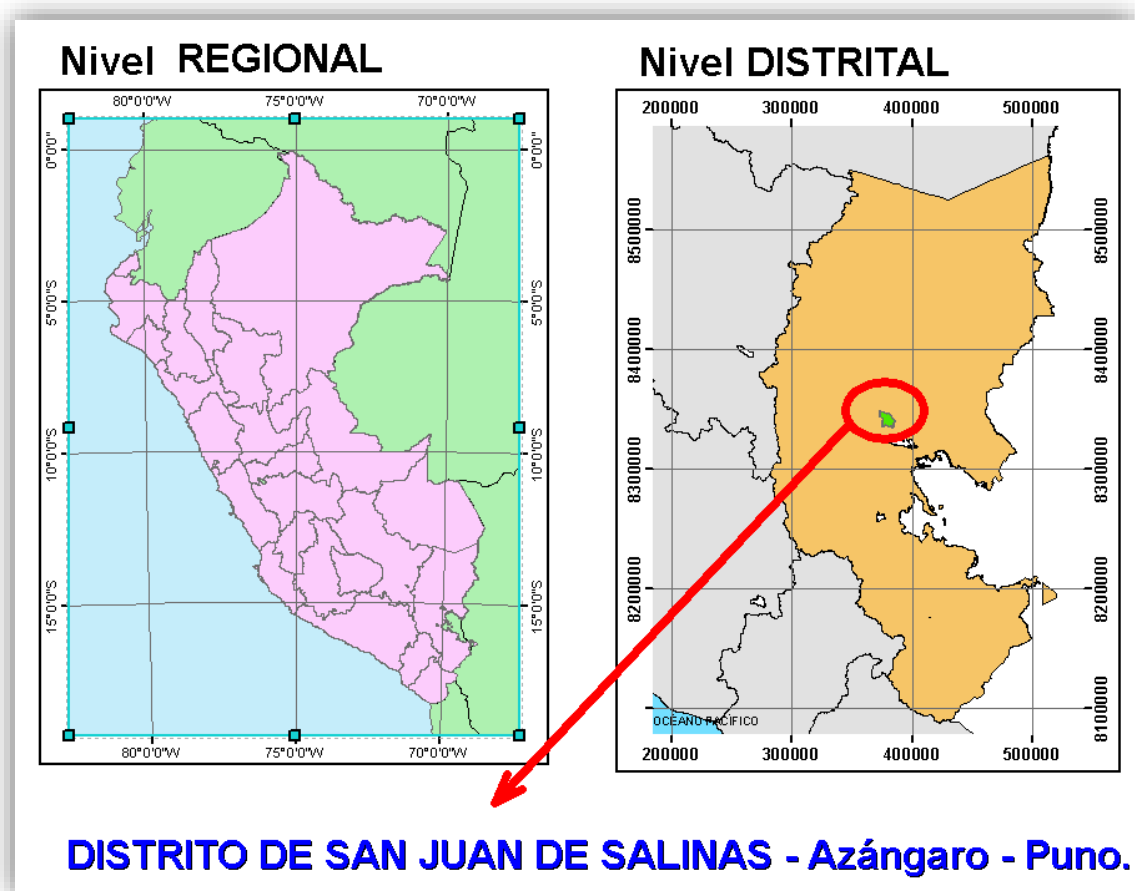


Figura N° 2. Visualización de la zona de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Perles, Sortino y Cantarero (2016) en su artículo científico planteó una normatividad con respecto a la comunidad (sectorial, del estado, autónomos y localidades) para enfrentar las consecuencias que generan los fenómenos naturales que son producto de desbordes de los ríos causando las inundaciones. El cual se elaboró de manera descriptiva – explicativa considerando tres métodos siguientes: primero; en analizar los eventos de inundación anteriores fundamentados en informaciones de la prensa, información bibliográfica y consultando a los que vivieron estas afectaciones de manera personal, segundo; en la observación y delimitación de espacios problemáticos con el objetivo de identificar el problema mediante el apoyo del software y tercero; haciendo una recopilación de diferentes casos donde se presente este tipo de problemas y además verificar de cómo son tomados en los niveles de afectación de acuerdo a un plan de gestión en riesgos. Teniéndose al final la elaboración de documentos cartográficos a escala intra-municipal que sirvan como un documento que rijan a nivel de Europa en la prevención de riesgos frente a los efectos de la naturaleza y además sean aplicados en las ARPS (Áreas de Riesgo Potencial Significativo).

Álvarez (2022) en su investigación referido a la elaboración de gestiones, planes y técnicas para disminuir el riesgo de desbordamientos, utiliza el modelamiento mediante herramienta hidráulica HEC-RAS con fines de evitar la afectación de estos fenómenos, así como también precaver situaciones que conlleven a las pérdidas considerables. Mediante un análisis geomorfológico en la región del Urabá se diagnosticó el problema por medio de un proceso descriptivo mediante la observación, tanto de fotografías tomadas desde un dron, también datos geológicos incluyendo los antecedentes de los sucesos hidrológicos; para ser procesados mediante la herramienta (HEC-RAS). Llegando a la conclusión que las inundaciones se generan en el puente y la cancha San Francisco a efecto de que el cauce principal está siendo sedimentado con residuos sólidos y los desmontes que son eliminados en cauce del río por lo que se debe de realizar una fiscalización

y mantenimiento de la zona.

Amaya y Estupiñan (2021), en su investigación sobre inundaciones ha estimado e identificado las características hidrológicas como morfológicas del lecho del río Apulo, con referencia a situaciones que presentan desbordes causados en épocas de lluvias. Donde se pretende realizar un modelo de inundación empleando la herramienta denominada HEC-RAS que te permite identificar las zonas propensas a estos fenómenos, mediante la descripción y la caracterización para luego hacer una etapa predictiva. Donde se tomó la recopilación, análisis y validación de información que son emitidas por entidades que se encargan de registrar los datos hidrológicos; y por otro lado están los datos que se obtuvieron mediante información satelital, como son los puntos tomados para graficar las superficies, llegando de esta forma a determinar las zonas que posiblemente se inunden cuando se produzcan las máximas avenidas. Teniéndose como resultado lo siguiente: para periodos con retorno en cincuenta años su caudal obtenido es de $235.60 \text{ m}^3/\text{s}$. y en la otra estimación que es de cien años es de $348.70 \text{ m}^3/\text{s}$. estos resultados son obtenidos a base de la herramienta hidráulica HEC-HMS. Por consiguiente, estos datos permitieron el modelamiento mediante la herramienta HEC-RAS donde se llegó a identificar las zonas que están propensas a ser inundadas cuando se produzcan fenómenos con mayor caudal a lo normal, sin embargo, cuando la población genere el crecimiento del área urbana también serán afectadas por estos fenómenos de la naturaleza.

Tal como sostiene Perles, Olcina y Mérida (2018) en su artículo sobre una política enfocado a riesgos por inundaciones y su ordenamiento territorial, evalúa las medidas y políticas sobre la reducción de riesgos frente a inundaciones, en cumplimiento a la Directiva 60/2007 y su incorporación al contexto jurídico español, Estados de la Unión Europea. Este artículo se realizó a base de enfoques teóricos – aplicados donde se pretende analizar los diferentes aspectos para poder emitir de manera obligatoria demarcaciones hidrográficas y elaborar una cartografía oficial de riesgo según la norma. Por último, redactar planes de gestión de inundaciones donde indiquen que los cauces de los ríos que queden en seco por la disminución de los caudales, no pueden ser ocupados por construcciones ni

perjudicados por cualquier otro elemento que obstaculice el paso normal de las aguas en cuanto se produzcan en periodos de máximas avenidas. Además, no pongan en peligro la vida humana o bienes. Estas normativas deben ser aplicadas en todos los territorios de España.

Pérez, Escobar y Fragozo (2018) en su estudio utilizó el modelo Hidráulico 2D para la identificación de puntos críticos frente a inundaciones en zonas con pocos datos hidrográficos. En este caso se ha planteado una metodología descriptiva – correlacional que resuelva en un ambiente difícil de conseguir los datos topográficos, por ejemplo, porque estas zonas están cubiertas por vegetación; por lo tanto, este estudio buscó realizar este estudio con el apoyo Modelos Digitales de Elevación (MDE) que describe el área de estudio a escala apropiada y simular el evento máximo de precipitaciones mediante la herramienta computacional IBER 2D. Además, se concluye que el MDT es muy apropiado para la generación de puntos topográficos con el apoyo de Google Earth y superar la escasez de puntos para posteriormente ser importados a IBER 2D, donde se realiza el modelamiento 2D para inundaciones fluviales en zonas que son críticos a ser afectados.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Como ha planteado Dávila (2022), en su tesis sobre el rebase del río Lurín, hace referencia el cómo inciden las medidas sobre la disminución de causas afectados por estos fenómenos naturales: en la población vulnerable, en los servicios de primera necesidad, en la seguridad pública y en lo que se refiere a las cosas materiales, en esta zona de estudio. En el conexo de ser un estudio cuantitativo, donde no se realizara ninguna experimentación sin embargo se seguirá un proceso descriptivo para hacer relaciones de acuerdo a lo observado y medido, llegando a alcanzar las siguientes conclusiones; estas medidas de prevención sobre riesgos tienen una incidencia de 14.7% con respecto a servicios de primera necesidad con un 95.0% de confianza y un error de 5% creen que el impacto sería medio, en la seguridad pública el 55.90% equivalente a 19 hogares que estas medidas reducirán estos impactos y así mismo el 99% afirma que cuando estas políticas sean aplicadas de una manera seria por parte de los que les gobiernan. Además, si estos efectos son prevenidos los gastos económicos se reducirán considerablemente.

Martínez (2018), en su estudio ha evaluado el riesgo de inundación, donde realizó una evaluación del riesgo por inundaciones, utilizando ciertos métodos numéricos que dan solución en la identificación de posibles inundaciones que se producen en los márgenes de los ríos producto de las intensas precipitaciones; por consiguiente la simulación realizada permitió reconocer las zonas que están susceptibles a estos fenómenos y estimar las medidas que te ayudan a prevenir mediante la construcción de defensas ribereñas. Esta investigación abarcó a un nivel de la descripción de las características de la zona, para posteriormente aplicado el modelo matemático y al final los resultados ser analizados de acuerdo a las consideraciones establecidas de estos fenómenos. Llegando a definir el riesgo existente por inundación, cuyos niveles son muy alto, de acuerdo a las estimaciones realizadas por los programas, siendo de antemano las áreas más afectadas los que se aproximan a las riberas. Durante los meses de lluvias como octubre y noviembre las precipitaciones anuales son de un 635.5 mililitros por metro; mientras tanto en otros meses este dato disminuye a 150 a.160 mililitros por metro, además se llegó a precisar en el estudio que ciento ocho familias son afectadas por estos fenómenos naturales que están próximos a las riberas con diferentes tipos de cultivo y ganadería.

En la tesis de Mamani (2020) sobre un modelo hidrológica e hidráulica 2D en el río Cabanillas; hace referencia a zonas inmersos a inundaciones en los márgenes de los ríos altiplánicos, frente a efectos climáticos extremos, como pueden ser las intensas precipitaciones y ocupación de cauces de ríos por sedimentos que obstruyen el libre transcurso del agua, generando que estas aguas lleguen a traspasar su cauce y afectar las áreas paralelas. Ante este contexto se realizó la recopilación de la información hidrológica de manera descriptiva no experimental con datos recolectados de manera transversal, con fines de realizar el modelamiento en mediante el software HEC-RAS, posteriormente plantear estructuras de prevención. Como resultado se obtuvo varias zonas que están expuestas a ser inundadas, como se puede observar en la tabla N° 1; además, se concluye que modelamiento mediante la herramienta hidráulica HEC-RAS es muy eficiente en la determinación de áreas de desbordamiento e inundaciones.

Tabla N° 1: *Áreas de inundación, velocidades máximas y tirante crítico.*

Periodo de retorno	10 años	20 años	50 años	100 años	200 años	500 años
Inundación (ha)	179,53	195,13	182,86	187,86	182,96	195,70
Velocidad máxima (m/s)	3,48	3,55	3,55	3,55	3,60	3,72
Tirante crítico (m)	3,24	3,28	3,31	3,33	3,36	3,38

Figuroa (2022) en su estudio relacionado con la dinámica atmosférica frente a situaciones de las lluvias que generan desbordamientos constantes en meses de lluvias en la selva de Perú; expresa identificar las zonas propensas a desbordes sobre la producción de la agricultura en los ribereños del al río Amazonas y todos los que afluyen en ella donde se producen mucho riesgo al realizar sembríos de sus productos a causa de desbordes en periodos de las lluvias. Por lo tanto, para la realización de este estudio fue elaborado de manera descriptiva con fines correlacionar los sucesos a razón del tiempo y posteriormente se ha realizado simulaciones mediante métodos y modelos hidrológicos, donde se ha evaluado con datos existentes en sus puntos hidrológicos como son: Requena, San Regis y Tamshiyacu; donde resulto ser deficiente estas estaciones por lo que se requiere mayor numero, y esta situación género que se tomaran otros métodos para calcular los datos faltantes de manera estadística, como es la prueba de la homogeneidad normal estándar, también la Pettitt Buishand. Al final se obtuvo como resultado el siguiente 73 crecidas en el río Amazonas durante el periodo de 1996 a 2018, de las cuales más de 60% son en el tramo Marañón, un aproximado del 20% forman parte de ambos ríos y un 5% ósea cuatro incidentes de inundaciones forman parte del río Ucayali. Estas crecidas repentinas con mayor porcentaje de afectación se dan en setiembre y octubre, a comparación de los meses de sequía.

Teniendo en cuenta a GUTIÉRREZ (2018), en su estudio referido a determinar zonas recurrentes a desbordes y derrumbes en áreas ribereñas al río Pachatusan, propone mediadas que buscan determinar los caudales máximos, distinguir todas las áreas críticas y además la caracterización física de la zona, para plantear estructuras que ayuden a la prevención frente a estos efectos. Por tratarse de una investigación hipotético – deductivo correspondiente a un diseño no experimental realizo un estudio de toda la caracterización de la zona de estudio; además, en la recolección de datos hidrológicos que son prescindibles en los cálculos del estudio.

Posterior a este estudio, se llegó a la siguiente a los siguientes resultados: los caudales máximos encontrados rodean de 77.4 a 147.5 metros cúbicos por segundo, donde también se afirma que en áreas afectadas se tiene 32.3 hectáreas incluyendo setenta y siete viviendas; además el autor sostiene que las defensas estructurales que tiene la cuenca no llega a cumplir con este control de inundaciones por su topografía escarpado y por lo que no son suficientes en su número.

2.2. Bases teóricas

Delimitación de una Cuenca

Según Monsalve (como se citó en Verdugo, 2017, p. 26), se dice que una delimitación de una cuenca hidrográfica consiste en demarcar un área que abarca hasta la última divisoria de donde escurren las aguas, drenando por una pendiente a un curso principal con una salida.

Cuenca vertiente al Titicaca

De acuerdo a la información que contempla en la Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos (ANA y MINAGRI, 2016, p. 116), la Resolución Jefatural N° 121-2014- ANA, concluye la implementación de la información sobre la cuenca; a partir del 09 de abril del 2014 para ejercer sus funciones asignadas de acuerdo a Ley. Donde la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) establece que la cuenca Titicaca, abarca una superficie total de 46 347.1 Km². Además, menciona que alberga 17 unidades hidrográficas, de las cuales nueve (9) son consideradas como mayores y ocho (8) como menores y dos lagos Titicaca y Arapa. Destacando los ríos Ramis, Coata, Huancané e llave.

Periodo de retorno

De acuerdo a la (NORMA O.S. 060 p.36) es el evento máximo de escurrimiento donde sus efectos deben evitarse, como los daños e inconvenientes que puede causar. También se señala que es el número promedio de años que transcurren entre la ocurrencia de dos eventos iguales o de mayores magnitudes.

Precipitación pluvial

La precipitación según (Villón, 2002, p. 69) es la caída del agua en cualquiera de sus estados naturales, que generándose desde las nubes cae hasta llegar a la superficie terrestre.

Intensidad de precipitación

Respecto a la teoría de (Villón, 2002, p. 138) considera una intensidad cuando la precipitación supera la capacidad de infiltración del suelo produciéndose un escurrimiento superficial, esta genera el aumento del caudal en el cauce del río; considerando siempre una demora de acuerdo del área de la cuenca.

Determinación del caudal

También tenemos el caudal, que en consideración de (Villón, 2002, p. 163) es el volumen de líquido que discurre por una tubería controlado en un tiempo establecido; establecido en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Q = caudal en m³ /seg.

C = Coeficiente de esorrentía.

I = Intensidad de lluvia en (mm/hora).

A = Área en hectárea (Ha).

Curva Hipsométrica

Desde el punto de vista de Díaz et al., 1999 citado en (Pomca, 2018, p. 12) la curva hipsométrica precisa el comportamiento en general de la altitud de una cuenca con respecto a la dinámica del ciclo de erosión.

Como afirma (Pomca, 2018, p. 12) para construir una Curva Hipsométrica primero tienes que llevar una escala conveniente, donde la elevación va en la ordenada y el área de la cuenca en la abscisa. Donde se puede observar en la figura N° 3 la clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica.

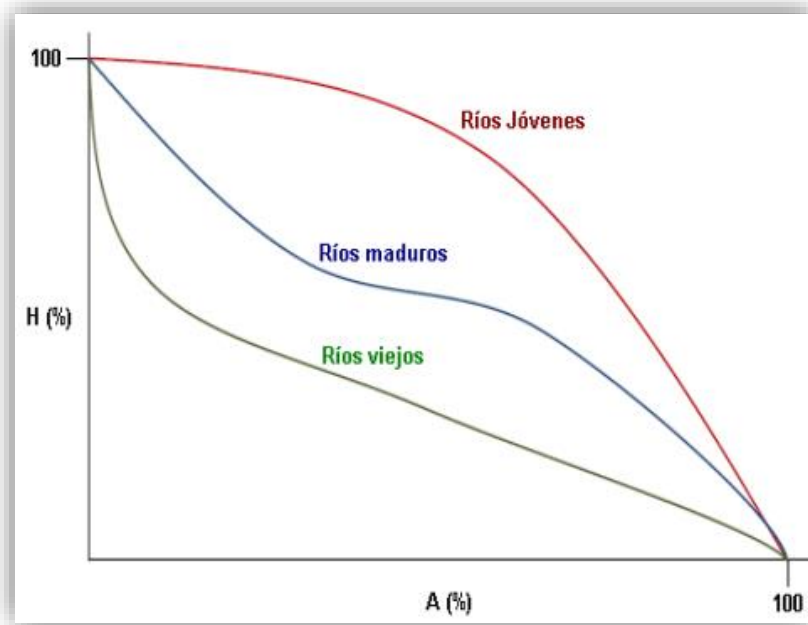


Figura N° 3. Clasificación de ríos según la curva hipsométrica
Fuente: <https://bit.ly/3upmMpm>

Clasificación del cuerpo de agua

Así como Simons y Julien, 1984 (citado en Alejandro, 2022, “Morfología de ríos”, párr. 1), señala según la forma del río se tiene tres formas generales, como se observa en la figura N° 4. En términos de la fisiología de los ríos como pueden ser su forma, se debe de comprender que se refiere a la visualización desde el espacio (vista aérea).

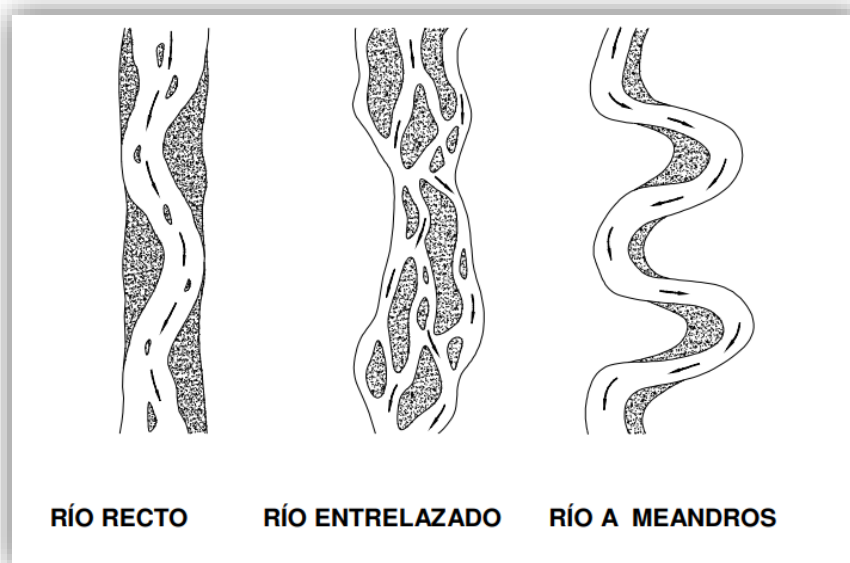


Figura N° 4. Formas Fluviales básicas.
Fuente: <https://bit.ly/3lpVKmP>

Como expresa (Rocha, p. 3) los ríos, a simple vista, son de formas muy diversas y, por lo general, varían su forma en el tiempo constantemente. En cada tramo de un río podemos observar diferentes características a los demás. Al realizarse estudios para diseños estructurales en relación con los ríos, no se busca responder a preguntas de ¿por qué los ríos son como son?, sin embargo ¿cómo son los ríos? y ¿y de qué manera su forma influye en las condiciones para que la estructura sea estable?

Fajas marginales y sus criterios para la delimitación.

Según el Artículo 113 de la (Ley N° 29338, p. 92) considera que las fajas marginales son bins que pertenecen al estado, que se compone de áreas inmediatas a los cauces y son fijadas por la ANA y las autoridades del sector municipal competentes; respetando siempre la costumbres y usos que se dan en dicho territorio.

Y además en el artículo 114 de la (Ley N° 29338, p. 93), hace referencia de cómo se debe delimitar considerando los siguientes criterios, considerando siempre la tabla N° 2 que establece la ANA:

Tabla 2. *Ancho mínimo de fajas marginales en cuerpos de agua.*

Tipo de Fuente	Ancho mín. (1)
Cauces y segmentos de arroyos con elevada inclinación (superiores a 2%) encauzados por lechos rocosos.	3 m
Cauces y segmentos de arroyos con elevada inclinación (superiores a 2%) con materia sedimentaria.	4 m
Segmentos de arroyos de inclinación media (1 a 2%)	5 m
Segmentos de arroyos de poca inclinación (inferiores a 1%) y con vegetación en sus alrededores.	6 m
Segmentos de arroyos con poca pendiente (< a 1%) y bordes sin vegetación.	10 m
Segmentos de arroyos con protecciones estructurales (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.), donde se miden desde la parte exterior de la estructura.	4 m
Segmentos de arroyos en la selva baja con inclinaciones de terreno (< a 1%)	25 m
Lagos y Lagunas	10 m
Estructuras de acumulación de aguas (Cota de vertedero de demasías)	10 m
(1) Las medidas son tomadas desde el límite superior de la ribera.	

Fuente: Resolución Jefatural N° 332-2016, p. 3.

- a. De acuerdo a la envergadura y su consideración de las obras de defensas ribereñas se plantea como proyecto.
- b. Un espacio necesario para la estructura y además se debe prever su cuidado ya sea de la estructura mismo y como también del cauce.
- c. Debe tener espacios para usos públicos si es necesario.
- d. Consideración de las máximas avenidas.

Criterios para el encauzamiento de cursos de agua.

De acuerdo con el artículo 223 de la (Ley N° 29338, p. 121) el proceso de encauzamiento de los ríos debe darse con el único propósito y finalidad de dar estabilidad al curso de agua, y por otro lado las obras de defensa ribereña tienen que cumplir la función de proteger a la población, infraestructuras, tierras de cultivo, que estos pueden sufrir inundaciones o acciones de erosión.

Autorización para el encauzamiento de cursos de agua.

También el artículo 224 de la (Ley N° 29338, p. 122), implica autorización para la realización ya sea de las acciones de encauzamiento u obras de defensa ribereña, el cual es contar con la autorización de la Autoridad Administrativa del Agua y posteriormente debe coordinarse con el Sistema Nacional de Defensa Civil.

Determinación del límite superior de la ribera y ancho mínimo de las fajas marginales.

Según Título III, artículo 8 (ANA Resolución Jefatural N° 332-2016, p. 2.), se da mediante las siguientes metodologías:

- a) **Modelamiento hidráulico:** Consiste en utilizar información topográfica y caudales máximos que dependen del área colindante: si son agrícolas se tomara un periodo de retorno de 50 años y en caso sean zonas urbanas poblacionales se considera un periodo de retorno de 100 años. Teniendo en cuenta siempre que los caudales a considerarse serán de información estadística no menor a los 20 años. Si no se tiene información, podrán generarse mediante modelos hidrológicos sin considerarse caudales de eventos extraordinarios.
- b) **Huella Máxima:** es empleada cuando se puede apreciar el nivel de agua alcanzado en su máxima avenida ordinaria y puede tomarse los siguientes

criterios: Tomar imágenes de Google Earth con buena resolución, definir las secciones transversales y el eje del río y definir ambos márgenes del río desde las marcas dejadas por las aguas en periodo de máxima avenida.

Consideraciones de acuerdo al reglamento de recursos hídricos

De acuerdo a la (Ley N° 29338), que se contempla en el artículo 115 indica que ningún individuo puede apropiarse de las fajas que son los márgenes de los ríos, con intereses a poblarse, agricultura u otra actividad. La autoridad encargada del agua conjuntamente con los gobiernos del lugar y Defensa Civil establecerán instrumentos para su reconsideración en otros terrenos a poblaciones que tienen sus predios en fajas marginales.

También el artículo 121, hace referencia a que un propietario adyacente a fajas marginales es afectado por pérdida de su propiedad a afectos propios de la naturaleza, este pierde su derecho de su predio cuando dentro de los 2 años pasado el suceso y las aguas no permiten que el propietario recupere sus tierras esta área pasará a ser predio del estado.

Además, teniendo en cuenta el artículo 122 muestra otra situación, donde un predio es dividido por un nuevo cauce o este terreno es inundado por factores de incremento de los ríos, donde se especifica que estos predios seguirán perteneciendo a sus dueños, en cuanto las aguas abandonen su este terreno.

Evaluación de riesgos frente a inundaciones.

Según la Ley N° 29664 creada por el SINAGERD (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres), los peligros se deben identificar para reducir los riesgos mediante políticas, instrucciones u otros elementos normativos.

Definiciones

Según la Ley N° 29664, título II y artículo 5 se define lo siguiente:

Peligro: Es un factor externo que se presenta de manera inesperada afectando un lugar específico de una cierta magnitud que puede causar daños ya sea a la propiedad, personas y económicas.

Vulnerabilidad: Esto viene a representar un factor interno de una población que o lugar del cual se está realizando el estudio sobre un peligro.

Riesgo: Es la probabilidad de que una amenaza produzca daños al afectar sobre una población vulnerable.

Desastre: Es la interacción de una amenaza y una población vulnerable que genera un escenario de afectación.

Vulnerabilidad frente a inundaciones

Según su metodología de (Perles, Sortino, Cantarero, 2016, p.12), en su elaboración de mapas cartográficas frente a inundaciones considera que la identificación de problemas a abordar se parte de la siguiente forma:

1. Analizar los eventos de inundación anteriores e identificar los principales problemas que han causado la vulnerabilidad. Cuyo análisis se puede fundamentar en datos de medios de comunicación, libros, periódicos y consulta a directa involucrados.
2. Observación y delimitación de espacios afectados por factores de inundaciones, cuyo objeto es identificar y describir la problemática ya sea desde su origen hasta las posibles soluciones de estos fenómenos como áreas (rurales, urbanas, periurbanas y litorales).
3. Hacer una comparación de todos los casos que involucren en una situación vulnerable identificada en los planes que se hacen con el objetivo de prevenir riesgos por desbordes de aguas, y planes para mejorar estos problemas.

Por lo que a título personal se considera que los criterios tomados en los párrafos anteriores son bastante importantes, por lo que se puede tomar como referencia este criterio en la realización de este trabajo de investigación.

Evaluación del peligro

Según señala (Rodríguez, 2016, p.48) el objetivo de la evaluación del peligro es conocer el origen, la posibilidad, la magnitud y como se distribuye en el espacio contemplando una o varias zonas inundables en diferentes épocas, con el fin de

establecer una estimación del daño que pueden ocasionar. Su evaluación está dada por la figura N° 5.

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75%°
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico	4 De 76% a 100%

Figura N° 5. Valores de las zonas de peligro.

Fuente: INDECI.

Evaluación de la vulnerabilidad

De acuerdo al concepto de FEMA 2004 (citado en Rodríguez, 2016, p.53) considera que la evaluación de la vulnerabilidad tiene como objetivo conocer, estudiar y anticipar a una situación susceptible de una sociedad a ser dañada o afectada por un desastre. Además, la figura N° 6 muestra las precipitaciones según su caracterización.

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

Figura N° 6. Niveles de la vulnerabilidad.

Fuente: INDECI.

Cálculo del riesgo

(Rodríguez, 2016, p.57) en su investigación afirma que el riesgo es valorar la verdadera dimensión del problema que se va enfrentar una determinada zona de afectación. Según (INDECI, 2011, p. 26) el riesgo se determina de la siguiente forma:

$$R = P * V$$

R = Riesgo (expresado en términos de probabilidad).

P = Peligro.

V = Vulnerabilidad.

Para analizar un evento de riesgo se tiene que evaluar las intervenciones del peligro versus la vulnerabilidad que presenta una dicha población, y esto se correlaciona de acuerdo a la tabla N° 3.

Tabla 3. Matriz de peligro y vulnerabilidad.

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

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

Fuente: CENEPRED, 2017.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Método de investigación

Conforme a King, Keohane y Verba (considerado en Mendoza y Llaxacondor, 2016, p.3); los métodos de investigación están considerados como habilidades y recursos que son empleadas para recoger información de rastros o acontecimientos con el objetivo de realizar un análisis, descubrir nueva información cuyo procedimiento es público o buscar mejor entendimiento sobre algún tema que se busca investigar, cuyo conjunto de métodos se sustenta sobre un método.

En función de lo mencionado anteriormente, esta investigación se considera como lógico inductivo, ya que se realizó la observación de los hechos y posteriormente se registró, comparó y se clasificó para ser expresado la relación de lo observado anteriormente con las predicciones de los sucesos.

3.1.2. Tipo de investigación

Zorrilla 1993 (tomado por Grajales, p.1) la investigación son clasificadas de la siguiente manera: básica, aplicada, documental, de campo o mixta.

Teniendo en cuenta esta afirmación se trata de una investigación aplicada. Además, cabe resaltar también como (Grajales, p.1) quien afirma que se relaciona con la básica, porque son dependientes de todos los avances de la investigación teórica y toma como base para aplicar, construir y modificar los conocimientos.

3.1.3. Nivel de investigación

Tal como afirma Valderrama 2016 tomado en (Condori, Ojeda, Porfirio, 2020, p. 7) se considera que el nivel descriptivo va a describir, medir, evaluar, recolectar datos sobre un fenómeno de investigación.

Por consiguiente, esta investigación tiene un nivel descriptivo – para luego pasar a términos predictivos por lo que se describió lo que pasó con los datos estadísticos, gráficos, tablas e informes; donde posteriormente se analizó y se establecieron las predicciones de los acontecimientos hidrológicos.

3.1.4. Diseño de investigación

A título de (Hernández, 2018, p.150) el investigador utiliza sus diseños para contrastar la viabilidad de sus hipótesis o responder a las preguntas que contempló en su proyecto en caso sean exploratorias o descriptivas donde no formulen hipótesis. Además, considera que los diseños cuantitativos se clasifican en los siguientes: experimentales y no experimentales.







Al tener el entendimiento de que no se ha manipulado ningún tipo de variables; sin embargo, se ha observado para realizar la medición o descripción de fenómenos y variables en su estado normal para luego ser analizados.

Además, (Hernández, 2018, p.176) considera que la investigación no experimental se clasifica en: transversal (recolección de datos en un solo momento) y longitudinal (donde la recolección de datos es en varios momentos). Por consiguiente, esta investigación se considera investigación no experimental – transversal.

También afirma (Hernández 2018, p.176) Estos diseños transversales pueden tener alcances como:

- a) **Exploratorios:** Buscan indagar, sondear, explorar situaciones para formar una idea del problema que les interesa (solo recolectan datos).
- b) **Descriptivos:** Buscan realizar una indagación el estado o grado ya sea de una o más variables de una determinada población (en un único tiempo).
- c) **Correlacionales - causales:** Son aquellas que buscan relacionar dos o más variables o categorías en un tiempo establecido.

Tabla N° 4. *Relación de variables correlacional – causales.*

Correlacionales – causales	Tiempo único	
	Interés y relación o correlación entre variables	O bien relacional causal
Tomados los datos se describen para hacer una relación (A ₁ - B ₁)	A ₁  B ₁	A ₁  B ₁
Tomados los datos se describen para hacer una relación (A ₂ - B ₂)	A ₂  B ₂	A ₂  B ₂
Tomados los datos se describen para hacer una relación (A _x - B _x)	A _x  B _k	A _x  B _x

Fuente: (Hernández, 2018, p.178).

3.2. Variables y operacionalización

Operacionalización de variables. Se consideró en este caso dos tipos de variables como se puede observar en la tabla N° 21, que se encuentra en el anexo N° 01.

Variables de Caracterización.

- a. **Geomorfología:** Se realizó la obtención de todos los datos requeridos frente a las características de la zona de estudio que se delimitó inicialmente.
- b. **Régimen de lluvias:** Se realizó la medición del comportamiento de las lluvias durante un año, considerando la información de datos anteriores.

Caudal Variables de Interés.

- a. **Caudal del río:** Con los datos de la etapa anterior se calculó el caudal que discurre por el cauce del río Azángaro.
- b. **Niveles de riesgo:** Estos niveles de riesgo se consideraron de acuerdo a lo establecido en el Manual para la Evaluación de riesgos.
- c. **Propuestas de mitigación:** De acuerdo a los resultados y los criterios técnicos se planteó las posibles soluciones de estos fenómenos que afectan estas zonas.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Con referencia a Pineda et al 1994 (considerado en López, 2004, párr.4) es también denominado universo que se refiere a un grupo que ya sea de personas, lugares u objetos de la cual un investigador busca conocer un aspecto.

Para el caso de este estudio nuestra población está dado por el distrito de San Juan de Salinas de la provincia de Azángaro, región Puno; lugar donde se identificó las zonas vulnerables frente a inundaciones.

3.3.2. Muestra

Según (LÓPEZ, 2004, párr.5) la muestra es una parte menor o cierta parte que representa el universo, donde se va a realizar el proceso toda una investigación.

También (Hernández, 2018, p.200) hace referencia de que se habla de varios tipos

de muestras como son: representativa, al zar y aleatoria. Y afirma que casi hay dificultad para medir en global una población, y por este caso es necesario selección de una muestra.

En consideración a lo referido en el párrafo anterior la muestra de la investigación es el margen derecho e izquierdo del río Azángaro ubicado en el distrito de San Juan de Salinas de la provincia de Azángaro.

3.3.3. Muestreo

De acuerdo a MATA et al 1997 (considerado en López, 2004, párr.6) es la aplicación de ciertos criterios metodológicos para obtener los componentes de una muestra, cuyo método está reflejado en bases reglamentarias, procedimientos y criterios que te permiten seleccionar un conjunto de elementos que representan de toda esa población.

También, (Hernández, 2018, p.195) considera en dos tipos: muestro probabilístico y no probabilística o dirigida.

En tal sentido en la investigación se aplicó el muestreo dirigido o no probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Hernández, 2018, p.226) la recolección de datos consiste emplear un instrumento con el objetivo de realizar una medición para recolectar información de los variables que se encuentran en la muestra de nuestro estudio.

3.4.1. Técnicas (¿Cómo?)

Según afirma (Hernández, 2018, p.325) se considera todo un bloque de procedimientos que están organizados de una manera objetiva y sustancial, el cual te da la viabilidad de que se concrete una investigación donde se logra resolver los problemas que se ha planteado.

Por lo tanto, esta investigación recogió información mediante la observación para posteriormente caracterizarlos.

3.4.2. Instrumentos (¿Con qué?)

a) Equipos e Instrumentos de campo: Los equipos e instrumentos de las cuales se valió esta investigación son los que se aprecian en la figura N° 7 y 8, como son la Estación Total, que compone de trípode, prisma, GPS Garmin y unos radios; los cuales te permiten comunicarte para hacer alguna indicación en largas distancias.



Figura N° 7. La imagen muestra accesorios y equipos del Estación Total.



Figura N° 8. Estación Total electrónico para el levantamiento topográfico.

b) Programas de gabinete: los programas empleados en la realización del modelamiento hidrológico son los siguientes: en la parte de la geometría se utilizó el software ArcGIS 10.5, en lo que es el modelamiento el Software HEC-RAS 5.07 y AutoCAD Civil 3D tales que se muestran en las figuras N° 9 y 10.

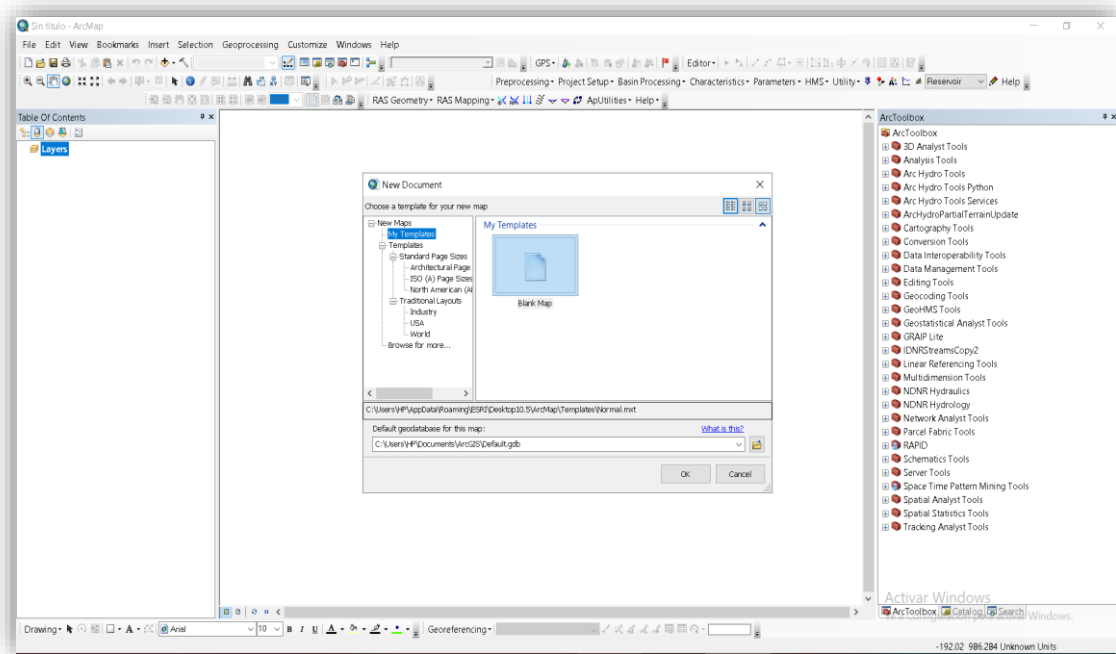


Figura N° 9. Menú principal del software ArcGIS.

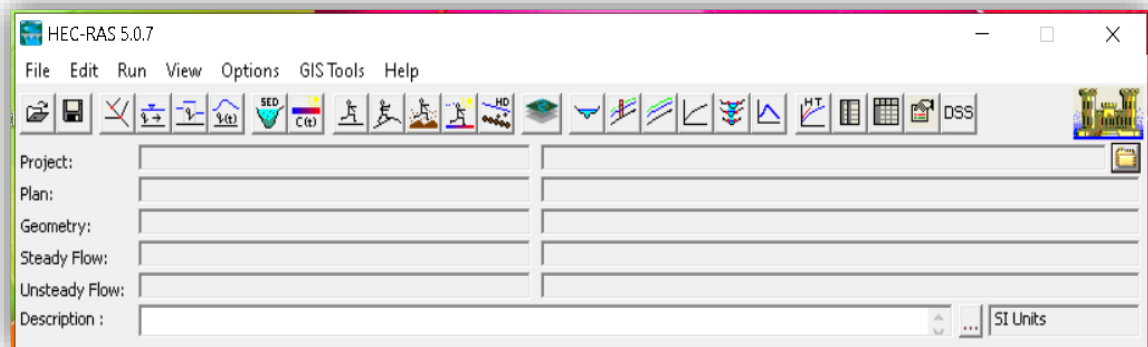


Figura N° 10. Visualización del programa HEC-RAS 5.07.

3.5. Validez y confiabilidad

3.5.1. Validez

Según Supo (2026, min. 3), toda la validez de los instrumentos mecánicos que son como el Estación Total, brújula, mira, los valida el fabricante; sin embargo, los instrumentos documentales; como los, cuestionarios los valida el investigador.

En caso de esta investigación no se ha realizado ningún cuestionario, pero si se tomó datos de estaciones hidrográficas que generalmente son tomados por instrumentos ya validados por las instituciones competentes.

3.5.2. Confiabilidad

De acuerdo a Ríos (2026, min. 2), consiste en aplicar un instrumento repetidas veces para verificar su variabilidad, en cuanto mayor precisión muestre los resultados, más confiable es el instrumento a la cual estamos evaluando; y de esta manera nos da seguridad al momento de utilizar estos instrumentos en nuestra investigación. Así también el autor (Santos, p. 72.) hace una distribución como contempla en la tabla N°5, el cual tiene un rango de cero a uno.

Tabla N° 5. *Confiabilidad de la investigación.*

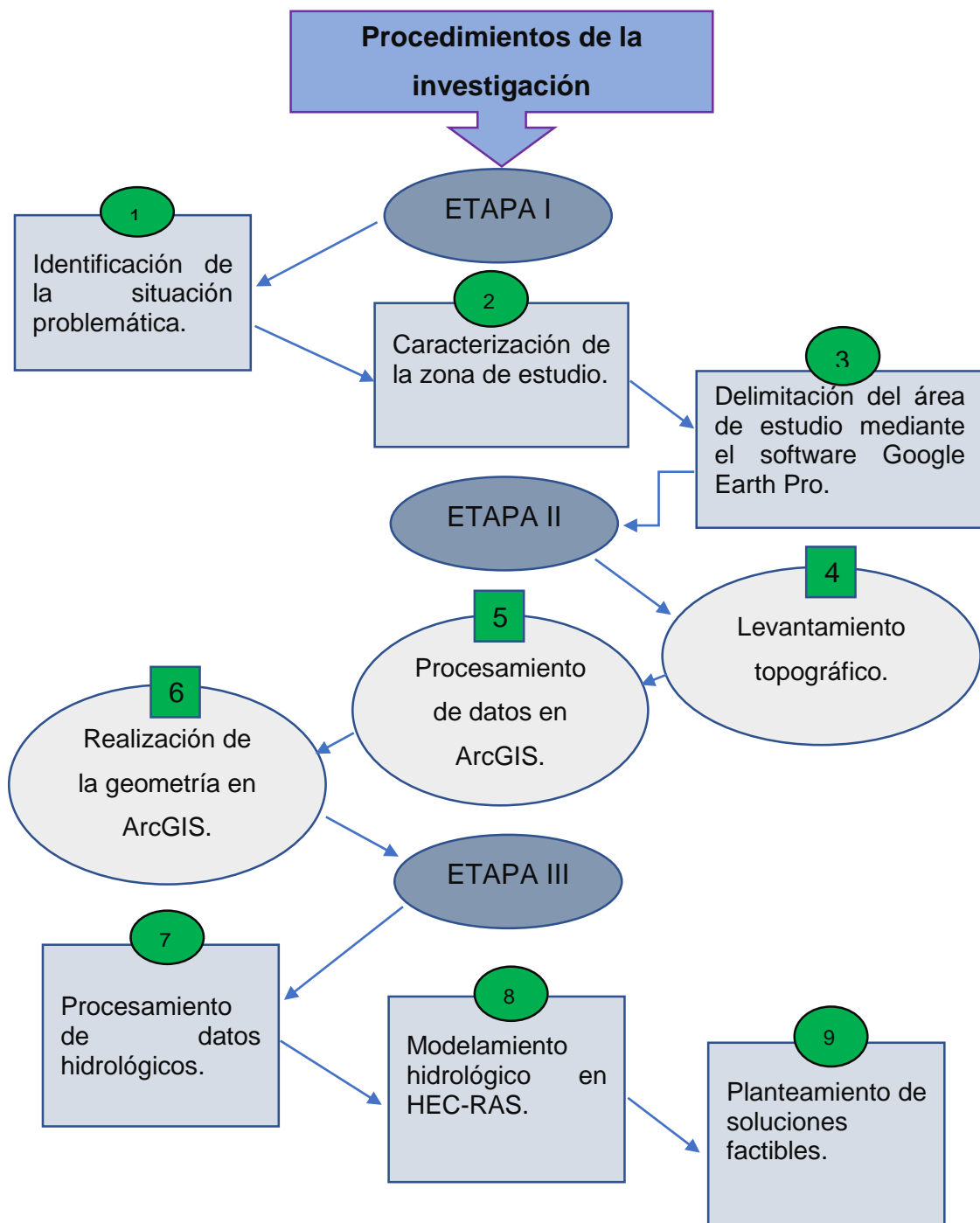
Categorización	Condición
0.81 hasta 1.00	Confiable nula
0.61 hasta 0.80	Confiable baja
0.41 hasta 0.60	Confiable
0.21 hasta 0.40	Muy confiable
0.01 hasta 0.20	Excelente confiabilidad

Fuente: (Santos, 2002, p.72).

3.6. Procedimientos

De acuerdo a (Villón, 2002, p.19) en la hidrología la aplicación de una ley de física no siempre determina un resultado que se espera, donde es siempre razonable comenzar por el análisis de datos anteriores con un análisis estadístico y luego obtener datos de diseño que tienen estadísticamente un gran porcentaje de probabilidad de ocurrencia.

Esquematización del procedimiento de la investigación



Etapa de Pre-campo.

Reconocimiento de la zona de estudio.

a) Características de la subcuenca del río Azángaro.

De acuerdo con (INRENA, 2008, p. 3-31) tiene un área de 676.00 Km² y un perímetro de 177.00 Km, con una pendiente máxima de 0.053% y mínima de 0.015%. Se ubica entre las coordenadas UTM WGS84 Norte 8308975 y Este

357851. Donde la parte elevada tiene una cota 4,560 m.s.n.m. (cerro Veluyo) y la parte baja está a 3,825 m.s.n.m. (se junta con el río Ayaviri).

La longitud del eje de río es de 96.00 km con un número de orden de la cuenca es 6 y además los ríos que forman parte de esta subcuenca son: el río Arrieromayo, Yanamayo y Chuñojani y las lagunas de importancia son: Quearia, Quequerani y San Juan de Salinas. Teniendo una precipitación anual de 577 mm que se comparte de manera desigual teniéndose siempre precipitaciones mayores durante los meses de Noviembre a Marzo, el caudal promedio anual considerado es de 49.9 m³/s.

b) Obras de defensas ribereñas existentes.

En el tramo de estudio no se encontró ningún tipo de obras que cumplan la función de hacer una defensa ribereña frente a los cultivos ni las familias que habitan en dichas comunidades.

c) Pre visualización del área de estudio.

Visualización de la zona mediante el Google Earth Pro, donde se proyectó el área de riesgo en ambos márgenes del río Azángaro como se puede apreciar en la figura N° 11.

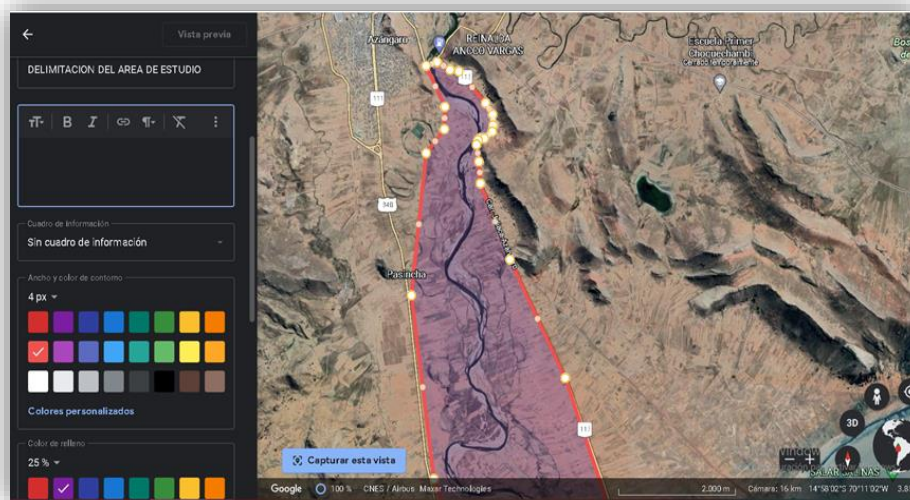


Figura N° 11. Delimitación del área de estudio.

d) Descripción física del área de estudio.

Eje de río: Tiene una longitud de 24.48 Km.

Margen Derecho: Tiene una longitud de 23.13 Km.

Margen Izquierdo: Tiene una longitud de 23.57 Km.

Áreas de cultivo: Es de aproximadamente 2052.08 Ha (margen derecho) y 1419.18 Ha (margen izquierdo).

Áreas pavimentadas: El tramo del margen derecho tiene un área de 21.29 Ha y del lado izquierdo es de 32.12 Ha.

e) Clasificación del cuerpo de agua.

Es un río entrelazado tal como se aprecia en la figura N° 12, donde el cauce principal del río está lleno de sedimentos que fueron traídas de las partes altas de la cuenca, y estos materiales se han depositado durante muchos años por su pendiente llana en este tramo.



Figura N° 12. Según su clasificación es un río entrelazado.
Fuente: SasPlanet.

e) Permisos para la visita a campo

Se realizó la visita a la municipalidad provincial de Azángaro con el propósito de solicitar la autorización mediante un documento el cual nos ha permitido la visita y los trabajos de campo que se realizó. Además, se obtuvo información con respecto a las familias que son afectadas por estos fenómenos de inundación.

Identificación de los fenómenos de inundación “In - Situ”.

Esta zona de estudio que abarca el distrito de San Juan de Salinas comprende de cuatro comunidades (Juan Velazco, Tercer Jilawata, Isla Chucaripo y Pampa Grande), cuya visita se realizó el 26 de Febrero del 2022 con fines de estudio, donde se verificó que las inundaciones si afectan realmente los cultivos de esta zona. Los principales cultivos afectados son: papa, trigo, izaño, oca, habas y la avena que es el principal forraje para la ganadería de estas comunidades, además se constató tres viviendas que fueron abandonados por sus propietarios producto de la inundación.

Estas inundaciones se producen por las intensas lluvias que se da en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, llegando al límite de cauce y posteriormente rebasar a los cultivos que están en los márgenes del rio Azángaro. Según los pobladores, estas aguas que llegan a inundar las áreas con cultivo demoran en escurrir o filtrase aproximadamente de 15 a 20 días, donde el tipo de cultivo afectado ya no puede progresar en la producción, de manera que llega a secarse o quedarse qhasawi (no llega a crecer como debe ser) como se muestra en la figura N° 13; de esta forma cada año cuando los caudales de estos ríos crecen se pierden muchas hectáreas de cultivos.



Figura N° 13. Cultivo de avena afectado por las inundaciones.

Durante la visita se observó muchos cultivos afectados por las inundaciones, donde los propietarios no tenían otra opción que dar por perdido ciertas cosechas, ya que estos no tenían forma de recuperarse, tal como se muestra en la Figura N° 14.

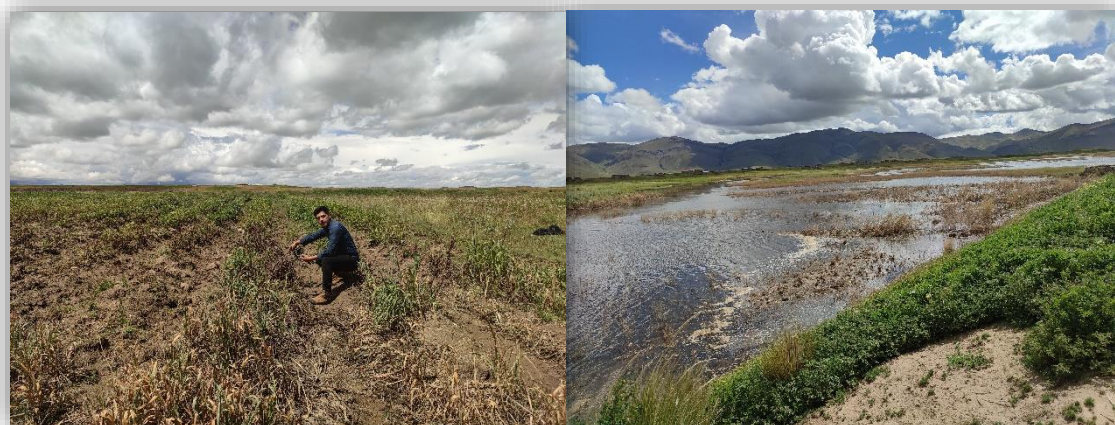


Figura N° 14. Afectaciones de las inundaciones en los cultivos ribereños.

Etapas de campo.

Levantamiento topográfico con Estación Total.

Se realizó el levantamiento topográfico del área delimitada anteriormente como se observa en la figura N° 15, con el propósito de realizar el estudio técnico y descriptivo de ambos márgenes del río Azángaro, donde se ha determinado el comportamiento del terreno natural frente a los desniveles que son reflejados en las curvas de nivel que se generan posterior a este levantamiento.



Figura N° 15. Inicio de las lecturas en el levantamiento topográfico.

La figura N° 16 muestra el primer punto de lectura en el BM principal, este punto por lo general se ubica en un espacio preferentemente firme, el cual es referenciado

con las coordenadas UTM 19S Este 372177, Norte 8350245 y una altitud de 3862 m.s.n.m. Esto con el propósito de replantear el proyecto de una manera eficiente en cuanto se de ejecución al estudio realizado.



Figura N° 16. Lectura en el BM principal.

La figura N° 17 muestra el equipo de trabajo el cual estaba conformado por mi persona y dos asistentes con conocimiento en el área para realizar los trabajos durante el levantamiento topográfico con Estación Total, con respecto al visado de los puntos en el terreno de estudio.



Figura N° 17. Equipo técnico del proceso de levantamiento.

La figura N° 18 muestra un conjunto de imágenes correspondientes al procedimiento del levantamiento topográfico, este se realizó con los siguientes criterios: el visado de los puntos en secciones uniforme es prolongado; sin

embargo, cuando la topografía es variada los puntos se visan con más a detalle, es decir un punto en cada cambio de orientación del terreno.



Figura N° 18. Proceso del levantamiento topográfico.

Medición de la sección transversal del cuerpo de agua.

Se realizó la medición de alturas en las secciones transversales en 3 puntos del tramo de estudio, esto con el propósito de tener las cotas en los puntos en el cauce del río. Estas mediciones se tomaron en secciones de río con cauce definido dividiendo en tres tramos la sección del río y además se ha medido el espejo de

agua. En las figuras N° 19 y 20 se visualiza estas mediciones.



Figura N° 19. Medición del espejo de agua del río.



Figura N° 20. Medición de alturas en la sección transversal.

Etapas de Post-campo.


Obtención de datos de la institución hidrológica SENAMHI.

Los datos hidrológicos fueron solicitados a la institución SENAMHI Zona 13 de la región Puno, donde se solicitó datos hidrológicos de cuatro estaciones las cuales se menciona en la tabla N° 6, pertenecientes a la cuenca Ramis.

Tabla N° 6. Estaciones de la cuenca de Ramis.

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
Estación: PUENTE CARRETERA AZANGARO	Máxima precipitación diario anual y caudal Máximo anual.	1999 - 2019
Estación: CRUCERO	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo anual.	1999 - 2019
+Estación: PROGRESO	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo anual.	1999 - 2019
Estación: NUÑO A	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo anual.	1999 - 2019
Estación: SOLLOCTA	Datos no habidos.	1999 - 2019

La institución SENAMHI Puno Zona 13 dio la siguiente información sobre las precipitaciones medidos mediante un pluviómetro de cada una de las estaciones siguientes, que se muestran en las figuras N° 21, 22, 23, y 24.

												
ESTACION : PUENTE CARRETERA AZANGARO , Tipo Convencional - Hidrológica												
Departamento	PUNO		Provincia :	AZANGARO		Distrito :	AZANGARO					
			Latitud :	14° 55' 11.1"		Longitud :	70° 11' 21.7"	Altitud :	3860			
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	13.32	67.56	2.83	-	-	-	-	-	-	8.67	8.67	15.23
2000	23.21	23.65	1.67	-	-	-	-	-	2.56	5.23	5.23	26.45
2001	9.45	16.83	-	-	-	-	-	-	-	9.56	9.56	13.63
2002	22.68	11.56	2.13	-	-	-	-	-	-	16.43	16.43	21.98
2003	14.68	23.89	1.45	-	-	-	-	-	3.56	13.56	13.56	15.32
2004	18.32	14.54	3.34	-	-	-	-	-	-	8.32	8.32	12.76
2005	9.45	13.78	4.2	-	-	-	-	-	1.23	12.54	12.54	20.34
2006	16.48	18.54	1.32	-	-	-	-	-	-	7.9	7.9	16.43
2007	33.45	9.56	2.45	-	-	-	-	-	-	5.87	5.87	19.54
2008	28.32	33.2	-	-	-	-	-	-	3.25	10.45	10.45	14.67
2009	13.56	11.87	-	-	-	-	-	-	-	13.56	13.56	13.65
2010	42.12	12.28	-	-	-	-	-	-	-	23.5	23.5	22.97
2011	17.76	8.56	-	-	-	-	-	-	-	11.76	11.76	12.45
2012	11.46	13.22	-	-	-	-	-	-	2.6	9.65	9.65	81.01
2013	27.09	7.54	-	-	-	-	-	-	-	13.45	13.45	18.43
2014	17.43	56.43	3.21	-	-	-	-	-	-	8.45	8.45	21.76
2015	22.76	29.43	-	-	-	-	-	-	-	6.38	6.38	72.21
2016	19.49	35.61	51.45	-	-	-	-	-	-	14.65	14.65	16.2
2017	52.71	27.43	79.86	-	-	-	-	-	3.56	12.78	12.78	22.87
2018	15.78	49.67	39.56	-	-	-	-	-	-	8.56	8.56	17.56
2019	54.04	184.35	110.19	-	-	-	-	-	-	16.78	16.78	13.65

* Fuente : SENAMHI - Dirección de Redes de Observación y Datos
 * Información sin Control de Calidad
 * El uso de esta información es bajo su entera Responsabilidad

Figura N° 21. Datos de precipitaciones de la estación Puente carretera Azángaro.
Fuente: SENAMHI Puno.

ESTACION :		CRUCERO , Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento	PUNO		Provincia : AZANGARO		Distrito :		CRUCERO					
	PUNO		14° 21' 51.1"		Longitud :		70° 1' 33.3"		Altitud :		4 128	
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	17.45	23.56	2.67	0.94		-	-	-	-	5.3	4.56	14.45
2000	23.34	35.34	5.34	1.67		-	-	-	0.56	1.53	5.65	14.67
2001	12.65	13.87	2.45	-		-	-	-	1.13	3.23	3.56	13.63
2002	15.43	9.56	1.56	1.04		-	-	-	-	7.34	17.67	21.98
2003	22.23	13.78	1.76	1.45		-	-	-	-	1.56	6.67	7.56
2004	15.34	42.56	2.54	0.45		-	-	-	-	8.32	8.32	9.45
2005	13.67	17.45	3.56	0.78		-	-	-	-	12.54	12.54	67.56
2006	25.32	23.56	3.56	1.32		-	-	-	-	3.91	8.95	16.43
2007	12.45	15.67	1.98	1.34		-	-	-	-	4.32	5.87	8.56
2008	9.45	13.34	4.45	-		-	-	-	-	1.78	10.45	14.67
2009	13.56	18.45	2.09	0.56		-	-	-	-	3.45	18.45	13.65
2010	19.56	16.98	5.4	-		-	-	-	-	2.87	9.6	22.76
2011	16.94	22.65	1.64	0.67		-	-	-	-	1.98	3.65	12.45
2012	45.89	11.56	3.5	-		-	-	-	-	3.45	9.65	21.88
2013	16.23	19.32	4.56	-		-	-	-	-	4.65	13.45	14.67
2014	16.46	23.45	3.89	1.04		-	-	-	-	8.45	8.45	22.54
2015	12.67	24.65	7.57	-		-	-	-	-	2.98	16.98	14.65
2016	24.56	29.43	1.65	-		-	-	-	-	5.32	14.65	16.2
2017	19.45	12.78	2.56	-		-	-	-	-	2.98	4.67	11.89
2018	8.78	25.45	1.09	0.45		-	-	-	-	2.54	9.76	35.76
2019	13.78	32.67	3.77	-		-	-	-	-	3.78	17.56	18.56

* Fuente : SENAMHI - Dirección de Redes de Observación y Datos
 * Información sin Control de Calidad
 * El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

Figura N° 22. Datos de precipitaciones de la estación Crucero.
 Fuente: SENAMHI Puno.

ESTACION :		NUÑO A , Tipo Convencional - Meteorológica										
Departamento	PUNO		Provincia : MELGAR		Distrito :		NUÑO A					
	PUNO		14° 40' 18.1"		Longitud :		70° 22' 4.1"		Altitud :		3 925	
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	4.56	22.67	4.35	0.45		-	-	-	-	2.34	3.56	12.48
2000	8.36	13.45	3.56	0.45		-	-	-	-	0.9	12.45	41.32
2001	12.93	8.87	7.34	0.87		-	-	-	-	1.34	23.65	12.56
2002	25.57	9.45	1.45	1.97		-	-	-	-	2.28	7.43	9.54
2003	9.56	18.45	3.28	-		-	-	-	-	1.56	4.45	13.47
2004	7.34	6.78	4.32	-		-	-	-	-	8.39	6.78	8.59
2005	4.98	7.48	1.76	-		-	-	-	-	4.45	22.45	33.47
2006	13.55	25.65	1.23	-		-	-	-	-	11.56	51.34	11.87
2007	9.48	11.34	2.34	-		-	-	-	-	1.45	9.36	9.45
2008	8.54	8.45	3.59	-		-	-	-	-	3.356	21.54	23.43
2009	13.56	11.47	2.09	1.02		-	-	-	-	4.21	9.54	35.65
2010	16.87	9.54	1.34	-		-	-	-	-	1.67	6.67	13.34
2011	9.76	33.45	1.38	-		-	-	-	-	8.32	13.45	4.45
2012	5.67	22.45	5.32	-		-	-	-	-	1.59	8.56	33.22
2013	9.32	8.54	4.87	-		-	-	-	-	2.76	5.56	15.46
2014	6.46	9.26	2.21	-		-	-	-	-	7.32	34.3	23.68
2015	35.67	13.42	1.76	-		-	-	-	-	1.89	19.34	14.65
2016	22.54	19.93	2.45	-		-	-	-	-	5.32	6.32	18.32
2017	6.78	11.86	3.21	-		-	-	-	-	3.34	7.38	11.89
2018	7.45	8.56	2.21	-		-	-	-	-	4.21	9.45	21.54
2019	33.34	18.45	1.34	-		-	-	-	-	1.87	16.49	11.39

* Fuente : SENAMHI - Dirección de Redes de Observación y Datos
 * Información sin Control de Calidad
 * El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

Figura N° 23. Datos de precipitaciones de la estación Nuñoa.
 Fuente: SENAMHI Puno.

		PERÚ		Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI		DIRECCIÓN ZONAL 13				
ESTACION : PROGRESO , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento	PUNO		Provincia :	AZANGARO		Distrito :	ASILLO					
			Latitud :	14° 29' 1"		Longitud :	70° 38' 1"	Altitud :	4013			
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	6.43	23.12	1.98	0.68		-	-	-	-	3.56	7.45	32.43
2000	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
2010	7.87	12.54	0.56	-		-	-	-	-	0.78	13.98	22.57
2011	12.56	7.45	1.22	-		-	-	-	-	3.68	22.78	13.54
2012	7.65	3.49	2.45	-		-	-	-	-	5.73	7.58	9.45
2013	49.46	8.37	0.78	-		-	-	-	-	1.46	8.5	3.88
2014	13.56	11.29	0.93	-		-	-	-	-	3.59	6.21	15.78
2015	18.98	33.27	1.45	-		-	-	-	-	7.58	17.45	9.59
2016	23.12	12.27	2.98	-		-	-	-	-	23.56	3.46	33.57
2017	43.45	56.12	1.46	-		-	-	-	-	1.88	4.7	13.49
2018	11.57	11.89	2.45	-		-	-	-	-	21.78	12.46	8.32
2019	13.56	13.78	3.45	-		-	-	-	-	11.39	14.36	18.46
* Fuente : SENAMHI - Dirección de Redes de Observación y Datos												
* Informacion sin Control de Calidad												
* El uso de esta Informacion es bajo su entera Responsabilidad												

Figura N° 24. Datos de precipitaciones de la estación Progreso.
Fuente: SENAMHI Puno.

Estas precipitaciones son medidas mediante un pluviómetro durante 7 horas que representa un día o denominado también día pluviométrico. Estas mediciones se deben realizar mínimo dos días paralelos para determinar el comportamiento de las precipitaciones en una estación.

Comportamiento de la precipitación máximo anual

Las siguientes tabla N° 7, 8, 9 y 10 muestran los datos de las precipitaciones máximas anuales durante 24 horas.

Tabla N° 7. Estación Puente carretera Azángaro.

Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pmax	67.56	26.45	16.83	22.68	23.89	18.32	20.34	18.54	33.45	33.2	13.65
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
	42.12	17.76	81.01	27.09	56.43	72.21	51.45	79.86	49.67	67.45	

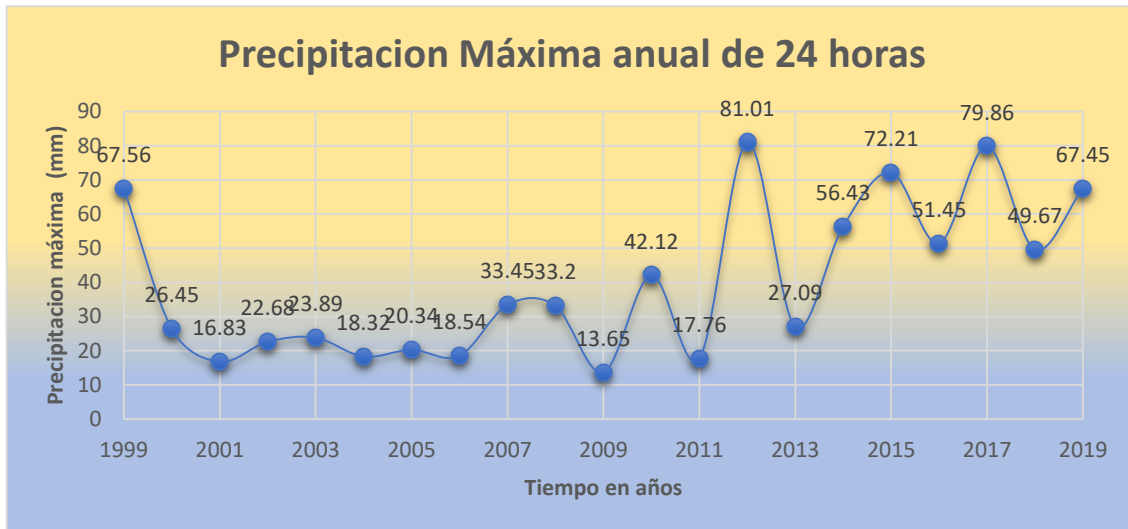


Figura N° 25. Gráfica de las precipitaciones de la estación Puentes Carretera Azángaro.

Tabla N° 8. Estación Crucero.

Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pmax	23.56	35.34	13.87	21.98	22.23	42.56	67.56	25.32	15.67	14.67	18.45
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
	22.76	22.65	13.87	19.32	23.45	24.65	29.43	19.45	35.76	32.67	

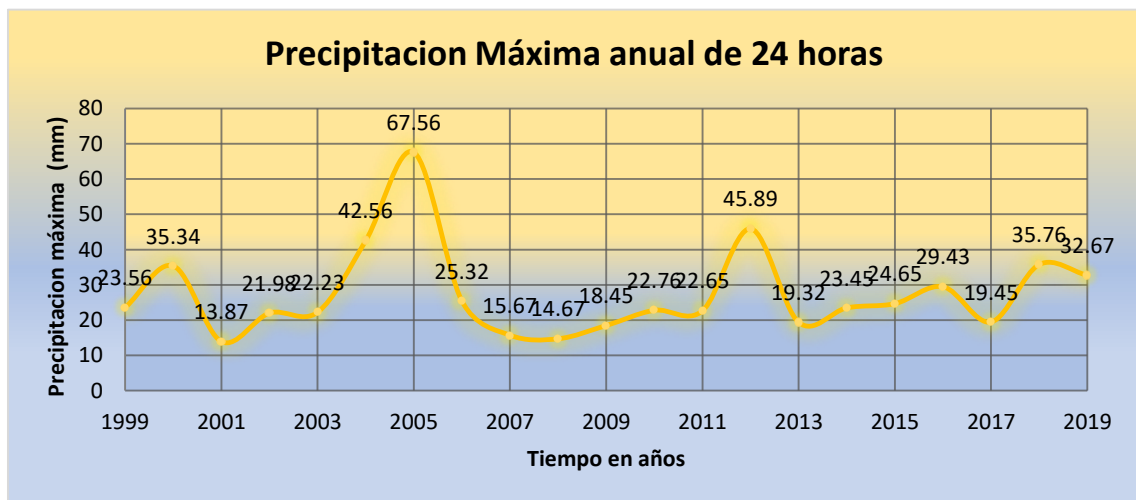


Figura N° 26. Gráfica de las precipitaciones de la estación Crucero.

Tabla N° 9. Estación Nuñoa.

Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pmax	22.67	41.32	23.65	25.57	18.45	8.59	33.47	51.34	11.34	23.43	35.65
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
	13.34	33.45	33.22	15.46	23.68	35.67	22.54	11.89	21.54	33.34	

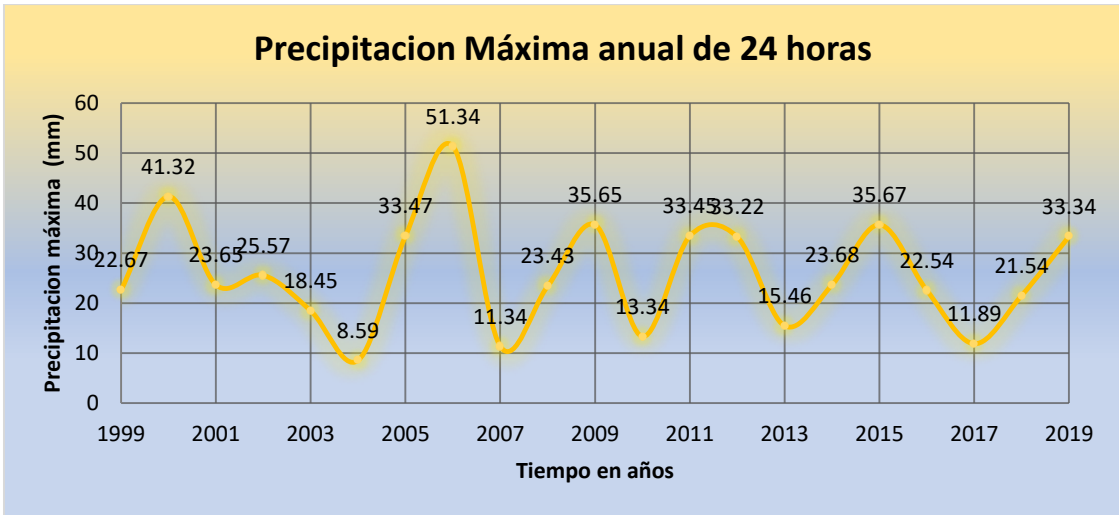


Figura N° 27. Gráfica de las precipitaciones de la estación Nuñoa.

Tabla N° 10. Estación Progreso.

Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pmax	32.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
	22.57	22.78	9.45	49.46	15.78	33.27	33.57	56.12	21.78	18.46	

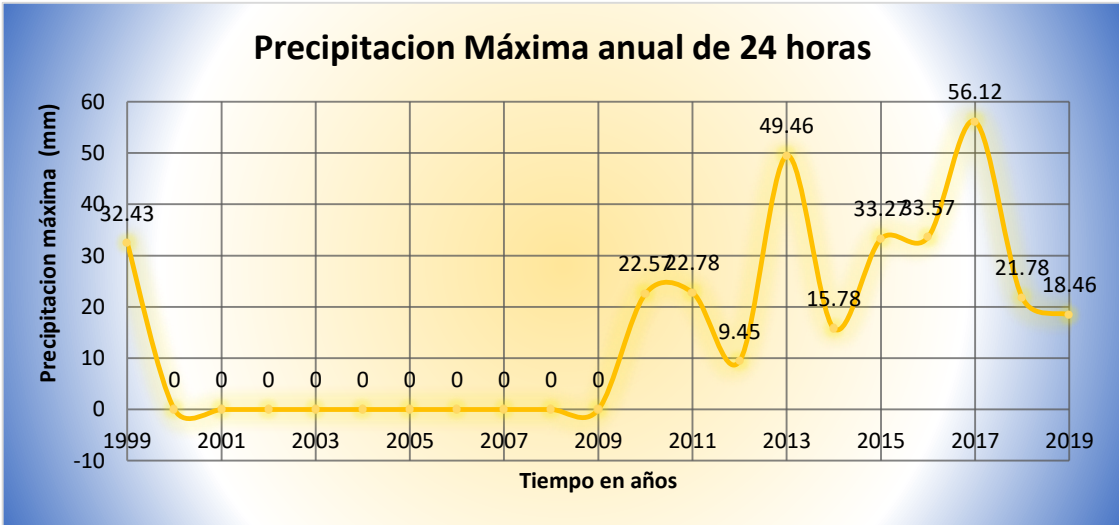


Figura N° 28. Gráfica de las precipitaciones de la estación Crucero.

Determinación de la precipitación máxima.

Los datos de las precipitaciones de cada estación se toma los datos mayores como precipitaciones máximas a nivel de la subcuenca, tal como muestra la tabla N° 11, ya que estos datos nos permitirán calcular las máximas intensidades de las precipitaciones y posterior a ello el caudal para el modelamiento.

Tabla N° 11. Determinación de las máximas precipitaciones diarias anuales.

Año	Estaciones			
	Puente Azángaro	Crucero	Nuñoa	Progreso
1999	67.56	23.56	22.67	32.43
2000	26.45	35.34	41.32	-
2001	16.83	13.87	23.65	-
2002	22.68	21.98	25.57	-
2003	23.89	22.23	18.45	-
2004	18.32	42.56	8.59	-
2005	20.34	67.56	33.47	-
2006	18.54	25.32	51.34	-
2007	33.45	15.67	11.34	-
2008	33.2	14.67	23.43	-
2009	13.65	18.45	35.65	-
2010	42.12	22.76	13.34	22.57
2011	17.76	22.65	33.45	22.78
2012	81.01	45.89	33.22	9.45
2013	27.09	19.32	15.46	49.46
2014	56.43	23.45	23.68	15.78
2015	72.21	24.65	35.67	33.27
2016	51.45	29.43	22.54	33.57
2017	79.86	19.45	11.89	56.12
2018	49.67	35.76	21.54	21.78
2019	67.45	32.67	33.34	18.46
PRECIPITACIONES MAXIMAS				
Precipitación Máxima	81.01	67.56	51.34	56.12

Calculo de la intensidad

Consiste en la evaluación de las lluvias en corta duración y determinar el volumen de agua que cae en un tiempo dado, en nuestro caso lo que nos interesa es la tormenta con máxima intensidad. Por ello según (Villón, 2002, p. 87), expresa lo siguiente:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{t}$$

Donde: $I_{m\acute{a}x}$ = Intensidad máxima (mm/h).

P = Precipitación (altura de agua en mm).

T = Tiempo (horas).

Por lo tanto, las intensidades máximas por lo general se presentan en un periodo corto y no durante las 24 horas; Además (Villón 2002, p. 83) afirma que para una adecuada determinación de la intensidad máxima es lógico considerar 30 minutos o 1 hora, la cual indica en la formula. Donde las intensidades máximas de precipitación para los 30 minutos son los siguientes:

$$I_{m\acute{a}x(Puente\ Az\acute{a}ngaro)} = \frac{81.01}{0.5} = 162.02 \text{ mm/h.}$$

$$I_{m\acute{a}x(Crucero)} = \frac{67.56}{0.5} = 135.12 \text{ mm/h.}$$

$$I_{m\acute{a}x(Nu\tilde{n}oa)} = \frac{51.34}{0.5} = 102.68 \text{ mm/h.}$$

$$I_{m\acute{a}x(Progreso)} = \frac{56.12}{0.5} = 112.24 \text{ mm/h.}$$

Por tratarse del cálculo de los valores máximos donde el objetivo de este cálculo es la determinación de la máxima intensidad de precipitación se considera el mayor, que viene a ser 162.02 mm/h.

Estimación del Caudal Máximo

El método racional según (Villón 2002, p. 104) para el cálculo del caudal está dado por:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Dónde: Q = Caudal máxima (m^3/s).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad máxima (mm/h).

A = Área de la cuenca (Ha).

Coeficiente de escorrentía.

De acuerdo con la (Norma OS.060, p. 38) los coeficientes de escorrentía están dados según la tabla N° 12.

Tabla N° 12. Coeficientes de escorrentía (método racional).

Característica de la superficie.	Periodos de retornos (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Condición promedio (cubierta de pasto menor al 75.00 % del área total).							
Plano 0 a 2 %	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 a 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Mayor a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60

Fuente: Norma OS.060.

Los coeficientes de escorrentía tomados de la tabla anterior son en una pendiente promedio de 2.0 a 7.0% y para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años tenemos:

$$C_{10 \text{ años}} = 0.38$$

$$C_{50 \text{ años}} = 0.45$$

$$C_{100 \text{ años}} = 0.49$$

Determinación del área de la sub cuenca del rio Azángaro.

Con el apoyo del software ArcGIS y los modelos digitales de elevación (DEM) que son tomados por los satélites se realizó la delimitación de subcuenca rio Azángaro, para la determinación del área, perímetro y los órdenes de los ríos, tal como se muestra en la figura N° 29.

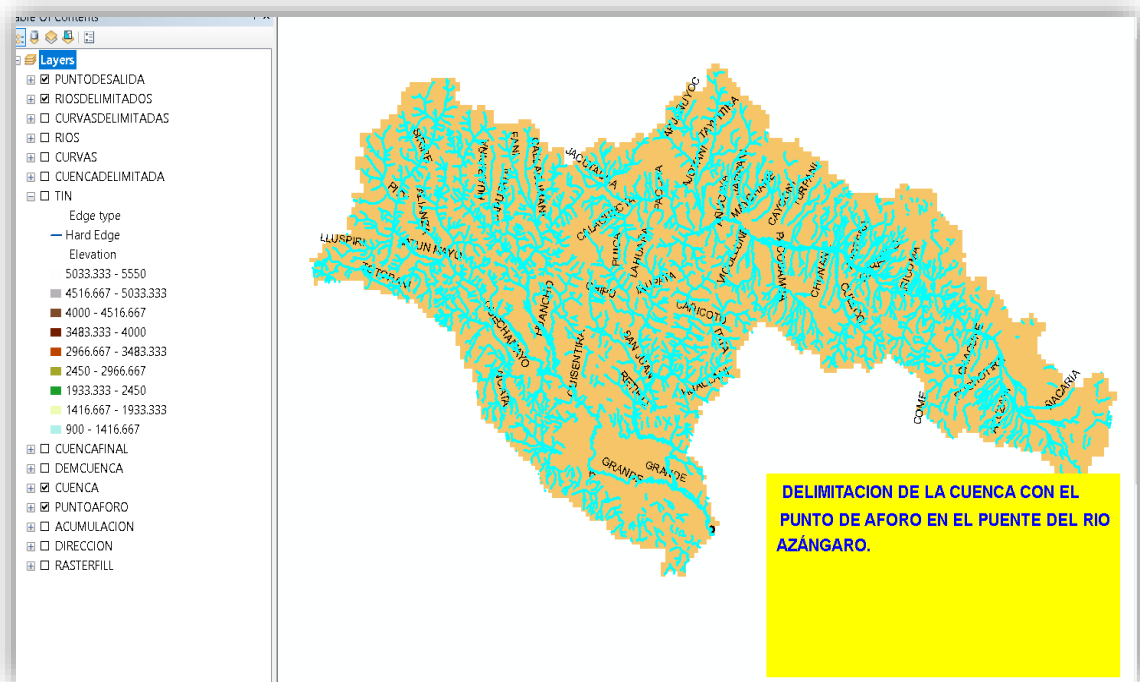


Figura N° 29. Delimitación de la subcuenca Azángaro.

La subcuenca delimitada tiene un área de 727411.15 Ha y un perímetro de 533.65 Km. Para el cálculo del caudal por el método racional se tiene:

$$Q_{10 \text{ años}} = \frac{0.38 \cdot 162.02 \cdot 727411.15}{360} = 124.40 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_{50 \text{ años}} = \frac{0.45 \cdot 162.02 \cdot 727411.15}{360} = 147.32 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_{100 \text{ años}} = \frac{0.49 \cdot 162.02 \cdot 727411.15}{360} = 160.41 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Por otro lado, se tiene el aforo en un punto de estudio, (en este caso el aforo es en el Puente del Rio Azángaro). Los datos que se muestran en la tabla N° 13, son obtenidos de la institución SENAMHI, donde indica la fecha y el punto de aforo.

Tabla N° 13. Caudales obtenidos mediante aforo (puente Azángaro).

Estación	PTE Carretera Azángaro
Fecha	CAUDAL (m3/s)
13/12/2015	86.01
26/08/2015	7.34
29/12/2015	72.21
18/02/2016	135.61
17/03/2016	51.45
14/04/2016	72.79
15/09/2016	4.62
30/01/2017	52.71
16/03/2017	79.86
20/04/2017	57.86
17/08/2017	6.15
15/02/2018	182.62
15/03/2018	419.63
19/04/2018	25.30
17/05/2018	16.51
15/09/2018	3.46
26/12/2018	9.85
29/12/2018	13.14
15/01/2019	51.98
22/01/2019	57.04
14/02/2019	184.35
14/03/2019	110.19
11/04/2019	57.67
16/05/2019	33.67
17/10/2019	5.03

Fuente: SENAMHI Puno.

Resumen de caudales por el método de aforo.

Se tomaron los caudales de valores máximos y estos son designados de acuerdo al periodo de retorno, donde el caudal máximo se toma para el periodo de retorno de 100 años y las menores siguientes a los periodos de retornos cortos, como se muestran en la tabla N° 14.

Tabla N° 14. Mayores caudales registrados en los aforos realizados

ESTACION	PTE CARRETERA AZANGARO
Periodo de retorno (años)	CAUDAL (m3/s)
10	135.61
50	184.35
100	419.63

Fuente: SENAMHI Puno.

Realización de la Geometría del área de estudio

1. Los datos del levantamiento topográfico con Estación Total son procesados en Excel el cual es guardado en un formato CSV delimitado por comas (un formato tipo texto) que puede leer el software ArcGIS. Los puntos importados en este programa son convertidos a un archivo de tipo Shapefile (archivo propio del ArcGIS). Ver figura N° 30.

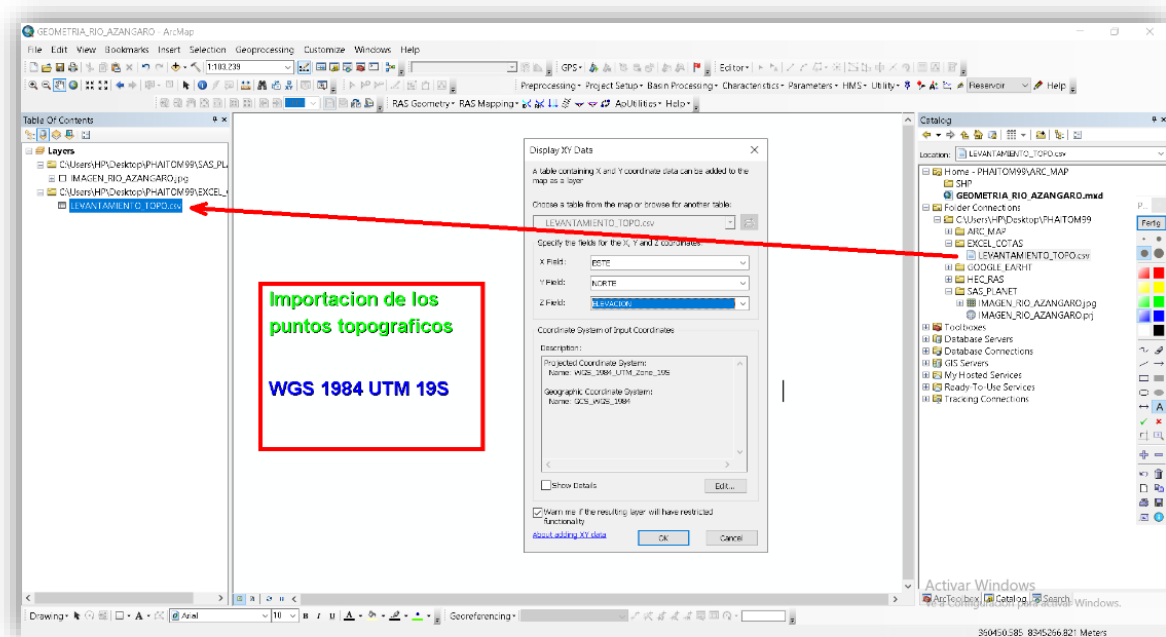


Figura N° 30. Digitalización de puntos tomados en campo.

2. Generación de las curvas de nivel, según (Sircar y Cebrián 1990, p.16) consiste en digitalizar los puntos tomados en el campo por una estación total u otro instrumento, tal como se muestra en la Figura N° 31. Donde se toma las coordenadas UTM y mediante la triangulación lo plasma en superficie.

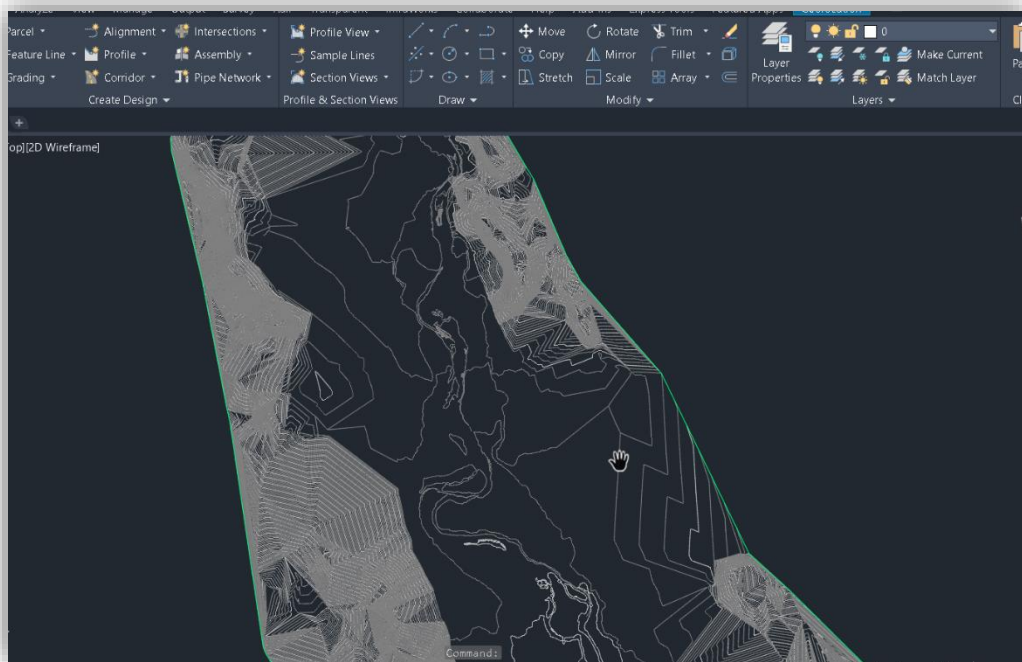


Figura N° 31. Generación de curvas de nivel con AutoCAD Civil 3D.

3. Como siguiente paso se debe tener una imagen georreferenciada de una resolución adecuada para la delimitación de las áreas agrícolas, zonas urbanas, canteras y principalmente el eje del río y los márgenes del cauce, como muestra la figura N° 32.

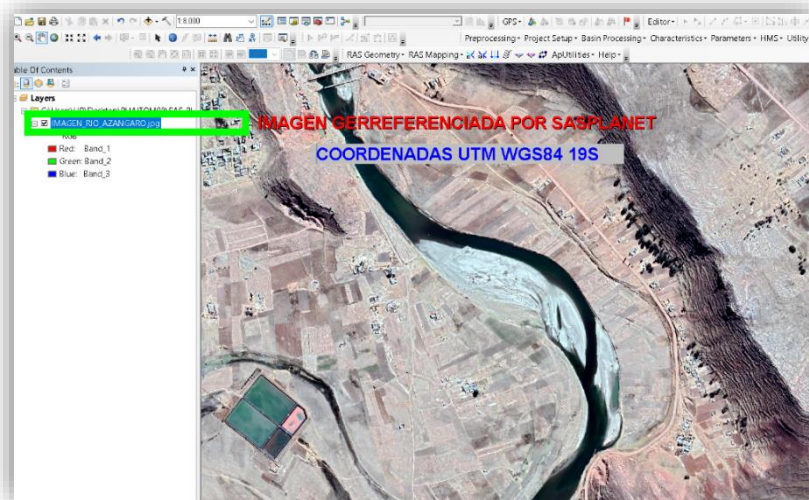


Figura N° 32. Imagen Georreferenciada en SasPlanet.

4. Con la imagen georreferenciada se realizó la delimitación de las áreas que se ubican en la zona, esto con el propósito de darle un valor de rugosidades Manning de acuerdo al tipo de superficie que se identifique en el estudio, como se tiene en las figuras N° 33 y 34.

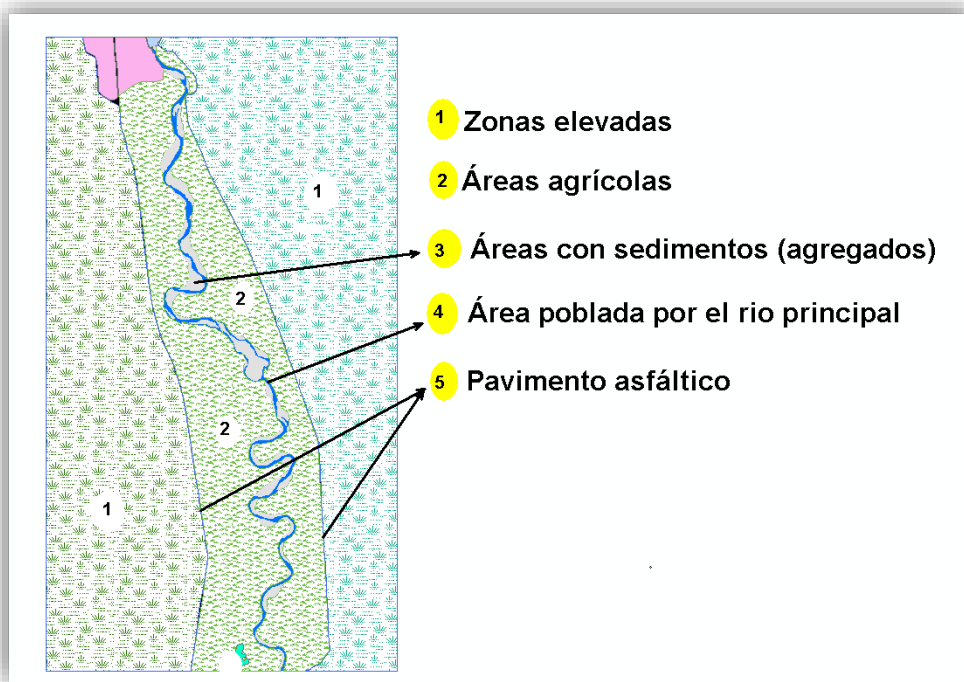


Figura N° 33. Creación de áreas en ArcGIS.

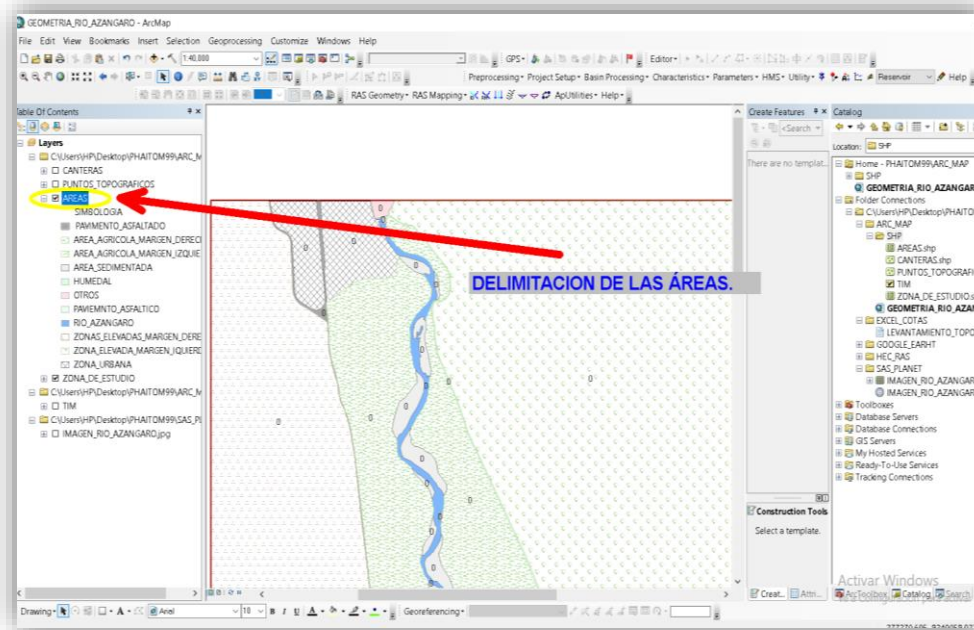


Figura N° 34. Creación de áreas de acuerdo a lo identificado en campo y la imagen satelital.

Coeficiente de rugosidad de Manning

Según (Mendoza y Gonzáles, 2017, p. 53) el coeficiente de Manning tiene variaciones dependiendo de la rugosidad de una superficie, estas variaciones se muestran en la tabla N° 15.

Tabla N° 15. Valores de Manning (“n”).

Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
Canales y Zanjas.				
Canales revestidos con concreto.	0.012	0.014*	0.016*	0.018
En tierra, alineados y uniforme.	0.017	0.020	0.0225	0,025*
Dragados en tierra.	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra, enhierbados.	0.025	0.030	0.035*	0.040
Corrientes naturales				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos.	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra.	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios.	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, algo de hierba y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual a 4, secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Ríos perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Cauces muy enhierbados	0.075	0.100	0.125	0.150
Concreto vaciado en formaletas sin acabado (zona urbana).		0,013	0,017	
* Valores comunes que se usan en la práctica				

Fuente: Ciancaglini,1966, Argentina, UNESCO, (citador por Pizarro et al. p. 9).

De acuerdo con la (Norma OS.060, 2016, P. 10) el valor del de coeficiente de rugosidad Manning (“n”) del pavimento asfáltico son de dos tipos de texturas: lisa es de 0.013 y de rugosa 0.016.

Los valores de Manning varían en cada superficie. La figura N° 35 muestra valores en superficies como cauces naturales, quebradas montañosos, Zonas de pastizales y entre otros.

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A. Cauces naturales			
A.1. Cursos secundarios (Ancho de la superficie libre en crecida <30 m)			
A.1.1. Cursos en planicies			
Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
Tramos con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2. Cursos Montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecidas			
Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2. Cursos en Planicies inundadas			
A.2.1. Zonas de pastos, sin arbustos			
Pasto corto	0,025	0,030	0,035
Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2. Zonas cultivadas			
Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
Cultivos sembrados a volco en fase madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3. Zonas arbustivas			
Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
Pequeños arboles y arbustos sin follaje	0,035	0,050	0,060
Pequeños árboles y arbustos con follaje	0,040	0,060	0,080
Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4. Zona arbórea			
Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo del nivel las ramas	0,080	0,100	0,120
Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Curso importantes (Ancho de la superficie libre de crecida ≥30m)			
En este caso, los valores del coeficiente n son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor			
Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
Sección Irregular y rugosa	0,035		0,100

Figura N° 35. Coeficiente de Manning.

Fuente: HEC-RAS, (citado por Mendoza y Gonzales, 2017 p. 57).

5. Estas rugosidades son designados de acuerdo a las superficies como se observa la figura N° 36, que son en este caso pavimentos asfálticos, pastizales y cauces llanos sin meandros que conforma la parte del cauce del río.

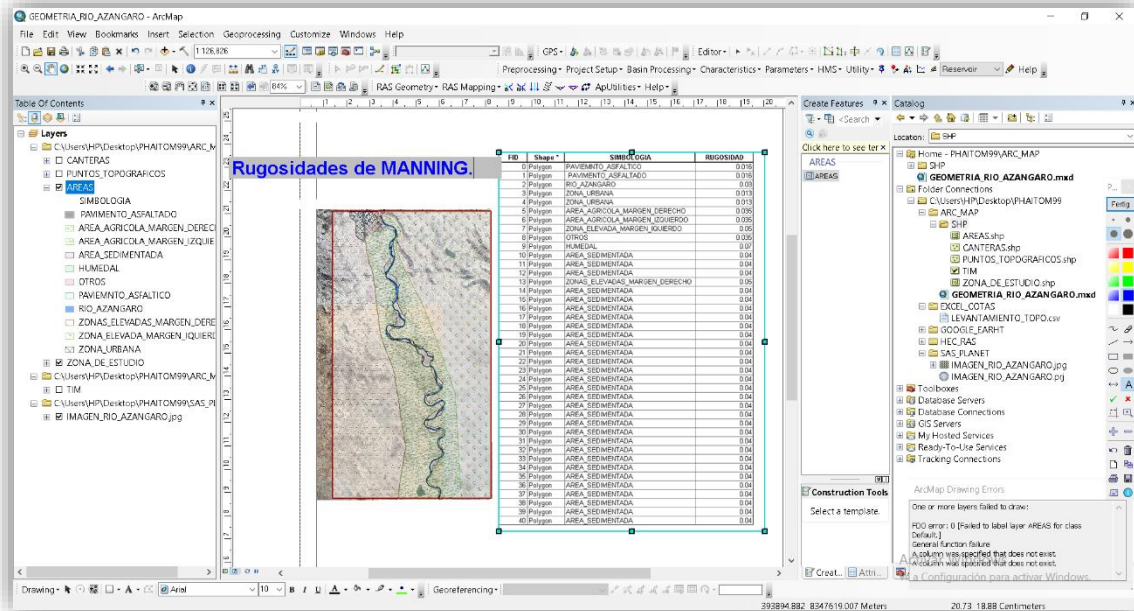


Figura N° 36. Designación del coeficiente de Manning en las áreas creadas.

Luego se realizó la delimitación de los márgenes del cauce principal del río, estas áreas demarcan desde la huella máxima que han dejado las aguas frente a los fenómenos máximos de precipitaciones (son claramente observables) el cual se observa en la figura N° 37.



Figura N° 37. Delimitación del cauce desde las huellas máximas de las aguas.

Creación de capas en la geometría.

En esta etapa se tiene que crear las siguientes capas:

Eje de río (Stream Centerline): se realiza el trazo del eje principal del río de acuerdo a la delimitación anterior realizada de áreas, como se muestra en la figura N° 38.

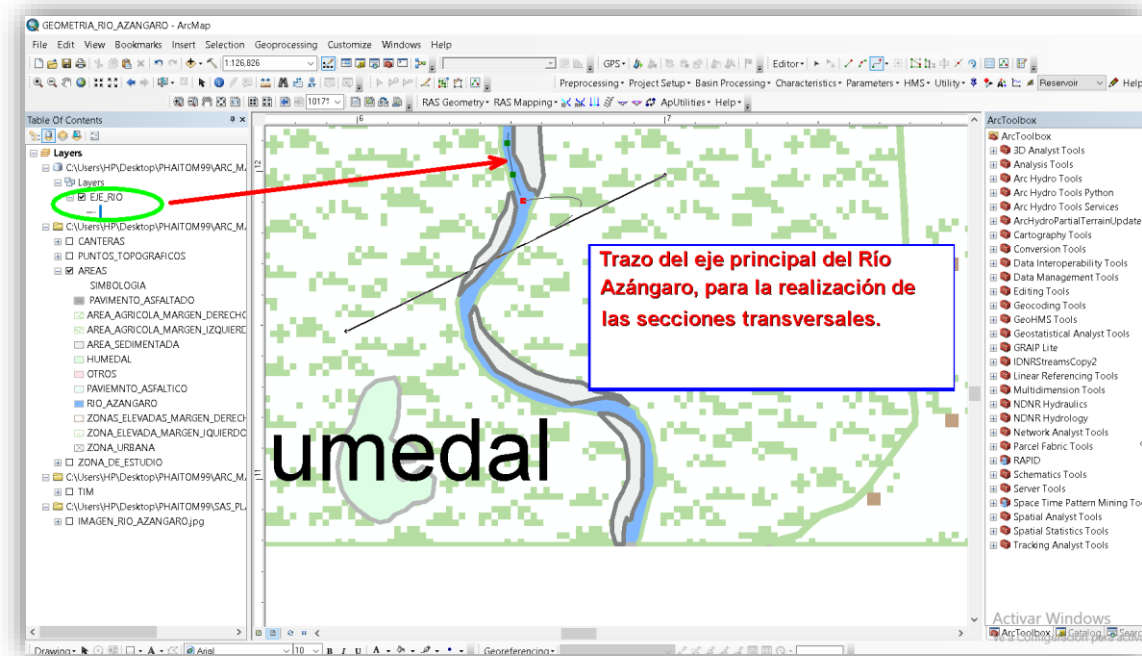


Figura N° 38. Trazo del eje principal del río.

Teniendo en cuenta que los trazos que realizan siempre deben ser desde la parte más alta en dirección aguas abajo. Ver figura N° 39.

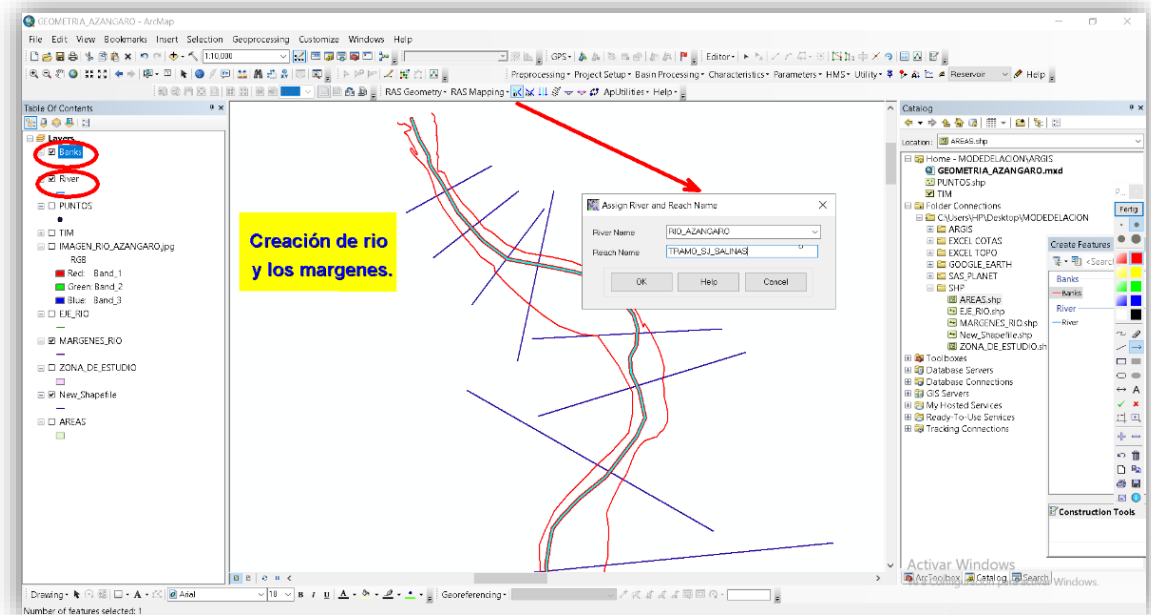


Figura N° 39. Trazo de los Márgenes y secciones transversales del río.

Además, en el trazo de las secciones transversales se debe tener en cuenta de que estas secciones no deben intersectarse ni salir fuera de las áreas proyectadas, además deben ser perpendicular al eje de río, como se muestra en la figura N°40.

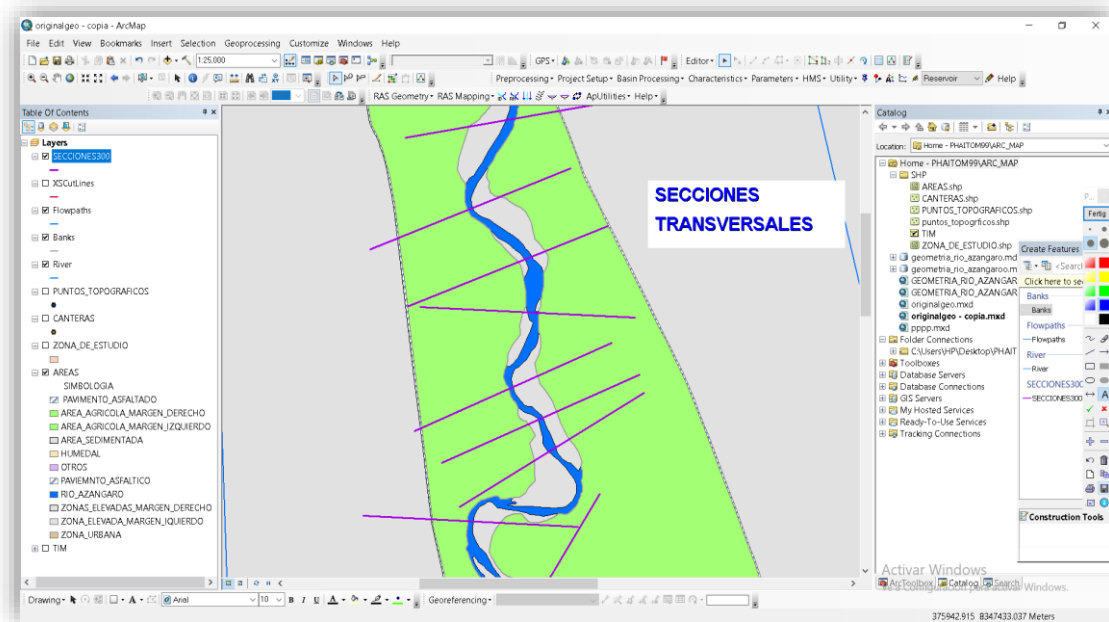


Figura N° 40. Trazo de los Márgenes y secciones transversales del río.

Modelación hidráulica de inundaciones con HEC - RAS.

La modelación hidráulica es una representación del comportamiento del flujo de agua mediante fórmulas o métodos numéricos ya sean en 1D, 2D y 3D.

El modelamiento se realiza para conocer los estudios de inundabilidad en una determinada zona y también se realiza estos estudios para la implementación de estructuras hidráulicas en los cauces y de esta manera predecir el comportamiento flujo versus estructura.

Hidrologic Engineering Center y River Analysis System (Centro de ingeniería hidrológica y Sistema de Análisis de Ríos) y fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos.

- Es de uso para flujo permanente y no permanente.

Modelación de inundación para periodo de retorno de 10 años.

El periodo de retorno de 10 años, quiere decir que es el evento máximo que se dio durante este tiempo y está dado por el caudal $Q = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}$, que es el caudal determinado en el aforo realizado en el punto puente del río Azángaro. Por lo que

se obvió el caudal del método racional, ya que este método puede variar cuando las áreas de las cuencas supera los 5 Ha.

El software HEC – RAS trabaja con la geometría realizada en ArcGIS, tal como se observa en la figura N° 41.

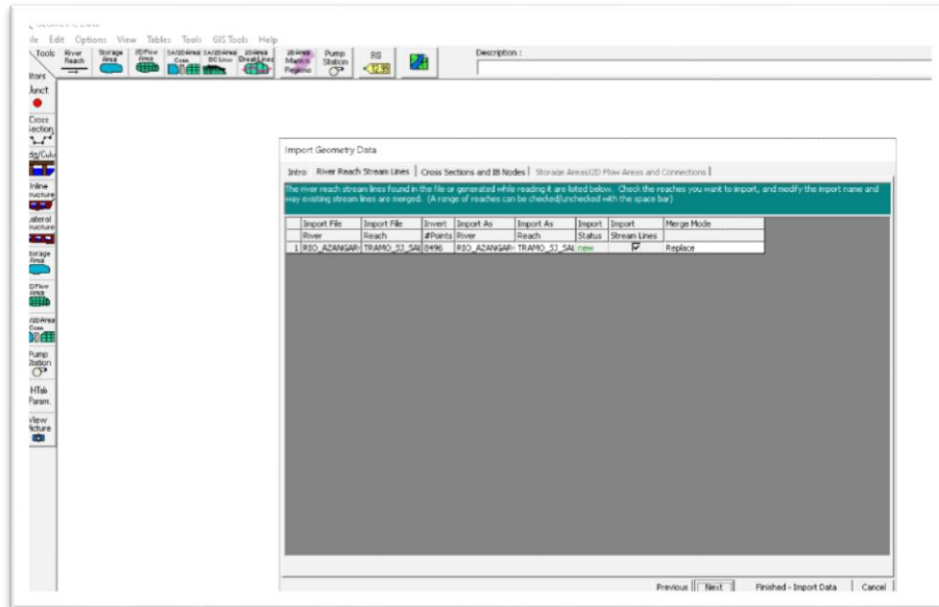


Figura N° 41. Importación de la geometría a HEC – RAS considerando el Sistema Internacional.

La figura N° 42 muestra el llenado de datos en el programa HEC – RAS, como son las pendientes y los caudales máximos.

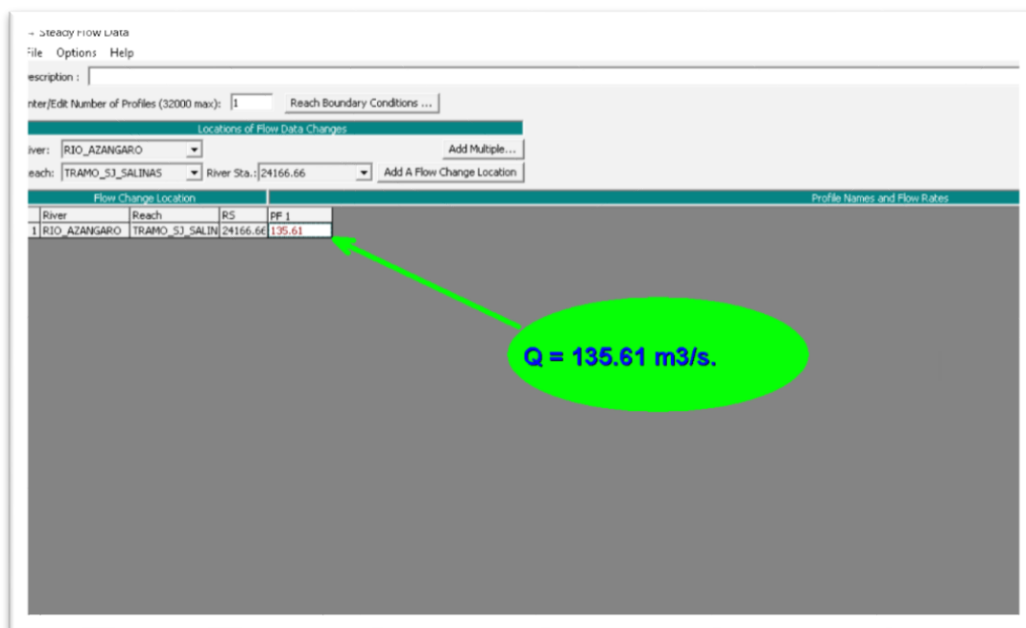


Figura N° 42. Caudal para 10 años de periodo de retorno.

En la figura N° 43, se observa la inundación que genera un caudal de $135.61 \text{ m}^3/\text{s}$, para un periodo de retorno de 10 años.

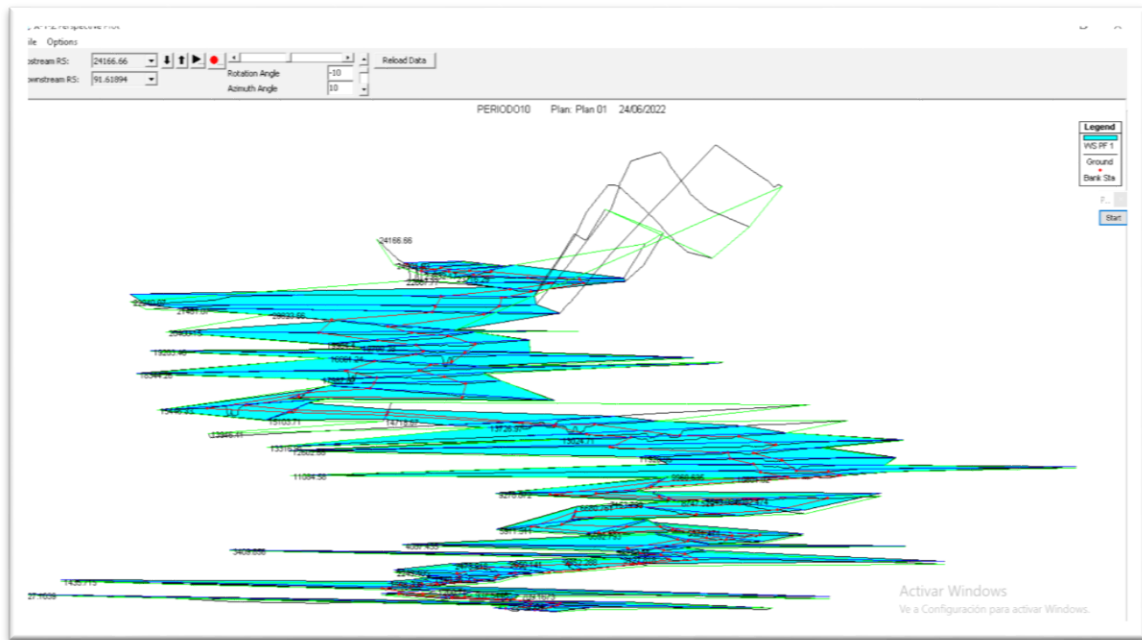


Figura N° 43. Modelo de inundación en HEC - RAS.

En la siguiente figura N° 44, se visualiza las secciones transversales de las inundaciones generadas por el software.

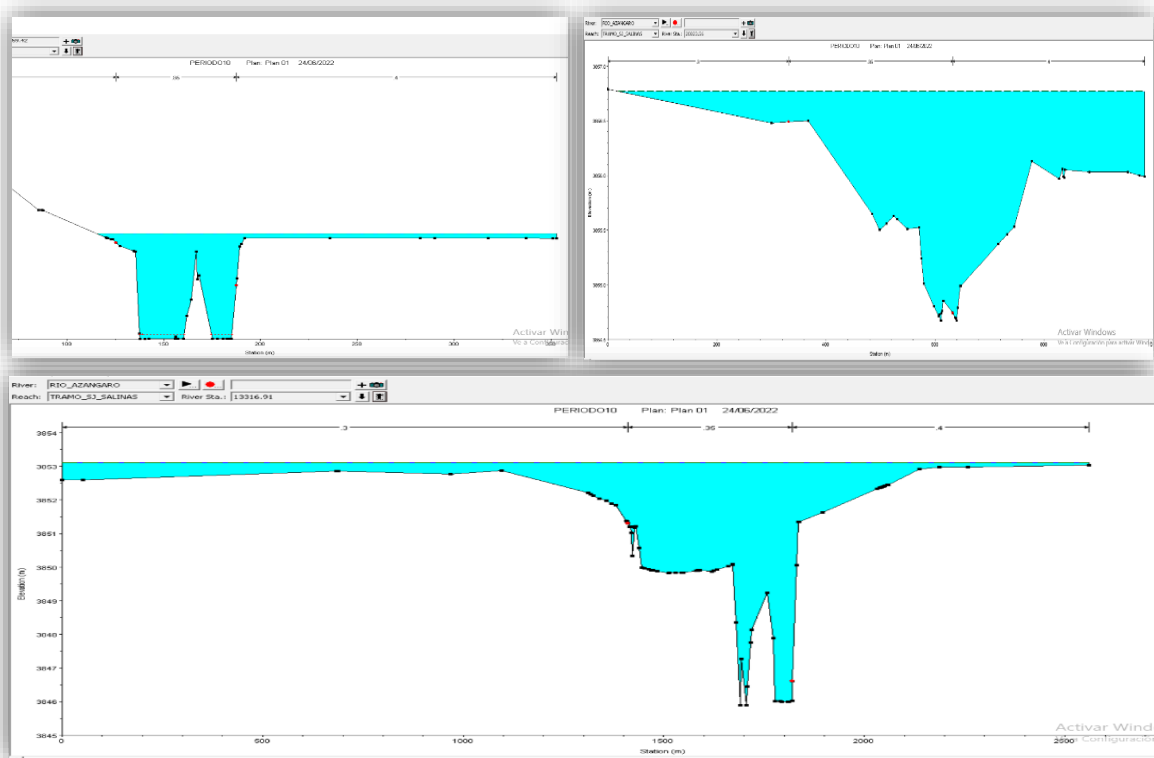


Figura N° 44. Secciones transversales con flujo de inundación.

Modelación de inundación para periodo de retorno de 50 años.

El software HEC – RAS te permite visualizar la geometría y las secciones transversales que se realizó en ArcGIS, estas secciones representan un corte en un determinado tramo que puede ser visto de frente e identificar el eje de río, los márgenes, y las cotas de estos puntos. Ver figura N° 45.

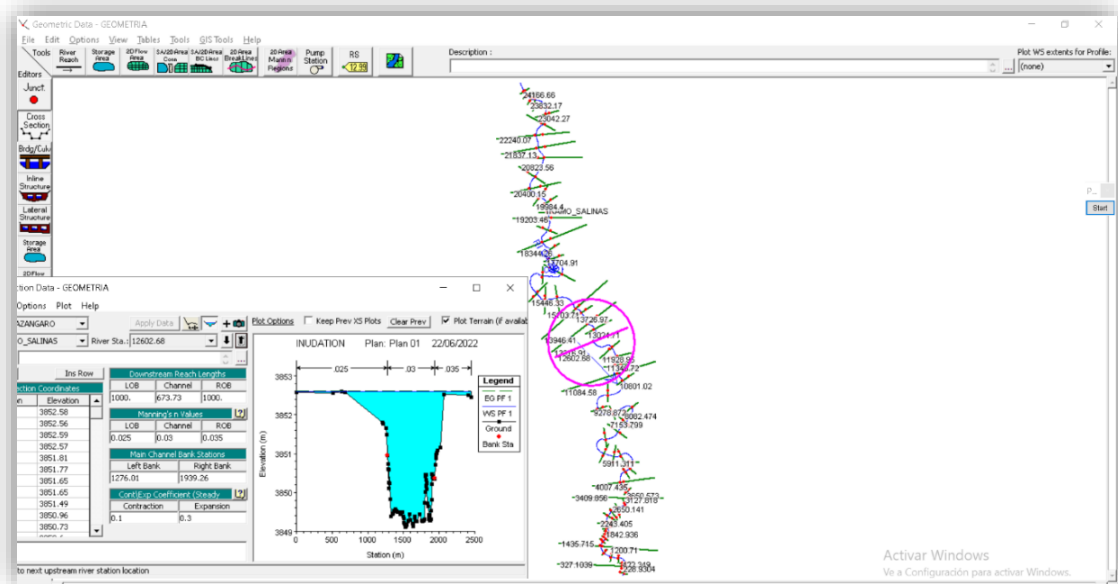


Figura N° 45. Importación de la geometría a HEC - RAS.

Estas secciones transversales representan el área inundada, la afectación hacia los márgenes y la altura de agua sobre las áreas de cultivo, como se muestra en la figura N° 46.

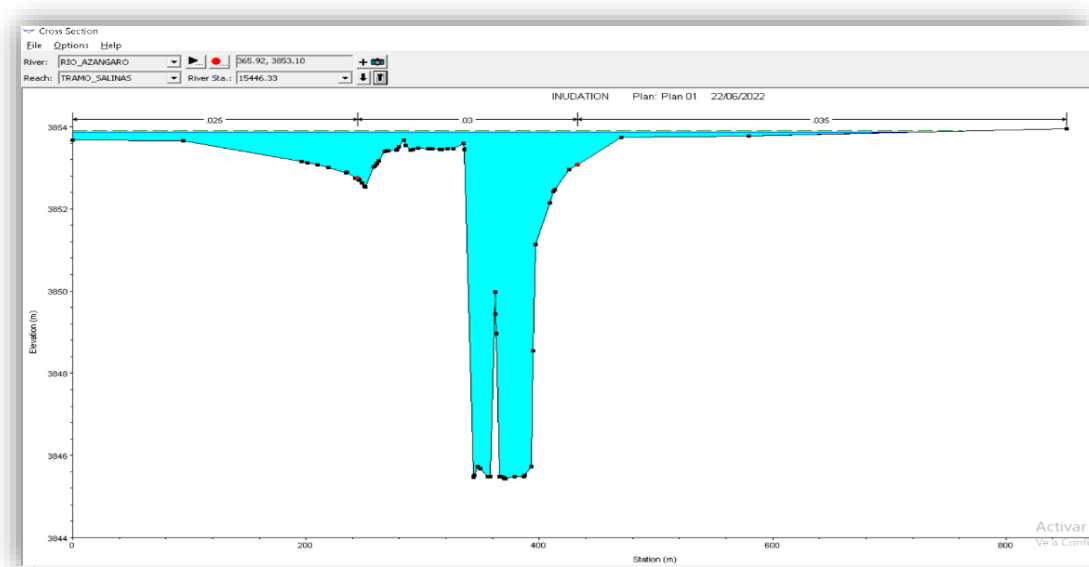


Figura N° 46. Inundación en una sección transversal.

Para la interpretación y el cálculo de las áreas afectadas, estos archivos de tipo prj deben ser exportados nuevamente a ArcGIS, tales como se aprecian en las figuras N° 47 y 48.

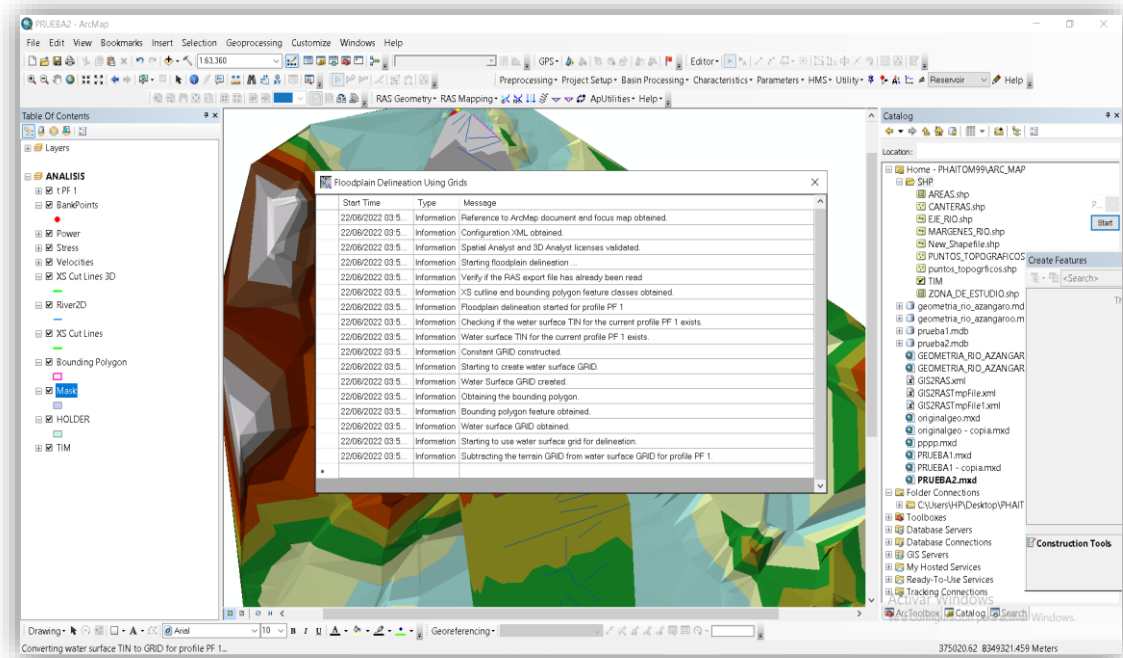


Figura N° 47. Importación del modelo de inundación de HEC RAS a ArcGIS.

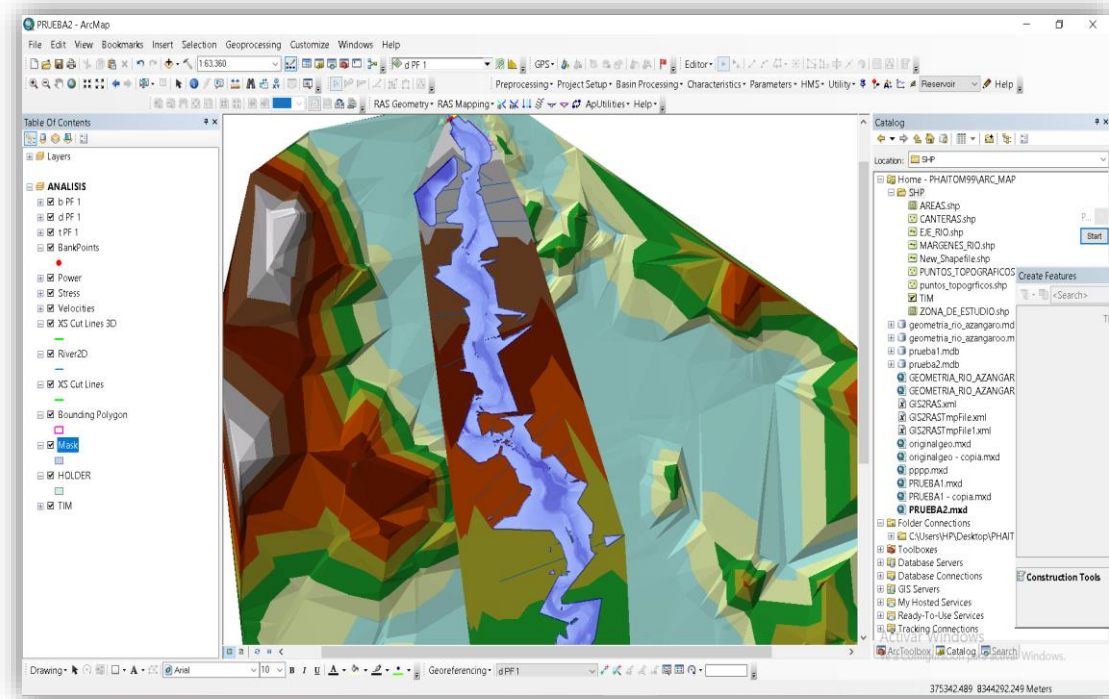


Figura N°48. Pre visualización de la inundación con una máxima avenida de $Q = 184.35 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Modelación de inundación para periodo de retorno de 100 años.

Para esta última modelación se considera un periodo de retorno de 100 años y se tiene un caudal de modelación $Q = 448.01 \text{ m}^3/\text{seg}$. Ver figura N° 49.

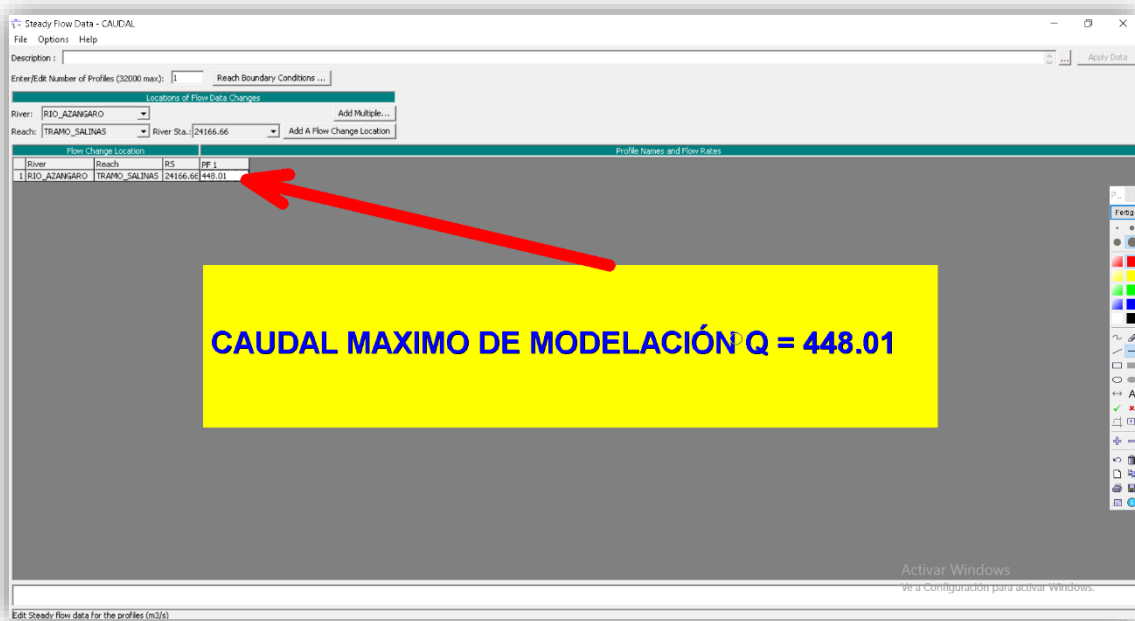


Figura N° 49. Caudal de diseño para periodo de 100 años.

La figura N° 50 muestra un modelo digital de la inundación el cual es un archivo de tipo prj, este tipo de archivo se debe importar nuevamente a ArcGIS para poder hacer la interpretación y cálculo de las áreas afectadas.

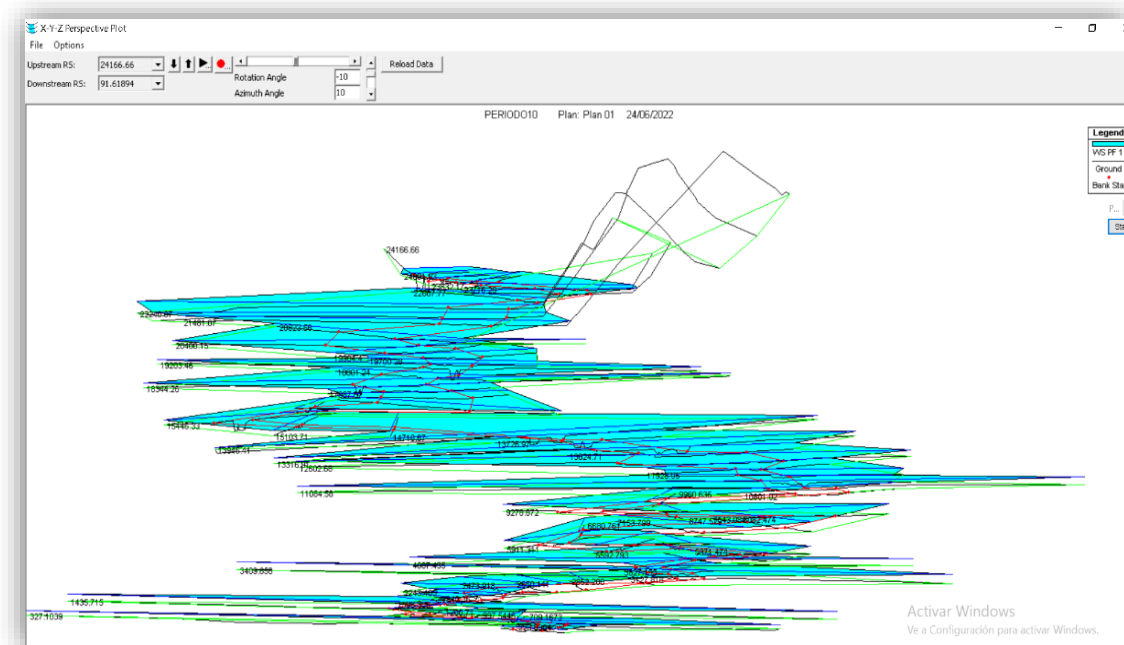


Figura N° 50. Modelo de inundación.

La figura N° 51, muestra claramente que la inundación es muy superior a los modelos anteriores de menor caudal, en este caso la altura de las inundaciones está a un aproximado de 1.60 metros de la altura de la cota terreno.

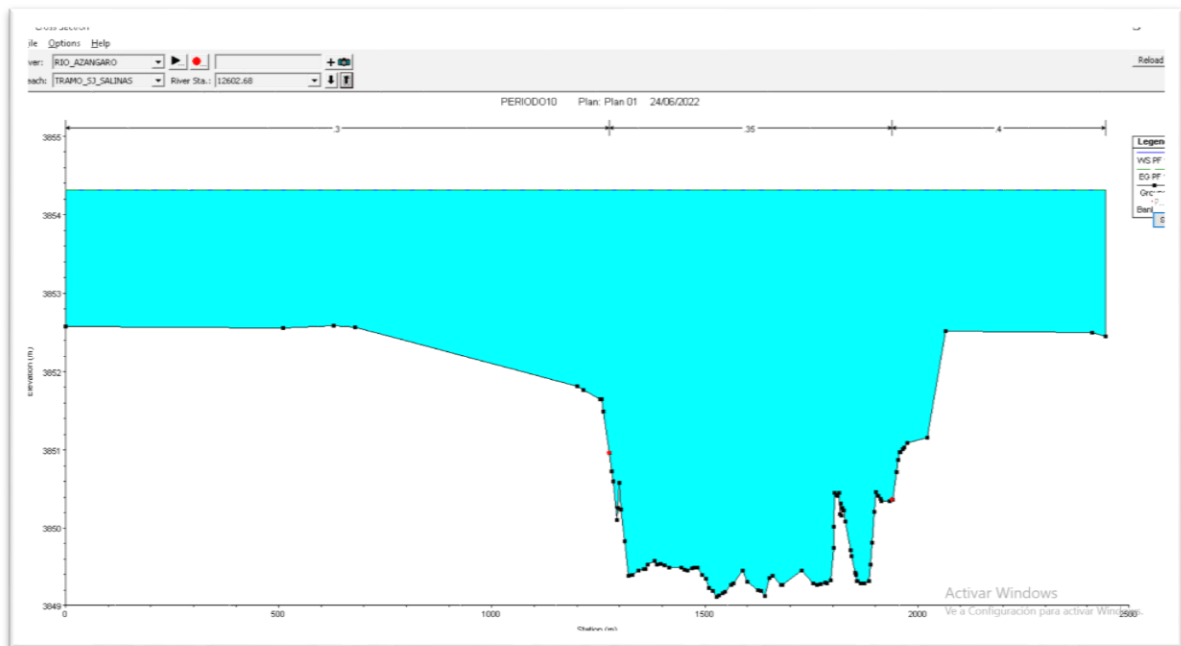


Figura N° 51. Sección transversal de inundación con $Q = 448.01 \text{ m}^3/\text{seg}$.

En la figura N° 52 se hace la representación de la inundación en una sección transversal.

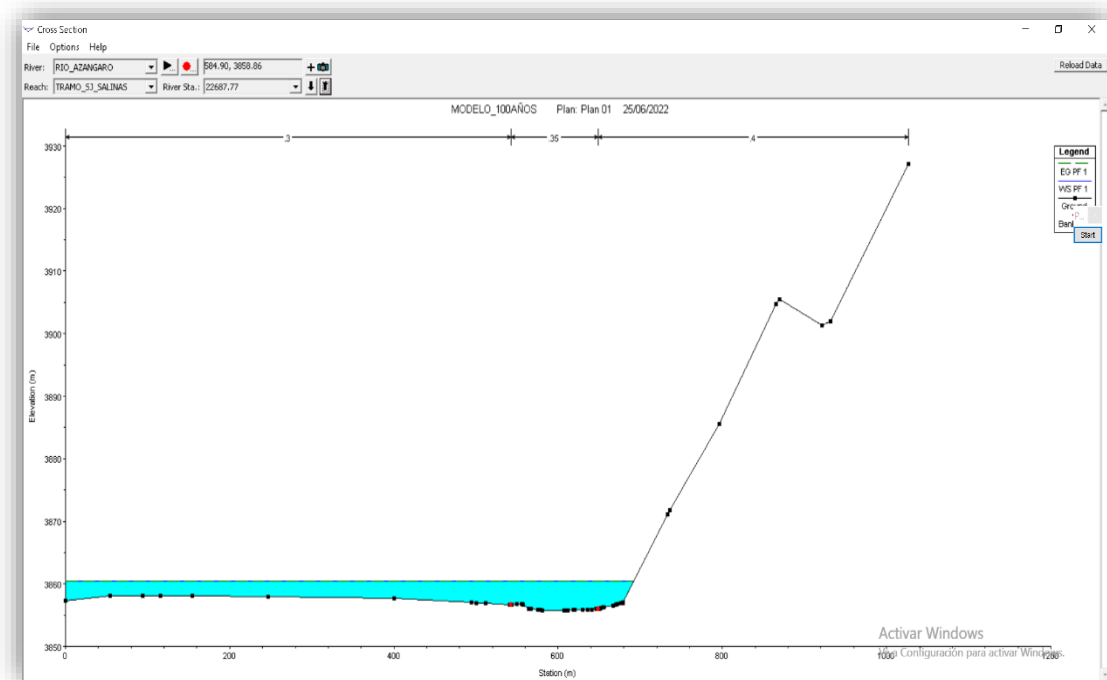


Figura N° 52. Visualización de la inundación con $Q = 448.01 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Evaluación del riesgo frente a inundaciones.

Esta evaluación consiste en analizar la matriz de peligro y vulnerabilidad donde el producto de ello nos da como resultado el riesgo a lo que estamos expuestos ya sea como una sociedad un lugar. Esta evaluación matricial se muestra en las tablas N° 16 y 17.

Tabla N° 16. Identificación del nivel de peligro en el área de estudio.

NIVEL	CARACTERÍSTICAS	VALOR (%)
Peligro bajo (PB)		< a 25
Peligro medio (PM)		26 - 50
Peligro alto (PA)	Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro.	51 - 75
Peligro muy alto (PMA)		76 - 100

Tabla N° 17. Identificación del nivel de vulnerabilidad en el área de estudio.

NIVEL	CARACTERÍSTICAS	VALOR (%)
Vulnerabilidad baja (VB)		< a 25
Vulnerabilidad medio (VM)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	26 - 50
Vulnerabilidad alto (VA)		51 - 75
Vulnerabilidad muy alto (VMA)		76 - 100

Donde, el riesgo está dado por:

$$R = 0.75 * 0.50 = 37.5 \% \text{ de probabilidad.}$$

3.7. Aspectos éticos

A criterio personal el código de ética de esta casa de estudios está dirigido a todos los que forman parte de ella, así como docentes y estudiantes, donde regula el respeto a las personas por su integridad y autonomía. Fomentando una libertad en la investigación, siempre respetando a los demás investigadores en la parte académica y generar una sana competencia académica. Finalmente, el investigador debe cumplir con las normas éticas, legales y de seguridad establecidas en los proyectos de investigación; sobre todo tomar siempre en consideración que el plagio es un delito por lo que se debe respetar citando los contenidos de los otros autores.

IV. RESULTADOS

Caracterización Geomorfológica.

Resultados de la estimación topográfica de la zona de estudio.

El levantamiento topográfico realizado nos ha permitido tener el comportamiento del suelo, ya sea del cauce principal y las áreas de los márgenes. En efecto se tiene el TIM (que representa la triangulación de vectores entre un conjunto de vértices), este modelo digital de elevación nos va permitir realizar la simulación de inundación. Ver figura N° 53.

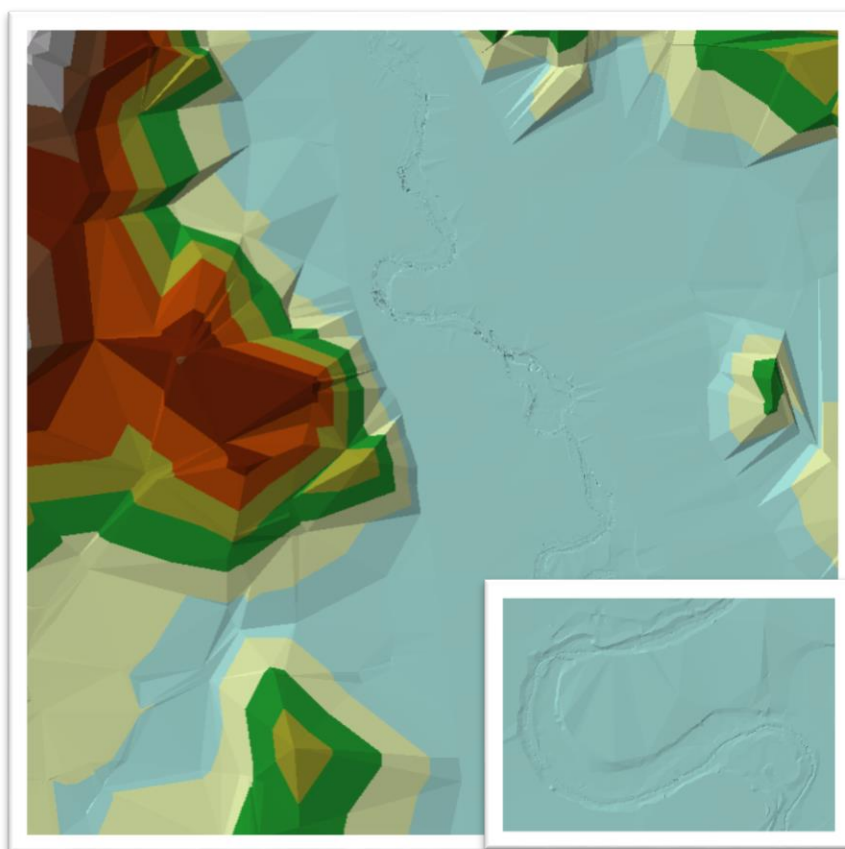


Figura N° 53. Comportamiento del terreno en un modelo digital (TIM).

Tabla N° 18. Caracterización fisiográfica del área.

Área de la zona de estudio.	8502.49 Ha
Longitud del eje de río.	24.48 Km.
Cota de elevación.	3861 m.s.n.m. y 3846 m.s.n.m.
Pendiente.	0.015 %

Resultado de las precipitaciones máximas diarias anuales.

En la tabla N° 19 se muestra las precipitaciones máximas a nivel de las 4 estaciones de la subcuenca, en un periodo de 20 años (1999 a 2019).

Tabla N° 19. *Determinación de las máximas precipitaciones diarias para cada año.*

Año	Estaciones			
	Puente Azángaro	Crucero	Nuñoa	Progreso
1999	67.56	23.56	22.67	32.43
2000	26.45	35.34	41.32	-
2001	16.83	13.87	23.65	-
2002	22.68	21.98	25.57	-
2003	23.89	22.23	18.45	-
2004	18.32	42.56	8.59	-
2005	20.34	67.56	33.47	-
2006	18.54	25.32	51.34	-
2007	33.45	15.67	11.34	-
2008	33.2	14.67	23.43	-
2009	13.65	18.45	35.65	-
2010	42.12	22.76	13.34	22.57
2011	17.76	22.65	33.45	22.78
2012	81.01	45.89	33.22	9.45
2013	27.09	19.32	15.46	49.46
2014	56.43	23.45	23.68	15.78
2015	72.21	24.65	35.67	33.27
2016	51.45	29.43	22.54	33.57
2017	79.86	19.45	11.89	56.12
2018	49.67	35.76	21.54	21.78
2019	67.45	32.67	33.34	18.46
PRECIPITACIONES MAXIMAS				
Precipitación Máxima	81.01	67.56	51.34	56.12

Resultado de la determinación de la intensidad

La intensidad máxima se presenta en la estación ubicada en la carretera del puente Azángaro con una intensidad máxima de 162.02 mm/h. que presentan en un periodo corto de 30 minutos.

$$I_{\text{máx}}(\text{Puente Azángaro}) = \frac{81.01}{0.5} = 162.02 \text{ mm/h.}$$

Resultados de caudales máximos.

Los caudales máximos según el método racional se realizaron con la determinación del área de la cuenca mediante el software ArcGIS 10.5 y los modelos digitales de elevación (DEM) descargados de los satélites. Por otro lado, se tiene los caudales registrados mediante el método del aforo, los cuales muestran más confiabilidad y precisión, ya que el método racional puede ser ineficiente en cuencas de gran magnitud. Por lo tanto, para los periodos de retornos de 10, 50 y 100 años se tiene los siguientes caudales:

$$Q_{10 \text{ años}} = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_{50 \text{ años}} = 184.35 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_{100 \text{ años}} = 419.63 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Resultados de la modelación digital mediante HEC RAS.

1. El modelo de inundación para el periodo de retorno de 10 años con un caudal de $Q = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}$, ha afectado en total un área de 422.78 Ha y se muestra en la figura N° 54.

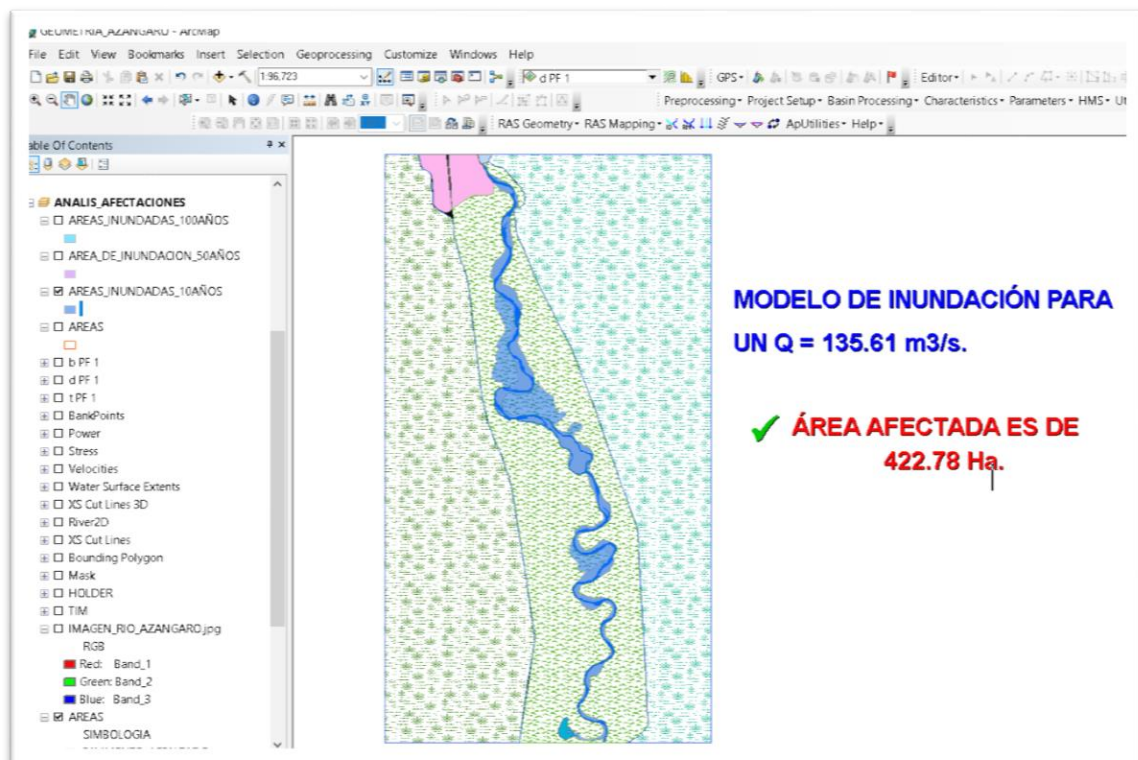


Figura N° 54. Inundación en ambas márgenes del río Azángaro.

2. La figura N° 55 se visualiza el mapa de inundación para un periodo de retorno de 50 años, con un caudal de modelo igual $Q = 184.35 \text{ m}^3/\text{s}$. Obteniendo un resultado de área afecta por inundación de 650.77 Ha.

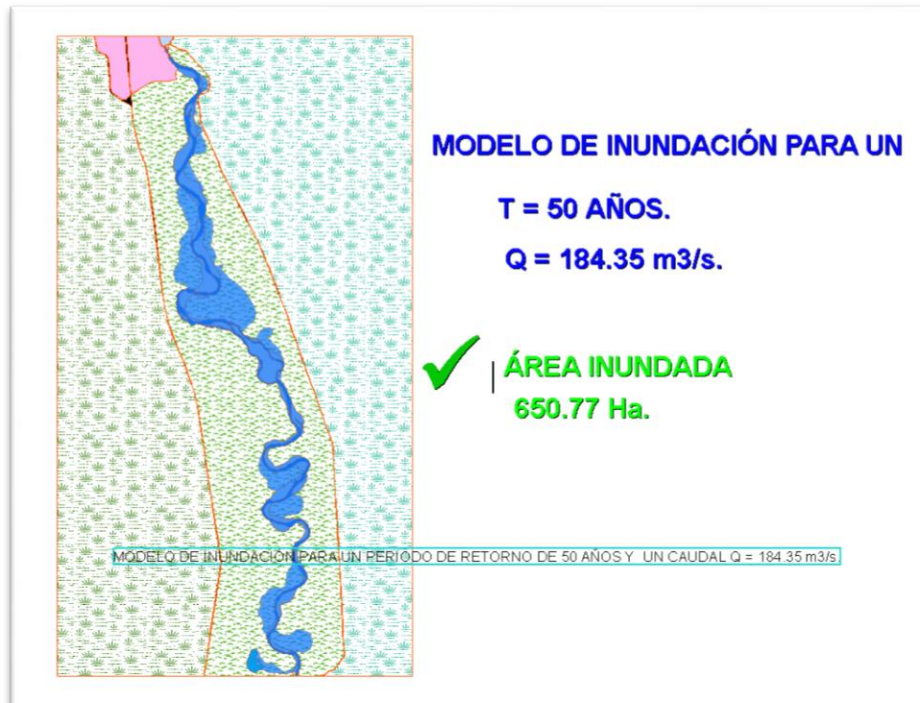


Figura N° 55. Mapa de inundación del río Azángaro tramo San Juan de Salinas.

3. Finalmente, para un caudal $Q = 440.01 \text{ m}^3/\text{s}$ y un periodo de retorno de 100 años se tiene una afectación de 990.80 Ha de terrenos de cultivo en ambos márgenes del río Azángaro tramo San Juan de Salinas. Ver figura N° 56.







Figura N° 56. Mapa de inundación de la máxima avenida.

Resultados de la estimación de riesgo por inundaciones.

Según el análisis realizado de acuerdo a las matrices de peligrosidad y vulnerabilidad de la tabla N° 20, la zona de estudio del río está dado en RIESGO MEDIO, con una probabilidad de 37.5 %.

Tabla 20. Matriz de peligro y vulnerabilidad.

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

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

Propuestas de mitigación para inundaciones.

Medidas estructurales.

Con respecto a las medidas estructurales se descarta por la magnitud de los costos al que ascendería, ya que el tramo de estudio consta de 24.48 Km de longitud en el eje de río, y la construcción de una estructura de defensa ribereña es muy inaccesible de parte del presupuesto de las entidades competentes.

Medidas no estructurales.

Como medidas no estructurales según el estudio realizado se plantea lo siguiente:

- La implementación de mapas que detallen los riesgos de inundación en las diferentes zonas con respecto al río Azángaro tramo San Juan de Salinas. Esto con el propósito de mantener informado a las comunidades de la zona y además como

información para las entidades competentes al respecto como es la INDECI. En efecto el estudio realizado facilitará los resultados con respecto a las áreas vulnerables frente a inundaciones a las municipalidades del distrito de San Juan de Salinas y la provincia de Azángaro, tal como muestra la figura N° 57.

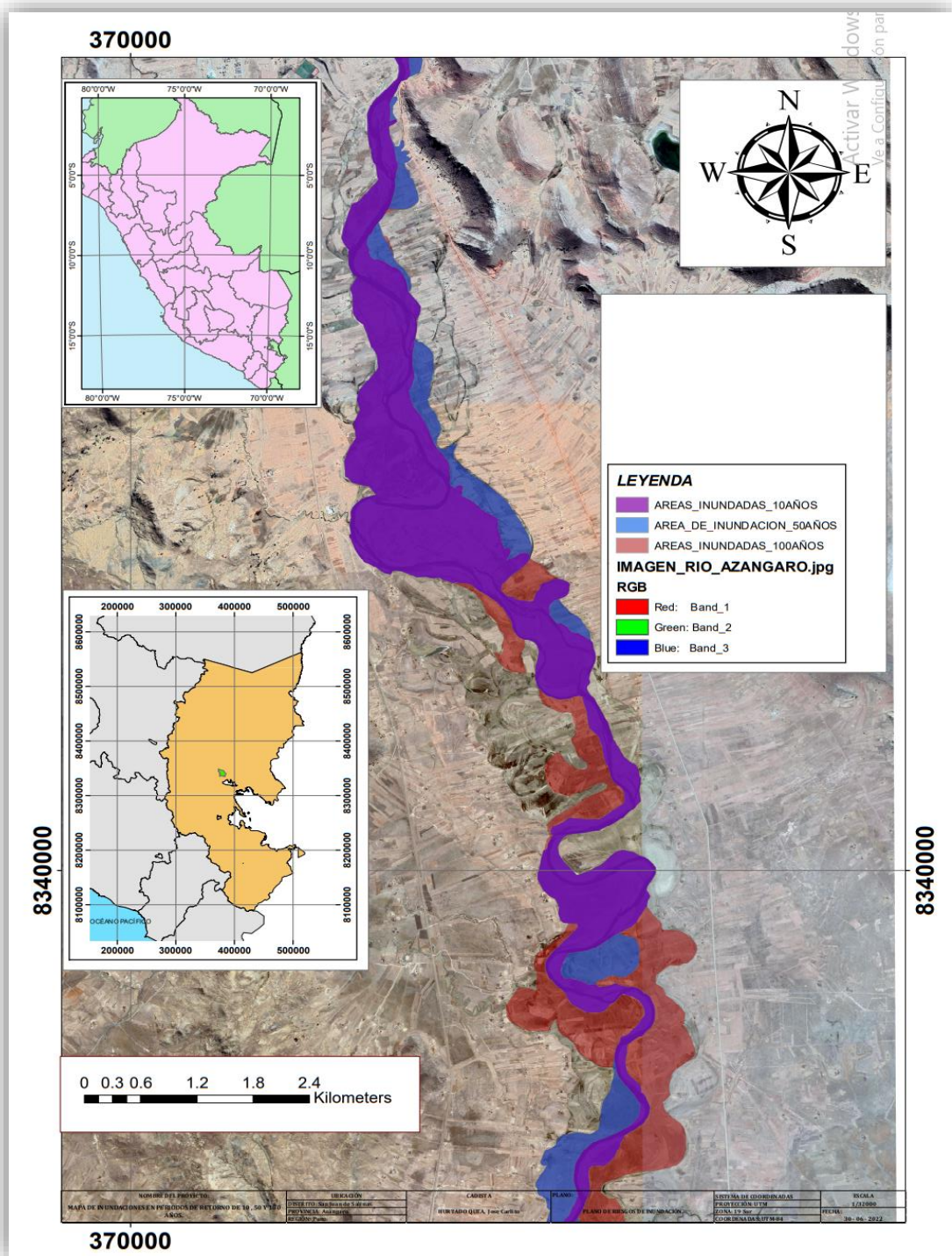


Figura N° 57. Mapa de inundación de la máxima avenida.

- Realizar una descolmatación en los Kilómetros 5 + 200 a 12 + 400 y 15 + 440 a 20 + 960, que según los modelos realizados son las zonas con mayor área de afectación con respecto a las crecidas de las aguas del río Azángaro. Y, además se requiere un encausamiento de río en el tramo 20 + 960 a 23 + 920, ya que en este hay desbordes hacia las áreas de los cultivos; sin embargo, en menor magnitud con respecto a los tramos anteriores. Los procedimientos de la descolmatación estimada están adjuntas en los anexos de a la investigación.

V. DISCUSIÓN

1. ¿Qué factores intervienen para que se produzca las inundaciones en la zona?

Uno de los factores más identificados es el grado de sedimentación en el cauce del río, esto producto de que el tramo de estudio tiene una cabecera de cuenca con mayor pendiente, haciendo que el transporte de sedimentos se deposite en estos tramos de topografía plana. También están las intensas lluvias y finalmente los pendientes llanos que presenta la zona de estudio.

2. ¿Cuál es la solución más accesible e inmediata para dar solución a estas inundaciones?

Según especialistas de la zona y la defensa civil de la misma provincia de Azángaro, plantear estructuras como muros de concreto ciclópeo o enrocados serían buenos: sin embargo, las condiciones económicas de parte de las instituciones públicas competentes de atender estas necesidades no podrían gestionar un presupuesto de esa magnitud, en tal sentido esta investigación busca plantear soluciones más accesibles frente a su ejecución.

3. ¿En qué consiste el proceso de la descolmatación en este tramo de estudio?

Para realizar la descolmatación de un río, como primer paso se debe de solicitar una autorización de la Autoridad Administrativo del Agua, fundamentando la causa del problema y por qué se plantea dicha intervención en el cauce del río. Posterior a dicho permiso esta actividad consiste en retirar los sedimentos del cauce del río con maquinarias que competen, posterior a ello los sedimentos retirados se puede depositar en una cantera o distribuir para su empleo a obras que requieran este tipo de agregados para su uso. Este proceso se limita a realizar el retiro de los sedimentos de acuerdo a los estudios planteados, respetando siempre la pendiente del cauce y la amplitud de los márgenes del río.

VI. CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

Se identificó las áreas afectados mediante la modelación hidráulica Hec Ras y se evaluó el nivel de riesgo producido por los fenómenos hidrológicos en las máximas precipitaciones de acuerdo a las consideraciones del Instituto Nacional de Defensa Civil, llegando a que la zona de estudio se encuentra en un RIESGO MEDIO frente a los fenómenos de inundación producido por el río Azángaro en el distrito de San Juan de Salinas.

CONCLUSIÓN ESPECÍFICO N° 01

Se logró la caracterización física mediante el levantamiento topográfico de la zona de estudio que comprende las áreas agrícolas y el cauce principal del río Azángaro tramo San Juan de Salinas. Teniéndose como resultado las curvas de nivel y el modelo digital de elevaciones que representa (TIM), esta área comprende de 8502.49 Ha, y eje de río tiene una longitud de 24.48 Km con una pendiente de 0.015%.

CONCLUSIÓN ESPECÍFICO N° 02

En la determinación de las precipitaciones máximas anuales de 24 horas se trabajó con las estaciones siguientes: Carretera Puente Azángaro, Crucero, Nuñoa y Progreso de la sub cuenca de río Azángaro. Obteniendo como resultado la precipitación máxima con una intensidad de 162.02 mm/h. en un periodo corto de 30 minutos. Además, se ha definido los caudales máximos para periodo de retorno de 10 años ($Q = 135.61 \text{ m}^3/\text{s}$), 50 años ($184.35 \text{ m}^3/\text{s}$) y un periodo de 100 años ($419.63 \text{ m}^3/\text{s}$).

Se concretó la modelación hidrológica de acuerdo a los caudales y periodos de retorno con la siguiente información de áreas afectadas:

- Para un periodo de retorno de 10 años tenemos un área de 422.78 hectáreas inundadas.
- Para un periodo de retorno de 50 años se efectuó un área afecta por inundación de 650.77 hectáreas.
- Finalmente, para un periodo de retorno de 100 años se tiene una afectación

de 990.80 hectáreas inundadas a terrenos de cultivo en ambos márgenes del río Azángaro.

CONCLUSIÓN ESPECÍFICO N° 03

El nivel de riesgo estimado según el estudio realizado en esta investigación en el río Azángaro tramo San Juan de Salinas, se realizó según los parámetros del INDECI que evalúa el peligro y la vulnerabilidad. De acuerdo a este análisis las zonas afectadas por inundaciones tienen un riesgo medio con 37.5 % de probabilidad de sufrir daños por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad. Las medidas tomadas de acuerdo a los estudios realizados y con relación a los costos de inversión, se plantea las medidas no estructurales que consiste en la implementación de mapas que detallen los riesgos de inundación y, además se plantea la descolmatación del río Azángaro en los tramos con mayor área de afectación.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Con respecto a la realización de estudios hidrológicos de tramos específicos se recomienda trabajar con modelos digitales de elevación realizados en campo ya sea con estación total o levantamientos topográficos con Drones, ya que, si se pretende realizar modelaciones con los DEMs descargados de los satélites, estos varían mucho frente a las características tomados en campo.
- 2.** Se recomienda a las instituciones públicas ya sea a nivel distrital o provincial de tomar acción frente a los riesgos por inundación determinados en este estudio, ya de esta manera se puede reducir las pérdidas económicas a los comuneros de esta zona que cada vez que se presentan estos fenómenos hidrológicos de máximas intensidades afectando parcial o totalmente a sus cultivos.
- 3.** Se recomienda realizar estudios relacionados en las zonas de Achaya y Calapuja porque también son zonas afectadas con estos fenómenos hidrológicos por este mismo río Azángaro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

1. HERNÁNDEZ - SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta. 6^{ta} Edición. México, McGRAW.HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. 2018.
ISSN: 978-1-4562-6096.5

Textos

2. ANA y MINAGRI. Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos. 2016, p. 116. [fecha de consulta: 14 de Marzo de 2022].
Primera edición Julio 2016.
Disponible en: <https://bit.ly/3MTvK6v>
3. ALEJANDRO, Leobardo. Hidráulica Fluvial. Morfología de ríos. [en línea].
[fecha de consulta: 02 de Marzo de 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3tIRHn9>
4. CENAPRED. Impacto Socioeconómico de los principales Desastres ocurridos en México 2019. [en línea]. [fecha de consulta: 16 de Mayo de 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3ljDc9a>
5. CENEPRED. Informe de evaluación del riesgo por precipitaciones intensas en el área urbana del distrito de Paucará, provincia de Acobamba y departamento de Huancavelica. [en línea]. [fecha de consulta: 01 de Febrero de 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3ulg6IN>
6. CONDORI, OJEDA y PORFIRIO (2020). Niveles de investigación. Curso Taller. [en línea]. [fecha de consulta: 04 de Marzo de 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3MXZWgQ>
7. GRAJALES, Tevni. TIPOS DE INVESTIGACION. [en línea]. 27 de Marzo del 2000. [fecha de consulta: 02 de Marzo de 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3CPrxfq>
8. INRENA, Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del río Ramis. Ayaviri, Melgar, Puno, Septiembre del 2008. [en línea].
Disponible en: <https://bit.ly/3HPkZAI>
9. INDECI, Manual Básico para la Estimación de Riesgos. Instituto Nacional de

- Defensa Civil, 2006. [en línea].
Disponibile en: <https://bit.ly/3yLWFfv>
10. UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza Informe Anual 2016. primer volumen del Informe Anual 2016 de la UICN. [en línea]. [fecha de consulta: 04 de Febrero de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3Jzrall>
11. ROCHA, Arturo. La morfología fluvial y su incidencia en la estabilidad de las obras viales. [en línea]. [fecha de consulta: 13 de Febrero de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3Ne1pQh>
12. SENAMHI, DGM, (Nota Técnica 001) Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos. [en línea]. [fecha de consulta: 11 de Marzo de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3wxnbbO>
13. POMCA, Quindío (consorcio). Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río la Vieja. [en línea]. [fecha de consulta: 19 de Febrero de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3wwYOuN>
14. SANTOS, Guadalupe. Marco metodológico. [en línea]. [fecha de consulta: 15 de Febrero de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3JXGjDG>

Trabajos de titulación

15. ÁLVAREZ, Andrés. Uso de La Modelación Hidráulica de crecientes como herramienta de gestión para la elaboración de planes y estrategias para reducir el peligro de inundaciones. Tesis (Ingeniero Ambiental).
Medellín – Colombia: Universidad de Antioquia, 2022.
Disponibile en: <https://bit.ly/3lf2CDi>
16. AMAYA, Brandon y ESTUPIÑAN, María. “Estudio de inundación en el río Apulo en el sector de San Antonio en el municipio de Anapoima, Cundinamarca, mediante un modelo hidráulico-hidrológico en el software HEC-RAS”. Trabajo de grado para optar al título de (Especialista en Recursos Hídricos).
Bogotá - Universidad Católica de Colombia, 2021.
Disponibile en: <https://bit.ly/3tkLSXa>
17. DAVILA, Luis. “Políticas de reducción de vulnerabilidad ante inundaciones

- por desborde del río Lurín en el Asentamiento Humano El Olivar, Lurín – 2021”. Tesis (Maestro en Gestión Pública).
Lima – Perú, Universidad César Vallejo, 2022.
Disponible en: <https://bit.ly/3qlzpk5>
18. FIGUEROA, Manuel. “Dinámica atmosférica asociada a eventos lluviosos que originan inundaciones repentinas (repiquetes) durante la temporada de vaciante en la Amazonía Peruana”. Tesis (Ingeniero Meteorológico).
Lima – Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina, 2022.
Disponible en: <https://bit.ly/3KVshsO>
19. GUTIÉRREZ, Christiaan. “Determinación de las áreas vulnerables frente a riesgos de inundación y huaycos en la zona aledaña al río Pachatusan y sus propuestas de mitigación”. Tesis (Ingeniero Civil).
Cusco – Perú, Universidad Andina del Cusco, 2018.
Disponible en: <https://bit.ly/3ims5jz>
20. MAMANI, Luz. “Modelación hidrológica e hidráulica bidimensional del río Cabanillas tramo puente – bocatoma Cabanillas, utilizando el modelo HEC-RAS 2D”. Tesis (Ingeniero Agrícola).
Puno – Perú, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2020.
Disponible en: <https://bit.ly/3NbbmOC>
21. MARTINEZ, Rubén. “Evaluación de riesgos por inundaciones, en el barrio bajo del distrito de Yuracyacu, provincia de Rioja, región san Martín”. Tesis (Maestro en Gestión Ambiental).
Lima - Universidad Nacional Federico Villarreal, 2017.
Disponible en: <https://bit.ly/3CS7XiH>
22. RODRÍGUEZ, Edna. Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa. Tesis (Doctor en Ingeniería-Recursos Hidráulicos).
Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2016
Disponible en: <https://bit.ly/3tervuA>
23. VERDUGO, Marcos. Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el bosque y vegetación protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico. Tesis (Ingeniero Ambiental).
Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede de Cuenca, 2017.

Disponible en: <https://bit.ly/3w00DjF>

Artículos Científicos

24. LÓPEZ, Luis. Población muestra y muestreo. [versión On-line]. Agosto 2004.
[Fecha de consulta: 08 de Marzo de 2022].

ISSN: 1815-0276

Disponible en: <https://bit.ly/3ibvYrB>

25. PÉREZ, Jhonny, ESCOBAR, Jairo y FRAGOZO, Jose. Modelación Hidráulica 2D de Inundaciones en Regiones con Escasez de Datos. El Caso del Delta del Río Ranchería, Riohacha-Colombia. Información Tecnológica [en línea]. vol.29 no.4 La Serena, Agosto 2018. [Fecha de consulta: 06 de Marzo de 2022]. ISSN: 0718-0764

Disponible en: <https://bit.ly/3tme77A>

26. PERLES, SORTINO y CANTARERO, “Cartografía de la vulnerabilidad del territorio frente al riesgo de inundación”. Propuesta adaptada a la directiva Europea de inundaciones y normativas derivadas. [en línea]. Abril – Diciembre 2016. [Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2022].

Disponible en: <https://bit.ly/37yrzqg>

27. PERLES, María, OLCINA, Jorge y MÉRIDA Matías. Balance de las políticas de gestión del riesgo de inundaciones en España: de las acciones estructurales a la ordenación territorial. Febrero 2018. [Fecha de consulta: 03 de Marzo de 2022]. ISSN: 1133-4762

Disponible en: <https://bit.ly/3tMMGnG>

Revista

28. MENDOZA, Jorge y LLAXACONDOR, Arturo. El estudio de caso en la investigación sobre la gestión de organizaciones: una guía introductoria. [en línea]. Revista de ciencias de la gestión, Vol. I, N° 1 pp. 150-171. Lima: PUCP, 2016 [fecha de consulta: 19 de Febrero de 2022].

ISSN-e: 2518-0495

Disponible en: <https://bit.ly/3wa3OWf>

29. ARROYO, Luis. Esbozo histórico de la geomorfología y su papel como ciencia aplicada en el contexto de los peligros naturales y los planes reguladores. Revista Geográfica de América Central. N° 48. Universidad Nacional Costa Rica. [fecha de consulta: 01 de Febrero de 2022].

ISSN: 1011-484X

Disponible en: <https://bit.ly/3JZvBg4>

30. SIRCAR, Jayanta y CEBRIÁN, Juan. Creación de Modelos Topográficos Digitales (MTDs) a partir de curvas de nivel rasterizadas. Anales de geografía de la Universidad Complutense. [fecha de consulta: 19 de Febrero de 2022].

ISSN: 0211-9803, N° 10, 1990.

Disponible en: <https://bit.ly/3lo6t88>

Norma

31. ANA, Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA. Reglamento para Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales. Lima, 28 de diciembre del 2016. [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3u8cOZm>

32. NORMA TECNICA O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano (Perú), del Reglamento Nacional de Edificaciones. [en línea].

Disponible en: <https://bit.ly/3CQmP1a>

Ley

33. Ley N° 29338. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Lima, Enero de 2010. Disponible en: <https://bit.ly/3y4pJyM>

34. Ley N.° 29664. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de febrero de 2011. Disponible en: <https://bit.ly/3nlb4ZL>

Libros en línea

35. VILLÓN Béjar, Máximo. Hidrología [en línea]. Cartago Costa Rica: Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica – Febrero del 2002. [fecha de consulta: 13 de Marzo de 2022].

Disponible en: <https://bit.ly/3Jm7I7A>

36. PIZARRO, Roberto, et al. Diseño en canales de evacuación de aguas lluvias. Sociedad estándares de ingeniería para aguas y suelos LTDA. 24 de Junio 2018. [fecha de consulta: 19 de Mayo de 2022].

Disponible en: <https://bit.ly/3mZ3sfd>

37. MENDOZA, Helen y GONZÁLEZ, María. Evaluación hidrológica e hidráulica

mediante la aplicación de modelos, del puente la zompopera, fantasma. [en línea]. Managua, diciembre 2017. [fecha de consulta: 06 de Mayo de 2022].
Disponibile en: <https://bit.ly/3Oluadu>

38. LUGO, José. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Instituto de geografía México, 1988. [en línea]. [fecha de consulta: 19 de Mayo de 2022].

ISBN: 968-36-0560-5.

Disponibile en: <https://bit.ly/3bJqDaW>

Videos

39. SUPO, José. Cómo validar un instrumento. [video en línea]. Publicado el 10 de Febrero de 2016, México. Canal de YouTube. (1 hora 46 min. Sonoro a color). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9D9PWIFsGhc>

40. RÍOS, Doile. Validez y Confiabilidad del Instrumento de recolección de los datos con apoyo del SPSS. [video en línea]. Publicado el 24 de Abril de 2020, Colombia. Canal de YouTube. (10.39 min. Sonoro a color).

Disponibile en: <https://www.youtube.com/watch?v=0ZnBODIUwPY>

ANEXOS N° 01

Tabla N° 21. Operacionalización de variables.

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Variables de caracterización	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Geomorfología	Arroyo, (2011, p.280) La geomorfología es un estudio científico referido a toda la estructuración del terreno natural.	Lugo, (1988, p. 29)El mapeo preciso de formas de la tierra consiste en elementos principales como relieve, geometría, puntos, líneas, superficies y toda la información geomorfológica relevante a escalas apropiadas.	Área.	Ha	Razón.
			Longitud de eje de río.	Km	Razón.
			Altitud.	m.s.n.m.	Razón.
			Pendiente.	%	Razón.
			Coeficiente de escorrentía.	Adimensional.	Razón.
Régimen de lluvias	De acuerdo a Arroyo, (2011, p.525) se considera a la variación de caudales de agua de acuerdo a periodos que se estiman.	Según (Senamhi DGW, p. 5), se mide mediante estaciones hidrológicas establecidas que captan los datos, magnitud, frecuencia, duración, tiempo y tasa de cambio.	Período de Retorno.	Tiempo	Razón.
			Intensidad.	mm/h	Razón.
Variables de interés					
Caudal del Río Azángaro.	Villón, (2002, p. 163) es el volumen de líquido que discurre por una tubería controlado en un tiempo.	Arroyo, (2011, p.85) se estimara de acuerdo a las precipitaciones máximas en relación al área de la cuenca.	Caudal.	m³/s	Razón.
Niveles de riesgo.	Rodríguez, (2016, p.57) afirma que la evaluación del riesgo es valorar la verdadera dimensión del problema.	CENEPRED, (2017, p. 65) afirma que la medición de estos niveles están reglamentados por instituciones como defensa civil.	Vulnerabilidad.	Muy alto.	Catagórica/ordinal.
				Alto.	Catagórica/ordinal.
				Medio.	Catagórica/ordinal.
				Bajo.	Catagórica/ordinal.
Propuestas de Prevención.	Arroyo, (2011, p.16) están definidas como protección para evitar en lo posible, o minimizar los daños de una afectación.	CENEPRED, (2017, p. 63) las propuestas están basadas de acuerdo a los resultados y su nivel de peligrosidad al que están expuestas.	Estructurales.	Defensa ribereña.	Nominal.
			No estructurales.	Mapas de vulnerabilidad.	Nominal.
				Descolmatación.	Nominal.

ANEXO N° 02

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación de riesgos de inundación en áreas agrícolas y viviendas ribereñas por fenómenos hidrológicos de alta intensidad, Azángaro – Puno”.

Autor: Hurtado Quea, Jose Carlito.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la magnitud de riesgo por inundaciones de las áreas agrícolas y viviendas ribereñas afectados por fenómenos hidrológicos de alta intensidad en el distrito de San Juan de Salinas, Azángaro – Puno?	OBJETIVO GENERAL Identificar y evaluar la magnitud de riesgos por inundación de las áreas agrícolas y viviendas ribereñas afectados por fenómenos hidrológicos de alta intensidad en el distrito de San Juan de Salinas, Azángaro – Puno.	HIPOTESIS PRINCIPAL No aplica.	• Geomorfología.	• Área • Longitud de eje de río. • Altitud • Pendiente	• Ha. • Km. • m.s.n.m. • %	<ul style="list-style-type: none"> • MÉTODO DE INVESTIGACION: Lógico Inductivo. • DISEÑO DE INVESTIGACION: No Experimental – Transversal. <p style="text-align: center;">M → O</p> <p>M: Muestra. O: Observación.</p>
PROBLEMA ESPECÍFICO N° 1 ¿Cuáles son las características físicas del cauce principal, áreas agrícolas y pobladas vulnerables a efectos de inundación producidos por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad?	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1 Realizar la caracterización física del cauce principal, áreas agrícolas y pobladas vulnerables a efectos de inundación producidos por estos fenómenos hidrológicos de alta intensidad.	HIPOTESIS ESPECÍFICOS No aplica.		• Coeficiente de escorrentía.	• Adimensional.	<ul style="list-style-type: none"> • TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada • NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo. • POBLACIÓN Distrito de San Juan de Salinas. • MUESTRA Margen derecho e izquierdo del río Azángaro tramo distrito de San Juan de Salinas. • TÉCNICA DE MUESTREO. No probabilístico.
PROBLEMA ESPECÍFICO N° 2 ¿Cuáles son los datos de precipitaciones máximas de 24 horas con respecto a la información de las estaciones hidrológicas para realizar el modelamiento hidrológico de inundaciones mediante el software Hec - Ras ?	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2 Determinar las precipitaciones máximas de 24 horas con respecto a la información de las estaciones hidrológicas para realizar el modelamiento hidrológico de inundaciones mediante el software Hec - Ras .		• Régimen de lluvias.	• Período de Retorno. • Intensidad.	• Tiempo • mm/h	<ul style="list-style-type: none"> • TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS: Fuentes primarias: Observación. Fuentes secundarias: Textos, tesis, formatos de control, fichas.
PROBLEMA ESPECÍFICO N° 3 ¿Cuáles son los niveles de riesgo de inundación en los márgenes del cauce para periodos de retorno de 10, 50, y 100 años, con fines de proponer medidas de reducción de los desbordes?	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3 Estimar los niveles de riesgo por inundación en los márgenes del cauce para periodos de retorno de 10, 50, y 100 años, con fines de proponer medidas de reducción de los desbordes.		• Caudal del Río Azángaro.	• Caudal.	• m³/s	<ul style="list-style-type: none"> • TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS: software (HEC - RAS).
			• Niveles de riesgo.	• Vulnerabilidad.	• Muy alto. • Alto. • Medio. • Bajo	
			• Propuestas de Mitigación.	• Estructurales. • No estructurales.	• Defensa ribereña. • Mapas de vulnerabilidad. • Descolmatación.	

ANEXO N° 03.

- **Viviendas desalojadas por inundaciones.**



Figura 58. Inundaciones recientes en San Juan de Salinas que ha dejado viviendas y áreas de cultivos afectados.



Figura 59. Vivienda desalojada a causa de inundaciones y ya no se puede vivir en dicha vivienda.



Figura 60. Viviendas afectadas por las inundaciones.



Figura 61. Afectación de una siembra de avena que ha quedado en completamente seca.

ANEXO N° 04.

Mapas de inundaciones por periodos de retorno.

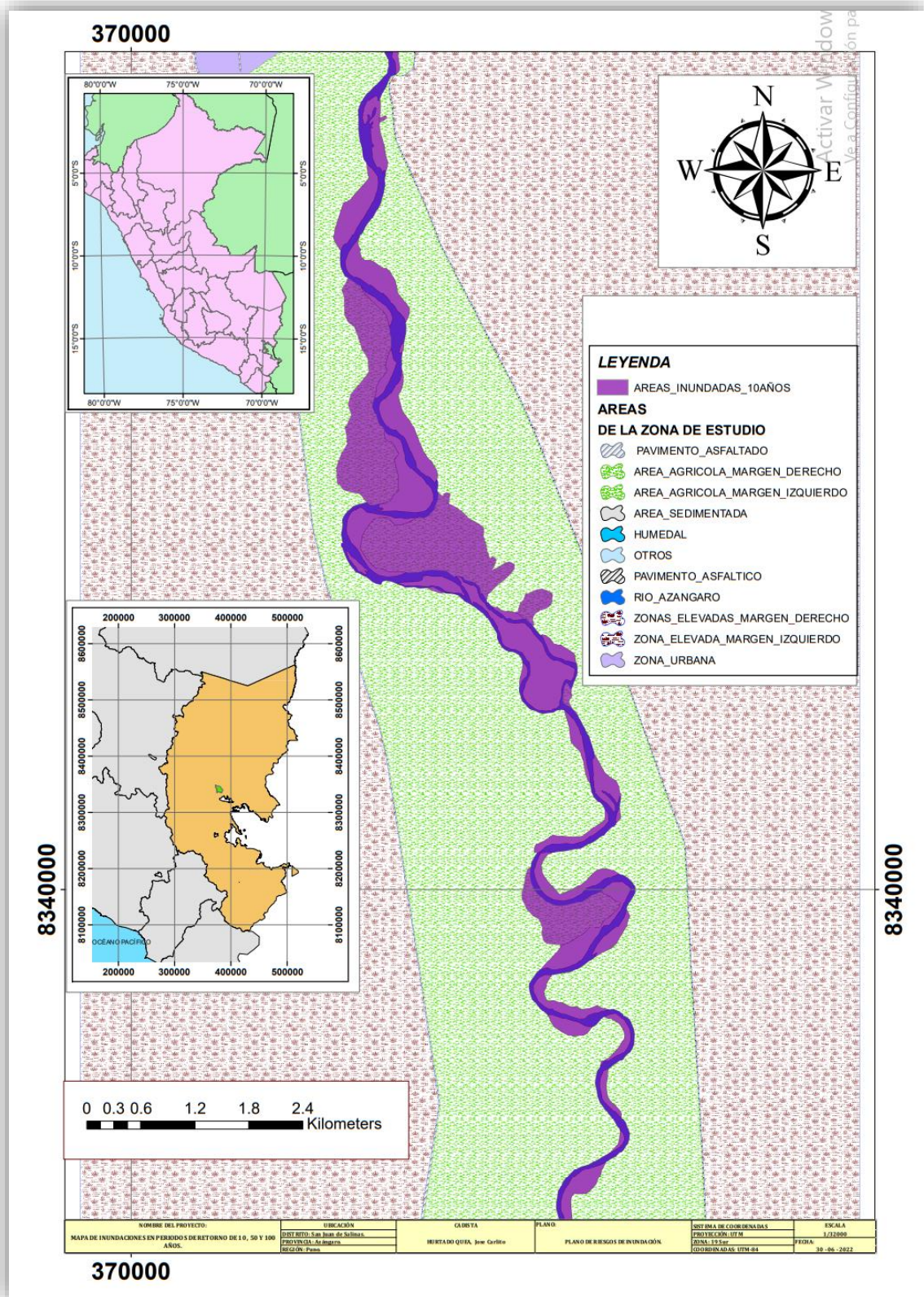


Figura 62. Mapa de inundación para un periodo de retorno de 10 años.

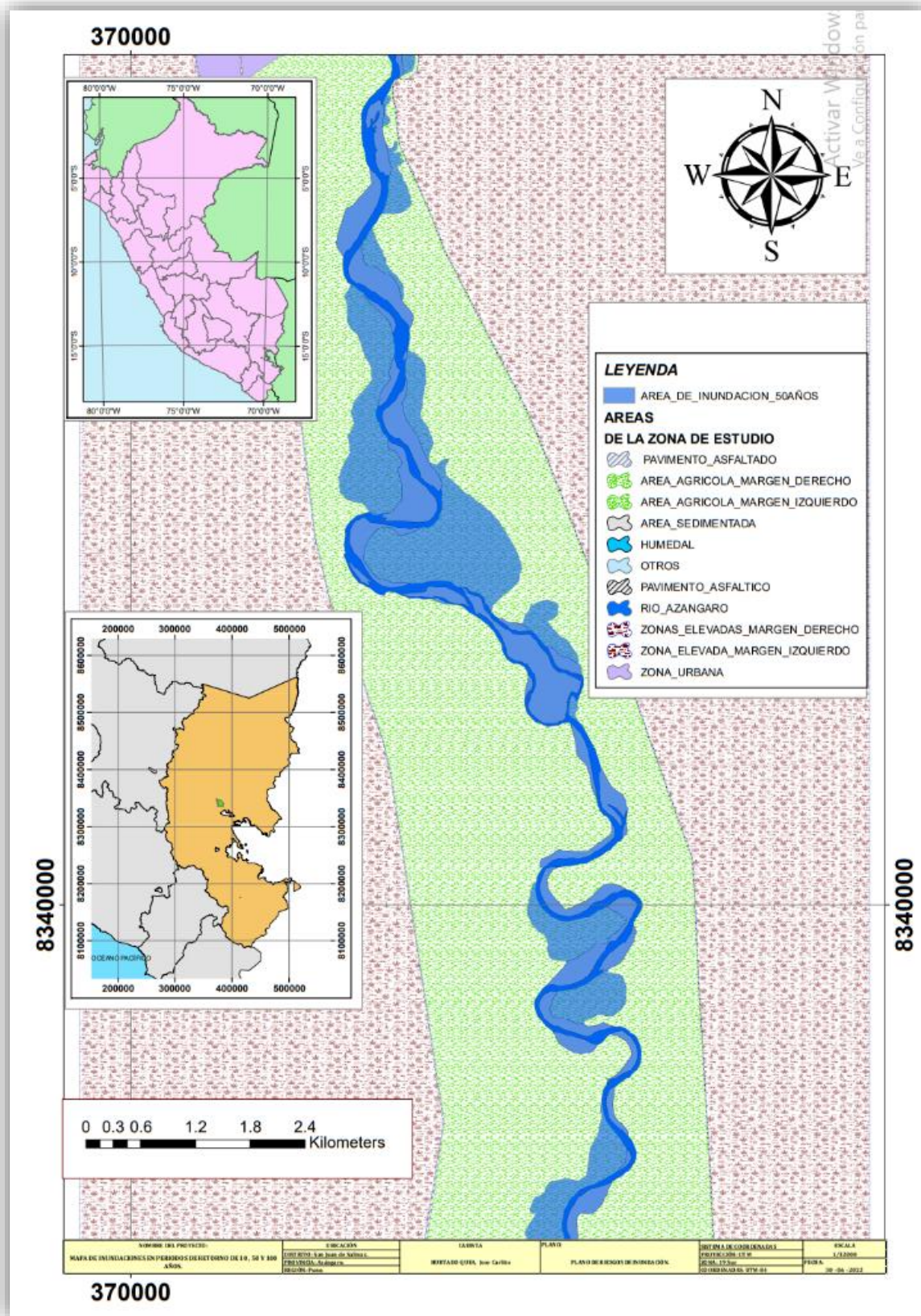


Figura 63. Mapa de inundación para un periodo de retorno de 50 años.

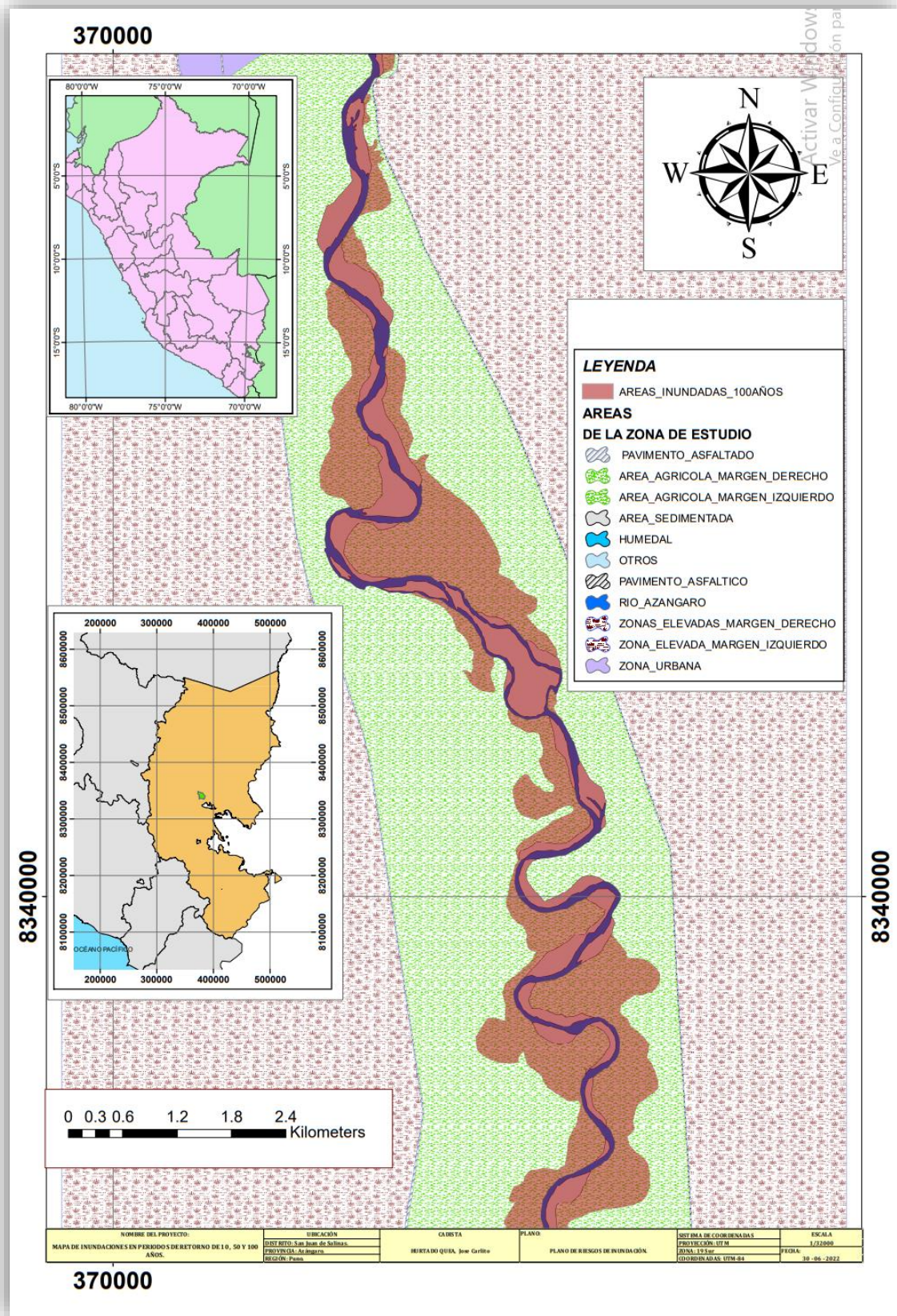


Figura 64. Mapa de inundación para un periodo de retorno de 100 años

ANEXO N° 05.

Descolmatación de tramos críticos

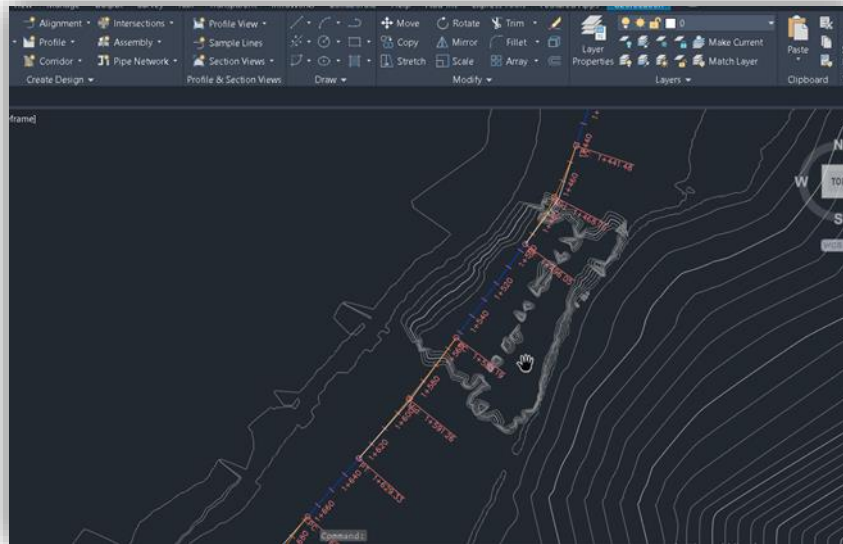


Figura 65. Trazo del eje de río en AutoCAD civil 3D.

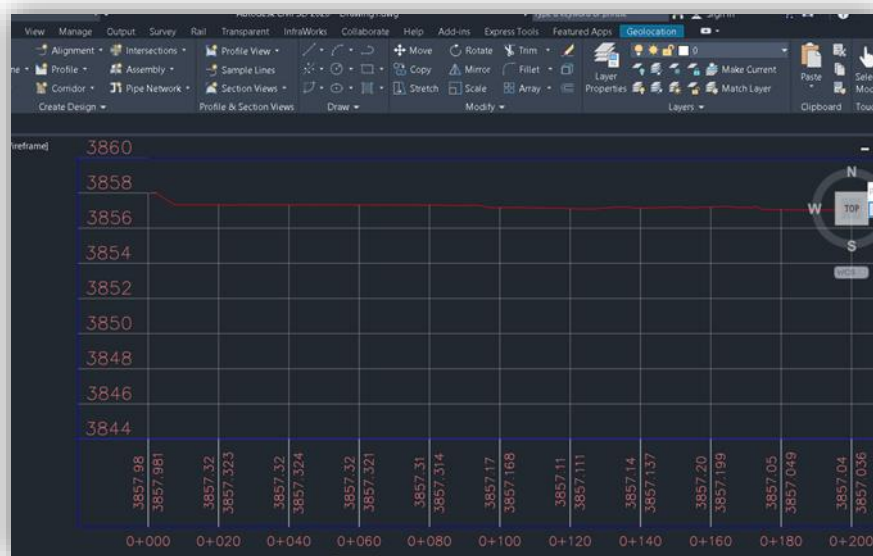


Figura 66. Sección transversal del río Azángaro.

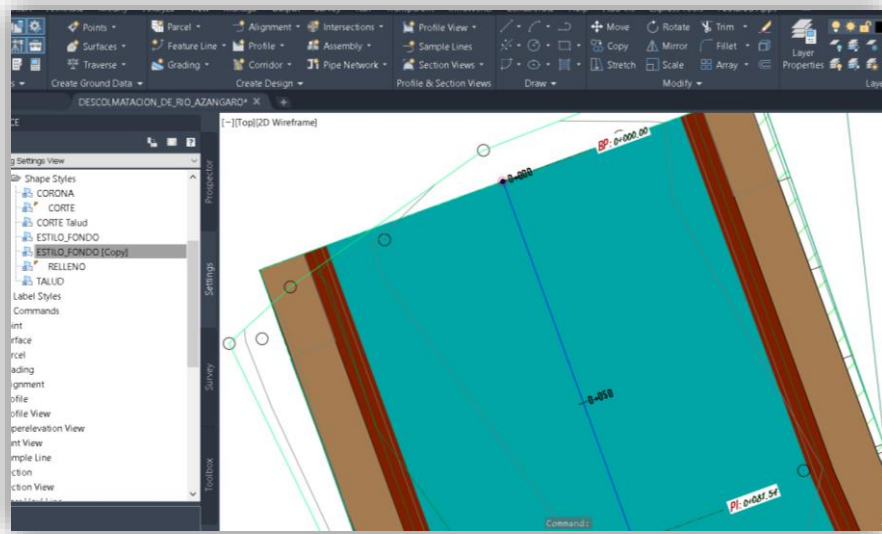


Figura 67. Sección del río para la descolmatación.

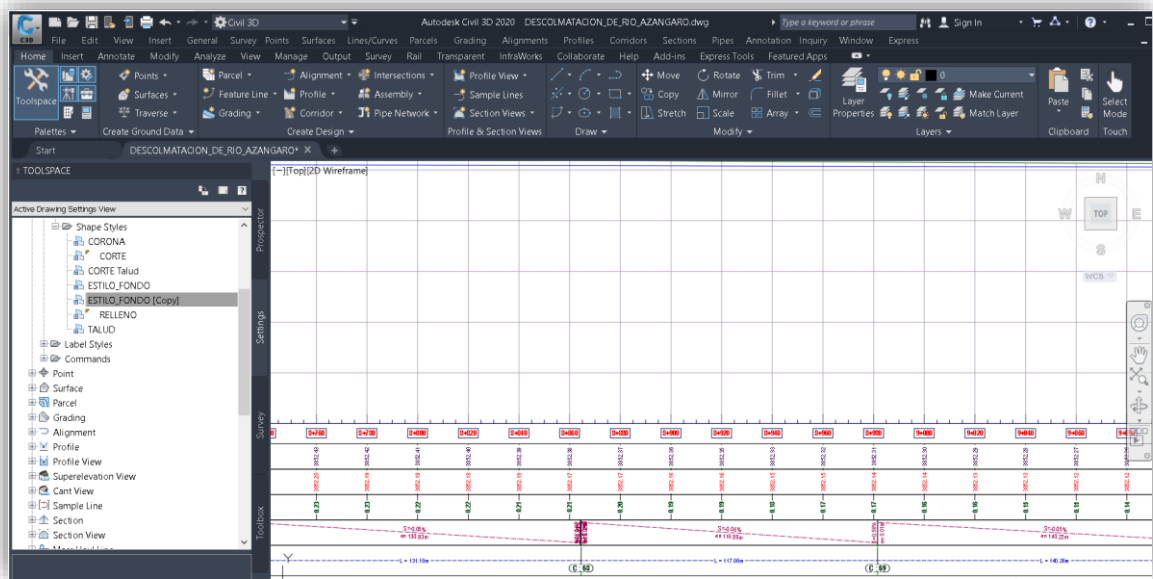


Figura 68. Sección longitudinal del diseño de descolmatación.

ANEXO N° 06.

Obtención de información de la zona de estudio.



Figura N° 69. Oficina de INDECI de la provincia de Azángaro, se realizó el trámite de datos de acontecimientos hidrológicos (inundaciones) e información de poblaciones y comunidades.

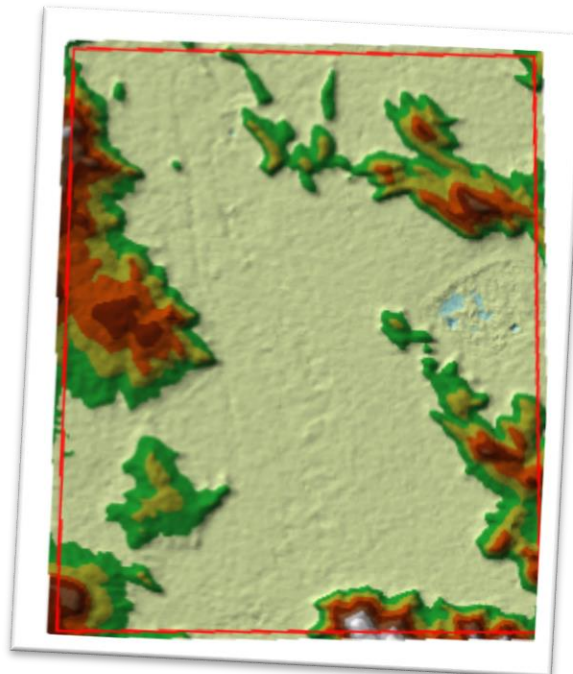


Figura N° 70. Modelo digital de elevaciones descargado del GEO GPS Perú, en archivo de elevaciones que no tiene mucho detalle de la zona de estudio, ya estos fueron tomados hace varios años y sin mucho detalle de cotas.

Fuente: <https://bit.ly/3OQAUaj>

ANEXO N° 07.

Documentos para la obtención de datos hidrológicos en SENAMHI.

PROCEDIMIENTO PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A ESTUDIANTES, TESISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD TESISTAS- DIRECCIÓN ZONAL

Señor(a)
**DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU-
SENAMHI**
Presente.-

JOSE CARLITO HURTADO QUEA.
(Nombre y Apellidos)

Jr. RAUL PORRAS BARRENECHEA N° 635.

Con N°. DNI: 76827017... Teléf.: 939443272..... E-mail jhosua.come@gmail.com

Universidad: **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.**

Carrera: **INGENIERÍA CIVIL.**

Ante usted me presento y expongo;
Que, siendo un tesista con el tema "Evaluación de riesgos de inundación en áreas agrícolas y viviendas ribereñas por fenómenos hidrológicos de alta intensidad, Azángaro – Puno" que consiste en realizar la evaluación de las áreas vulnerables frente a efectos de inundaciones. Para el efecto requiero de información sobre las máximas precipitaciones diarias anuales, registrados en las estaciones hidrológicas que se mencionan a continuación.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
Estación: NUNOA PUENTE CARRETERA AZANGARO	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo (registrado durante el año).	1999 - 2019
Estación: CRUCERO	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo (registrado durante el año).	1999 - 2019
Estación: PROGRESO	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo (registrado durante el año).	1999 - 2019
Estación: NUNOA	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo (registrado durante el año).	1999 - 2019
Estación: SOLLOCTA	Máxima precipitación diario anual y caudal máximo (registrado durante el año).	1999 - 2019

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico jhosua.come@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Puno, 08 de Junio del 2022



Firma del Usuario



Universidad
César Vallejo

“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

Ate, 03 de junio de 2022

Señor(a)
ING. SIXTO FLORES SANCHO
DIRECOTR ZONAL 13 DE SENAMHI PUNO
DIRECCIÓN ZONAL 13 SENAMHI PUNO
JR. CARLOS RUBINA 158 -B PUNO

Asunto: Autorizar para la ejecución del Proyecto de Investigación de Ingeniería Civil

De mi mayor consideración:

Es muy grato dirigirme a usted , para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Ate y en el mío propio, desearle la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que el(la) Bach. José Carlito Hurtado Quea , con DNI 76827017, del Programa de Titulación para universidades no licenciadas, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, pueda ejecutar su investigación titulada: **"EVALUACIÓN DE RIESGOS DE INUNDACIÓN EN ÁREAS AGRÍCOLAS Y VIVIENDAS RIBEREÑAS POR FENÓMENOS HIDROLÓGICOS DE ALTA INTENSIDAD, AZANGARO-PUNO."**, en la institución que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

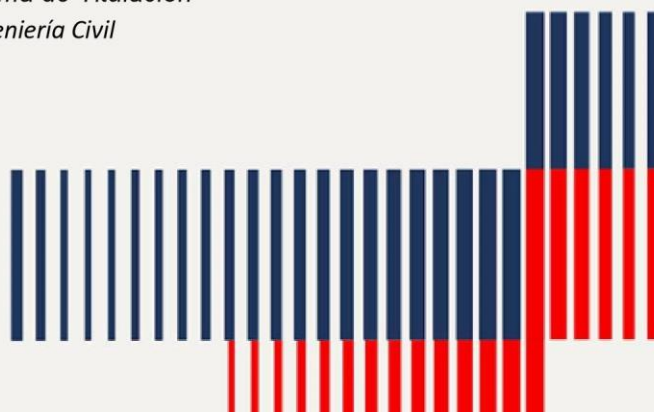
Sin otro particular, me despido de Usted , no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,



Mgtr. Robert Edinson Suclupe Sandoval
Coordinador Nacional del Programa de Titulación
Programa Académico de Ingeniería Civil

cc: Archivo PTUN



ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA


Yo, JOSE CARLITO HURTADO QUEA, identificado (a) con DNI N° 76827017 con domicilio en Jr. Raúl Porras Barrenechea N° 635. en el Distrito de Juliaca Provincia de San Román, departamento de Puno.

DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE

La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de mi proyecto de tesis titulado "Evaluación de riesgos de inundación en áreas agrícolas y viviendas ribereñas por fenómenos hidrológicos de alta intensidad, Azángaro – Puno" de la Universidad Cesar Vallejo.

Puno, 08 de Junio del 2022




.....
Firma del Usuario