



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 08-2024-UNACH/UI/MAST**

- A** : **Mg. Ing. Luis Angel Mozo Cruz.**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.
- ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN y FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET.
- FECHA** : Colpa Matara, 22 de enero del 2024.
- REFERENCIA:** i) Envío de tesis en digital en su versión final  
ii) INFORME N° 004 – 2024 – UNACH- LAMC / conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) INFORME N° 001-2024-UNACH/CEBN-PJ / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) Carta N° 006 – 2024 – ECS– JT – UNACH / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN y FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP 187702

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 22 de enero del 2024.

C.O. N° 08-2024-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN y FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 12% excluyendo citas, bibliografía y fuentes que tengan menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH



# ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://www.repositorio.unach.edu.pe">www.repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Dumfries and Galloway College Trabajo del estudiante	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
6	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del Proyecto Minero Antamina por Incremento de	<1%

# Reservas y Optimización del Plan de Minado.- IGA0013037", R.D. N° 054-2011-MEM-AAM , 2021

Publicación

---

9	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
13	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="https://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %

---

19 **CONSORCIO RECUPERACION ANDAHUAYLAS.** <1 %  
"Plan de Recuperación de Área Degradada por Residuos Sólidos Municipales, como Instrumento de Gestión Ambiental Complementario del Proyecto Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos Cerro San José, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac-IGA0020048", R.G. N° 0237-2021-GM-MPA, 2022  
Publicación

---

20 **repositoriodemo.continental.edu.pe** <1 %  
Fuente de Internet

---

21 **pirhua.udep.edu.pe** <1 %  
Fuente de Internet

---

22 **Submitted to Escuela Politecnica Nacional** <1 %  
Trabajo del estudiante

---

23 **Submitted to Universidad Continental** <1 %  
Trabajo del estudiante

---

24 **Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru** <1 %  
Trabajo del estudiante

---

25 **MARÍA Z FLORES LÓPEZ.** <1 %  
"Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas en el ámbito biogeográfico árido sudcaliforniano"

# (México).", Universitat Politecnica de Valencia, 2016

Publicación

---

26 [tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

27 [web10.unl.edu.ar:8080](http://web10.unl.edu.ar:8080) <1 %  
Fuente de Internet

---

28 Submitted to unasam <1 %  
Trabajo del estudiante

---

29 [sigrid.cenepred.gob.pe](http://sigrid.cenepred.gob.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

30 [repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

31 [repositorio.unach.edu.pe](http://repositorio.unach.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

32 [repositorio.unh.edu.pe](http://repositorio.unh.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

33 [repositorio.unj.edu.pe](http://repositorio.unj.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

34 [vbook.pub](http://vbook.pub) <1 %  
Fuente de Internet

---

35 [www.agrecolandes.org](http://www.agrecolandes.org) <1 %  
Fuente de Internet

---

36 [repositorio.continental.edu.pe](http://repositorio.continental.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

37	<a href="https://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
40	"Estudios regionales: análisis y propuestas de desarrollo económico y social", Universidad del Pacifico, 2021 Publicación	<1 %
41	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
42	<a href="https://larepublica.pe">larepublica.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="https://www.dykinson.com">www.dykinson.com</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %

---

47	Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://dspace.udla.edu.ec">dspace.udla.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://repositorio.udch.edu.pe">repositorio.udch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://www.colimanoticias.com">www.colimanoticias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.essays.se">www.essays.se</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="http://www.mondaq.com">www.mondaq.com</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://cupey.uagm.edu">cupey.uagm.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://docslide.us">docslide.us</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

59	<a href="https://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="https://prdleg.diputados.gob.mx">prdleg.diputados.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="https://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 10 words

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE  
LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023**

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

**Presentado por:**

CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN

FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

Asesor: Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN

**CHOTA - PERÚ**

**2024**





## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN

Código del alumno: 2018051009

Correo electrónico: [2018051009@unach.edu.pe](mailto:2018051009@unach.edu.pe)

Teléfono: 902357684

DNI: 75885113

Apellidos y nombres: FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

Código del alumno: 2018051012

Correo electrónico: [2018051012@unach.edu.pe](mailto:2018051012@unach.edu.pe)

Teléfono: 951688129

DNI: 74547369

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023"

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN


Correo electrónico: [danteciezaleon@gmail.com](mailto:danteciezaleon@gmail.com)

Teléfono: 943450291

D.N.I.: 45028853

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

  
FIRMA: CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN  
DNI. 75885113

  
FIRMA: FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET  
DNI. 74547369

Fecha: 02/02/2024

**ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE  
LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA - CHOTA, 2023**

POR:

CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN

FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de Chota para Optar el Título de  
INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

-----  
**Mg. Ing. Luis Ángel Mozo Cruz**

PRESIDENTE

-----  
**Dr. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez**

SECRETARIA

-----  
**Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez**

VOCAL



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del campus universitario-Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación presentado por los Bachilleres en Ingeniería Civil **Jeremy Jordhan Cieza Rafael** y **Doris Yanet Fernández Mirez**, denominado: “ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA-CHOTA,2023”; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobado

CON EL CALIFICATIVO (\*)

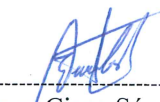
Diecinueve (19)

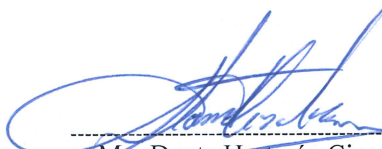
En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 25 de enero del 2024

  
-----  
Mg. Luis Ángel Mozo Cruz  
PRESIDENTE

  
-----  
Mg. Claudia Emilia Benavidez Núñez  
SECRETARIO

  
-----  
Mg. Edwar Cieza Sánchez  
VOCAL

  
-----  
Mg. Dante Hartmán Cieza León  
ASESOR

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: “ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR DESBORDE DE LA QUEBRADA MACHAYPUNGO, CIUDAD DE COCHABAMBA-CHOTA,2023”; presentado por los Bachilleres en Ingeniería Civil **Jeremy Jordhan Cieza Rafael** y **Doris Yanet Fernández Mirez** y sustentada el día de 25 de enero del 2024, por Resolución de Coordinación N°016-2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 30 de enero del 2024

Mg. Luis Angel Mozo Cruz  
PRESIDENTE

Mg. Claudia Emilia Benavidez Núñez  
SECRETARIO

Mg. Edwar Cieza Sánchez  
VOCAL

Mg. Dante Hartman Cieza León  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a todas las personas que me brindaron su tiempo y conocimientos durante esta travesía académica. A mis padres, quienes han sido pilares fundamentales en mi educación. Cada uno de ustedes ha dejado una marca imborrable en mi desarrollo personal y profesional.

Jeremy Jordhan Cieza Rafael

Dedico esta tesis a Dios, a mi familia y a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional y conocimientos para culminar con éxito mis metas propuestas.

Doris Yanet Fernández Mirez

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestra sincera gratitud a quienes aportaron de manera significativa en el desarrollo de esta investigación. Su apoyo, orientación y estímulo fueron fundamentales para alcanzar este objetivo.

También queremos agradecer a nuestro asesor el Mg. Ing. Dante Hartman Cieza León por su valiosa contribución en el desarrollo de este trabajo.

Gracias por formar parte de este importante capítulo de nuestra vida académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Planeamiento del problema .....	15
1.2. Formulación del problema .....	17
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Antecedentes .....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	21
2.1.3. Antecedentes regionales.....	23
2.2. Bases teórico – científicas .....	25
2.2.1. Topografía.....	25
2.2.1.1. Perfil topográfico. ....	25
2.2.1.2. Curvas de nivel.....	26
2.2.1.3. Perfil longitudinal. ....	26
2.2.1.4. Perfil transversal.....	26
2.2.2. Hidrología .....	26
2.2.2.1. Cuencas hidrográficas. ....	27
2.2.2.2. Delimitación de cuenca hidrográfica.....	27
2.2.3. Características de la cuenca .....	28

2.2.3.1.	<i>Tiempo de concentración</i> .....	28
2.2.3.2.	<i>El área.</i> .....	28
2.2.3.3.	<i>Longitud.</i> .....	29
2.2.3.4.	<i>Pendiente.</i> .....	30
2.2.3.5.	<i>Perímetro de la cuenca (P).</i> .....	30
2.2.3.6.	<i>Curva hipsométrica.</i> .....	31
2.2.3.7.	<i>Índice de compacidad (k).</i> .....	31
2.2.3.8.	<i>Factor de forma (F).</i> .....	32
2.2.3.9.	<i>Precipitaciones.</i> .....	33
2.2.3.10.	<i>Período de retorno.</i> .....	33
2.2.4.	<i>Curva Número (CN)</i> .....	33
2.2.5.	<i>Coefficiente de rugosidad de Manning</i> .....	34
2.2.6.	<i>Análisis estadístico de datos hidrológicos del SENAMHI.</i> .....	35
2.2.6.1.	<i>Método Kolmogorov-Smirnov.</i> .....	35
2.2.6.2.	<i>Método racional.</i> .....	36
2.2.6.3.	<i>Método de convolución.</i> .....	36
2.2.7.	<i>Hidráulica.</i> .....	37
2.2.7.1.	<i>Modelamiento hidráulico en HEC RAS.</i> .....	37
2.2.7.2.	<i>Inundación.</i> .....	37
2.2.7.3.	<i>Nivel de peligrosidad.</i> .....	38
2.2.8.	<i>Matriz Saaty</i> .....	39
2.3.	<i>Marco conceptual</i> .....	41
2.4.	<i>Hipótesis.</i> .....	42
2.5.	<i>Operacionalización de variables.</i> .....	42
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO</b> .....		44
3.1.	<i>Tipo y nivel de investigación</i> .....	44
3.1.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	44



3.1.2.	Nivel de investigación.....	44
3.2.	Diseño de investigación .....	45
3.3.	Métodos de investigación.....	46
3.4.	Población, muestra y muestreo.....	46
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	49
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	49
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	50
3.6.1.	Procesos para la obtención de datos.....	50
3.6.2.	Procesamiento de datos.....	50
3.6.3.	Análisis de datos .....	51
3.7.	Aspectos éticos.....	52
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		53
4.1.	Descripción de resultados.....	53
4.1.1.	Delimitación de la cuenca.....	53
4.1.2.	Características geomorfológicas .....	55
4.1.3.	Estudio hidrológico.....	65
4.1.4.	Modelamiento hidráulico .....	84
4.1.5.	Mapas de áreas de inundación .....	90
4.1.6.	Medidas de mitigación frente a las inundaciones .....	113
4.2.	Contrastación de hipótesis.....	116
4.3.	Discusión de resultados .....	117
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		121
5.1.	Conclusiones .....	121
5.2.	Recomendaciones.....	122
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....		123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipología de Cuencas Según el Índice “k” .....	32
<b>Tabla 2.</b> Grupos Hidrológicos del Suelo.....	34
<b>Tabla 3.</b> Método Simplificado para la Determinación del Nivel de Riesgo. ....	40
<b>Tabla 4.</b> Rangos para la Determinación del Nivel de Riesgo. ....	40
<b>Tabla 5.</b> Operacionalización de Variables. ....	43
<b>Tabla 6.</b> Coordenadas UTM de la Quebrada Machaypungo.....	48
<b>Tabla 7.</b> Datos Generales de la Cuenca.....	56
<b>Tabla 8.</b> Desnivel Altitudinal. ....	57
<b>Tabla 9.</b> Formas Geométricas de Cuencas en Hidrográficas .....	57
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de Altitudes de la Cuenca Hidrográfica. ....	58
<b>Tabla 11.</b> Curva Hipsométrica. ....	60
<b>Tabla 12.</b> Resumen de Parámetros Geomorfológicos.....	64
<b>Tabla 13.</b> CN Condiciones Normales. ....	64
<b>Tabla 14.</b> Datos de la Estación Cochabamba.....	66
<b>Tabla 15.</b> Parámetros Estadísticos. ....	68
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Bondad de Ajuste.....	72
<b>Tabla 17.</b> Precipitaciones Máximas del Parámetro Log Pearson Tipo III. ....	74
<b>Tabla 18.</b> Precipitaciones Máximas Corregidos del Parámetro Log Pearson Tipo III. ....	74
<b>Tabla 19.</b> Duración de las Intensidades. ....	75
<b>Tabla 20.</b> Datos de los Hietogramas de Diseño. ....	77
<b>Tabla 21.</b> Caudales de Diseño para los Diferentes Tr.....	84
<b>Tabla 22.</b> Áreas de Inundación y Tirantes Máximos. ....	89
<b>Tabla 23.</b> Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Altura de Inundación.....	103
<b>Tabla 24.</b> Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Pendiente(S).....	103

<b>Tabla 25.</b> Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geología.....	104
<b>Tabla 26.</b> Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geomorfología.....	104
<b>Tabla 27.</b> Matriz de Normalización de Pares de los Factores Condicionantes.....	104
<b>Tabla 28.</b> Matriz de Normalización de Pares del Parámetro de Precipitación (PP).....	105
<b>Tabla 29.</b> Valor de Peligro.....	105
<b>Tabla 30.</b> Resultados de Nivel de Peligro.....	106
<b>Tabla 31.</b> Nivel de Peligrosidad para Determinados Periodos de Retorno.....	106
<b>Tabla 32.</b> Análisis de Varianza.....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Inundaciones Causadas por la Quebrada Machaypungo.....	16
<b>Figura 2.</b> Perfil Topográfico. ....	25
<b>Figura 3.</b> Gráfico de Secciones Transversal. ....	26
<b>Figura 4.</b> Gráfico de Una Delimitación de Cuenca.....	27
<b>Figura 5.</b> Gráfico del Área de Una Cuenca.....	29
<b>Figura 6.</b> Gráfico de la Longitud de Una Cuenca. ....	29
<b>Figura 7.</b> Gráfico del Perímetro de Una Cuenca Alargada y Circular. ....	30
<b>Figura 8.</b> Gráfico de la Curva Hipsométrica.....	31
<b>Figura 9.</b> Parámetros de Factor de Forma.....	32
<b>Figura 10.</b> Gráfico del Periodo de Retorno.....	33
<b>Figura 11.</b> Gráfico de Histograma. ....	36
<b>Figura 12.</b> Esquema de la Investigación. ....	45
<b>Figura 13.</b> Ámbito de Estudio.....	47
<b>Figura 14.</b> Quebrada Machaypungo.....	48
<b>Figura 15.</b> Cuenca del Lugar de Estudio.....	53
<b>Figura 16.</b> DEMS del Satélite Alos Palsar.....	54
<b>Figura 17.</b> DEM Utilizado para el Estudio Geomorfológico.....	54
<b>Figura 18.</b> Delimitación de la Cuenca. ....	55
<b>Figura 19.</b> Relieve de la Cuenca. ....	55
<b>Figura 20.</b> Longitud de Máximo Recorrido. ....	56
<b>Figura 21.</b> Altitud Media de la Cuenca.....	58
<b>Figura 22.</b> Histograma de Frecuencia. ....	59
<b>Figura 23.</b> Clasificación de Altitudes de la Cuenca Hidrográfica. ....	59
<b>Figura 24.</b> Curva Hipsométrica.....	60

<b>Figura 25.</b> Perfil Longitudinal de Cause Principal. ....	61
<b>Figura 26.</b> Red de Drenaje .....	62
<b>Figura 27.</b> Orden de la Red de Drenaje. ....	63
<b>Figura 28.</b> CN de la Cuenca Hidrográfica. ....	65
<b>Figura 29.</b> Estación Cochabamba. ....	66
<b>Figura 30.</b> Histograma del Registro Histórico (PP Máx. 24h).....	67
<b>Figura 31.</b> Distribución Normal.....	68
<b>Figura 32.</b> Distribución Log. Normal 2 Parámetros. ....	69
<b>Figura 33.</b> Distribución Log. Normal 3 Parámetros. ....	69
<b>Figura 34.</b> Distribución Gamma 2 Parámetros. ....	70
<b>Figura 35.</b> Distribución Gamma 3 Parámetros. ....	70
<b>Figura 36.</b> Distribución Log-Pearson Tipo III.....	71
<b>Figura 37.</b> Distribución Gumbel.....	71
<b>Figura 38.</b> Distribución Log- Gumbel. ....	72
<b>Figura 39.</b> Comparación de Distribuciones Teóricas.....	73
<b>Figura 40.</b> Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF).....	76
<b>Figura 41.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 05 Años. ....	78
<b>Figura 42.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 10 Años. ....	78
<b>Figura 43.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 25 Años. ....	79
<b>Figura 44.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 50 Años. ....	79
<b>Figura 45.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 100 Años. ....	80
<b>Figura 46.</b> Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 200 Años. ....	80
<b>Figura 47.</b> Modelo de Simulación en Hec-HMS. ....	81
<b>Figura 48.</b> Parámetros del Modelo de Simulación.....	81
<b>Figura 49.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 05 Años.....	82

<b>Figura 50.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 10 Años.....	82
<b>Figura 51.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 25 Años.....	82
<b>Figura 52.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 50 Años.....	83
<b>Figura 53.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 100 Años.....	83
<b>Figura 54.</b> Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) para un Tr de 200 Años.....	83
<b>Figura 55.</b> Topografía de la Quebrada Machaypungo. ....	84
<b>Figura 56.</b> Perfil Longitudinal de la Quebrada .....	85
<b>Figura 57.</b> Geometría de la Quebrada Machaypungo. ....	86
<b>Figura 58.</b> Geometría y Dirección de Flujo de la Quebrada Machaypungo. ....	86
<b>Figura 59.</b> Condiciones de Contorno. ....	87
<b>Figura 60.</b> Inserción de Datos de Caudales por Cada Tr. ....	87
<b>Figura 61.</b> Coeficientes de Rugosidad. ....	88
<b>Figura 62.</b> Área inundable en un Tr = 05 Años. ....	88
<b>Figura 63.</b> Área de Inundación. ....	89
<b>Figura 64.</b> Tirantes Máximos de Inundación. ....	90
<b>Figura 65.</b> Muros Proyectados y Muros Existentes en la Quebrada Machaypungo .....	114
<b>Figura 66.</b> Area de Descolmatación de la Quebrada Machaypungo.....	115
<b>Figura 67.</b> Gráfica de Línea Ajustada. ....	117

## RESUMEN

En nuestro país debido a las condiciones geográficas y las fuertes precipitaciones las inundaciones pluviales son muy recurrentes, éstas generan una gran cantidad de pérdidas sociales y económicas. Es por ello que la presente investigación tuvo como finalidad analizar e identificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Machaypungo, mediante un enfoque aplicado, mixto y no experimental. Para ello se hizo uso de los programas ArcGIS, Excel, Hidroesta, HEC-HMS, Civil 3D y HEC-RAS. Asimismo, la cueca de la zona de estudio presenta un área de 39.39 km<sup>2</sup>, un perímetro de 32.61 km, tipo de forma amplia y montañosa, con una pendiente de cauce principal de 12.48% y con un tiempo de concentración de 45.61 minutos. Para el análisis hidrológico se tomó los datos registrados de 54 años por el SENAMHI de la estación Cochabamba, donde se obtuvo caudales máximos de diseño de 116.3 m<sup>3</sup>/s, 149.5 m<sup>3</sup>/s, 202.8 m<sup>3</sup>/s, 251.4 m<sup>3</sup>/s, 308.0 m<sup>3</sup>/s, 373.5 m<sup>3</sup>/s y a través de un modelamiento hidráulico se obtuvieron las áreas de inundación de 1.27 ha, 2.08 ha, 3.13ha, 3.81 ha, 4.74 ha, 5.65 ha para los periodos de retorno (Tr) de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años respectivamente. Se concluye que para los diferentes Tr las áreas de inundación afectan a viviendas, vías de comunicación, centros de salud y áreas de cultivo. Además, el nivel de peligro de inundación predominante para el Tr de 05 años es alto y en los periodos de 10 hasta 200 años es de un nivel alto y muy alto.

**Palabras claves:** Quebrada Machaypungo, áreas inundables, desborde, peligro de inundación.

## ABSTRACT

In our country, due to the geographical conditions and heavy rainfall, pluvial floods are very recurrent, generating a large amount of social and economic losses. That is why the purpose of this research was to analyze and identify the areas subject to flooding due to overflow of the Machaypungo stream, through an applied, mixed and non-experimental approach. For this, the ArcGIS, Excel, Hidroesta, HEC-HMS, Civil 3D and HEC-RAS programs were used. Likewise, the basin of the study area has an area of 39.39 km<sup>2</sup>, a perimeter of 32.61 km, a wide and mountainous type, with a main channel slope of 12.48% and a concentration time of 45.61 minutes. For the hydrological analysis, data recorded for 54 years by the SENAMHI from the Cochabamba station were taken, where maximum design flows of 116.3 m<sup>3</sup>/s, 149.5 m<sup>3</sup>/s, 202.8 m<sup>3</sup>/s, 251.4 m<sup>3</sup>/s, 308.0 m<sup>3</sup>/s were obtained. /s, 373.5 m<sup>3</sup>/s and through hydraulic modeling the flooding areas of 1.27 ha, 2.08 ha, 3.13ha, 3.81 ha, 4.74 ha, 5.65 ha were obtained for the return periods (Tr) of 05, 10, 25, 50, 100 and 200 years respectively. It is concluded that for the different Tr the flood areas affect homes, communication routes, health centers and crop areas. Furthermore, the predominant flood danger level for the Tr of 05 years is high and in the periods of 10 to 200 years it is of a high and very high level.

**Keywords:** Quebrada Machaypungo, flood-prone areas, overflowing, danger of flooding.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planeamiento del problema

A nivel general, se realizan gran cantidad de estudios hidráulicos e hidrológicos con el propósito de lograr evaluar las diferentes condiciones que presentan las cuencas hidrográficas que existen en un país (Yang et al., 2022).

Asimismo, estos estudios permiten prevenir en un futuro alguna posible inundación de acuerdo al incremento de sus caudales y así informar y generar una solución para que se cuide la integridad de los pobladores (Huu et al., 2020).

Por lo que existen varios países que han sufrido consecuencias económicas, sociales y ambientales a causa de inundaciones repentinas en estos últimos años, donde se espera que las inundaciones sigan creciendo en un futuro por motivo de la mayor intensidad y frecuencias de las precipitaciones pluviales del cambio climático (Sarfaraz & Kreibich , 2016).

En New York se ha estimado que el crecimiento por inundaciones puede generar el deterioro del 11.7% de las edificaciones considerándose zonas vulnerables (Agonafir et al., 2022). También en la India se indica que el 11% de su territorio se encuentra propensa a inundaciones por existencia de algún desbordamiento del río Mahanadi (Deeptija et al., 2022).

A nivel nacional en el Perú su ubicación geográfica con respecto a la cuenca del pacifico tienen fenómenos de carácter natural que pueden causar desastres ya que su cordillera de los Andes establece peligros de inundación, deslizamientos, huaycos, entre otros, por lo cual se debe monitorear de manera constante y tratar de mejorar y realizar nuevos sistemas encargados que alerten de forma temprana a la población de manera oportuna para su prevención y evitar pérdidas y daños lamentables. Además, las montañas presentan una tendencia de inundación ya que las zonas tienen elevaciones en sus superficies y elevados niveles de erosión, considerando las temporadas de lluvia entre el mes de diciembre-marzo (Goicochea, 2021).

A nivel regional el departamento de Cajamarca es propenso a sufrir fuertes precipitaciones pluviales y con ello produce daños en las viviendas, calles, destrucción y desborde de canales de riego (Ministerio de defensa, 2022).

Asimismo, el desborde de un río puede destruir la plataforma de una carretera cerrando el pase de una ciudad a otra, por lo cual produce el retraso de la entrega de algún producto o mercancía, generando pérdida de tiempo a los pobladores que quieren llegar al otro lado de la ciudad (Machuca, 2022).

A nivel local en el distrito de Cochabamba a consecuencia del incremento de precipitaciones pluviales se ha presentado la activación de la quebrada Machaypungo lo cual ha producido afectación de 10 viviendas, 01 colegio, 01 centros de salud, 01 puente afectado, el 10% de afectación en las redes de agua potable y desagüe (INDECI, 2021).

**Figura 1.**  
*Inundaciones Causadas por la Quebrada Machaypungo*



Nota. Tomado de Indeci (2021).

Es por ello que el presente tema de investigación plantea realizar un análisis y localización de áreas sujetas a inundaciones por desborde de la quebrada Machaypungo en la ciudad de Cochabamba, conociendo que en el lugar de estudio no se cuenta con investigaciones similares.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de riesgo a inundaciones por desborde de la quebrada Machaypungo, Ciudad de Cochabamba - Chota, 2023?

## **1.3. Justificación**

Actualmente en el Distrito de Cochabamba se estima un crecimiento de la población en los recientes años de acuerdo al censo de la INEI en el año 2017 creció a 6441 habitantes de una manera desorganizada y sin planificación urbana, lo que produjo que viviendas y colegios se construyeran cerca de la quebrada Machaypungo, la cual pasa por en medio de la ciudad de Cochabamba, donde en el año 2021 han sufrido un desborde causando daños cuantiosos a causa de las precipitaciones que hicieron que incremente el caudal de las quebradas que alimentan la quebrada en estudio. Asimismo, existen personas que realizan actividades de ganadería y agricultura, sin tomar en consideración los grandes peligros que pueden sufrir al estar expuestos al desborde de dicha quebrada.

La presente investigación es un proyecto único y tiene como finalidad analizar y efectuar la localización de áreas sujetas a inundaciones por desborde de la quebrada Machaypungo, Distrito de Cochabamba, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, la cual mediante un estudio topográfico, estudio hidrológico y modelamiento de los caudales en HEC-RAS se puede definir las áreas inundables en determinados tiempos de retornos.

Es por ello que el presente estudio servirá como fuente de información para la comunidad científica, para nuevos estudios, consultorías, desarrollo de proyectos, etc.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar e identificar las áreas inundables por desborde de la quebrada Machaypungo, Ciudad de Cochabamba - Chota, 2023.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características geomorfológicas de la zona de estudio mediante un modelo de elevación digital.
- Realizar un estudio hidrológico para determinar los caudales máximos conforme a la delimitación de la cuenca de estudio.
- Elaborar un modelamiento hidráulico con los periodos de retorno de 05, 10, 25 50, 100 y 200 años.
- Determinar los mapas de áreas de inundación en los periodos de retorno de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años.
- Proponer medidas de mitigación de riesgo frente a inundaciones para el lugar de estudio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Planas et al. (2020) a través del artículo nombrado “Causas y soluciones para mitigar las inundaciones en la ciudad de Port de Paix, departamento del noreste, República de Haití”, tuvieron como finalidad identificar las causas de inundaciones por desborde de río y brindar propuesta de solución de acuerdo a las causas encontradas. La metodología es cuantitativa, donde realizan una compilación de todos los datos conexos con el lugar de estudio, luego se especifica la zona a estudiar, se hace un recorrido de las áreas afectadas por la cuenca, seguido se hace un análisis de flujo hídrico y finalmente se elabora la propuesta de solución. Donde tuvieron como resultado un área de inundación de 27.5% en una etapa de retorno de 100 años, asimismo se propone hacer la reforestación alrededor de la cuenta de 204 ha como un muro de contención natural. Concluyeron que el incremento del caudal de la cuenca va seguir en crecimiento por lo que se propone implementar una de las medidas de solución brindadas por la investigación para evitar peligros de inundaciones abarcando al lugar de estudio.

Ndidi et al. (2022) a través de su artículo titulado “Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria” tuvieron como finalidad elaborar una propuesta de modelados hidráulicos e integrados con operaciones técnicas analíticas para fortalecer las debilidades de los modelos individuales. La metodología fue determinar el área a estudiar mediante el programa Arcgis, luego modelar la zona a estudiar en el software Hec-Ras y luego realizar una investigación para evaluar las zonas de riesgo mediante determinadas magnitudes. Donde obtuvieron como resultado que para los tiempos de retorno abarcando 100 años 14 establecimientos de salud y 15 escuelas se encuentran en un nivel muy alto, 147 establecimientos de salud y 187 escuelas se encuentran en un nivel moderado y 1

establecimiento de salud y una escuela se encuentran en un nivel muy bajo. Donde concluyeron que el 48.2% de área se encontraría en peligro por inundación.

Gulam et al. (2021) en su artículo titulado “Runoff prediction of Surma basin by curve number (CN) method using ARC-GIS and HEC-RAS” tuvieron como propósito brindar indicaciones del HR2D sobre el rendimiento del incremento de las lluvias en cuencas naturales. La metodología fue realizar un cálculo de la esorrentía en los años 1975 hasta el 2017, luego estimar para periodos de retornos abarcando 200 años al caudal mediante el método racional. Donde obtuvieron como resultado que para 5 años un área de inundación de 6.42%, de 10 años de 6.55%, de 25 años de 6.70% y para 50 años de 6.88%. Donde concluyeron que conforme incrementa el tiempo de retorno el área de inundación será más grande por lo cual se plantea una propuesta de diseño de gaviones.

Goria et al. (2019) en artículo titulado “Characterizing urbanization impacts on floodplain through integrated land use, hydrologic, and hydraulic modeling” tuvieron como finalidad presentar un enfoque para lograr cuantificar las contribuciones de la urbanización futura mediante el estudio de las cuencas que se encuentre alrededor de ella. La metodología que utilizaron fue primero determinar el periodo de retorno a estudiar, luego conseguir información de la cuenca y data pluviométrica para finalmente realizar el análisis estadístico para estimar el caudal para periodos de retornos abarcando 100 años ósea desde el 2011 al 2050. Donde obtuvieron como resultado que la extensión de la cuenca para el año 2050 tendrá un 12,5% más de lo que presenta actualmente. Donde concluyeron que conforme pasen los años la cuenca aumentará su extensión e incrementará su caudal poniendo en peligrosidad del pueblo que reside cerca de ella.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Peña (2022) por medio de su investigación titulada “Evaluación del riesgo por inundación debido al desborde del Río Corral del medio en los centros poblados ingenio de Buenos Aires y Pampa Flores del Distrito de Buenos Aires Morropón – Piura” llegó a tener de propósito efectuar evaluaciones hidráulicas e hidrológicas por medio del modelado matemático de IBER con el propósito de efectuar el hallazgo de los posibles riesgos en el lugar de estudio. La metodología de estudio llegó a ser aplicada, descriptivo y no experimental. Alcanzó por resultado en sus parámetros geomorfológicos una cuenca de 357.40 km<sup>2</sup> de área, longitud de 30.440 kilómetros y anchos de 21.820 kilómetros, con un factor de forma de 0.39 y una extensión de escurrimiento de 459.36m. Por otra parte, se obtuvo como máximos caudales un para un periodo de retorno  $Tr\ 50 = 596.30\ m^3/s$ ,  $Tr\ 100 = 690.80\ m^3/s$ ,  $Tr\ 200 = 796.10\ m^3/s$  y  $Tr\ 500 = 953.60\ m^3/s$ . En cuanto a la evaluación de riesgos obtuvo que existen 55 viviendas que bordean la quebrada que se encontraría comprometidas en el nivel conforme a erosión muy alto, abarcando al nivel alto 236 edificaciones y nivel medio y bajo unas 40 viviendas. Concluyó que es importante la evaluación de riesgos a causa del desborde de un río dado que permite informar los civiles que se hallan en el lugar de estudio y así prevenir daños y muertes humanas.

Loyola (2019) por medio su investigación titulada “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad” poseyó por fin estudiar los niveles de riesgos por inundación, producido a raíz de las quebradas de los cauces del Río Grande. Empleó por enfoque-cuantitativo con nivel descriptivo. Donde obtuvo como resultado que los peligros a raíz de inundaciones de índole alta es desde el Puente Candopa hasta Cumbicus con un 75%, en nivel alto del 10% desde el Puente Chan hasta

Cumbicus. Concluyó que la población que se encuentra a los alrededores del Río Grande presenta un alto grado de vulnerabilidad a raíz de las inundaciones.

Aguirre (2021) por medio de la investigación titulada “Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de Namballe como consecuencia del desborde del Río Namballe en épocas de fuertes lluvias mediante el uso de modelos matemáticos” tuvo como finalidad realizar un estudio de las vulnerabilidades y peligros por desbordamientos de aguas en el lugar de estudio. Empleó por metodología de cuantitativo y no experimental. Alcanzó por resultado respecto al área fue de 479.500 km<sup>2</sup>, perímetros abarcando 114.470 km, factores de forma abarcando 0.22 y la longitud de la cuenca de 51.26 km<sup>2</sup>. Donde obtuvo como caudales según el periodo de retorno (Tr) 500 años = 866.600 m<sup>3</sup>/s, 200 años = 655.800 m<sup>3</sup>/s, 100 años = 529.300 m<sup>3</sup>/s, 50 años = 420.200 m<sup>3</sup>/s, 10 años = 232.500 m<sup>3</sup>/s, 05 años = 176.600 m<sup>3</sup>/s y 2 años = 119.100 m<sup>3</sup>/s. Por otra parte, obtuvo que para los periodos de retornos abarcando 2,5 y 10 años iba a tener un riesgo de peligro bajo, para los 50,100 años iba a tener un riesgo de peligro medio y para los 200 y 500 años tendría un nivel alto de riesgo. Concluyó que para el periodo de 100 años el riesgo de inundación es bastante considerable lo cual puede producir peligros a los domicilios y construcciones que se localizan alrededor del lugar de estudio.

Villalobos y Diaz (2021) en su investigación nombrada “Estudio de inundación por efectos del desborde del río Amojú, aplicando los modelos matemáticos HEC-RAS y HEC-HMS en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén provincia de Jaén, departamento de Cajamarca” donde tuvieron como finalidad efectuar la revisión hidráulica e hidrológica con el propósito de generar la obtención de los mapas de desbordamientos de aguas a causa de los desbordes del Río Amojú en el lugar de estudio con los programas de HEC-RAS y HEC-HMS. La metodología es de tipo aplicado y de nivel descriptivo. Donde obtuvieron como resultado que con el uso de los programas en conformidad a la etapa de 500 años arrojó por caudal 210 m<sup>3</sup>/s



y una cuenca con una zona de 150.51 km<sup>2</sup> y un perímetro correspondiente a la cuenca 56.64 kilómetros. Concluyeron que existe un área de inundación para los 500 años de 4.2 ha.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Chávez y Tucto (2021) por medio de la investigación titulada “Identificación de zonas inundables por la quebrada Ingamayo, Caserío Agopampa - Propuesta de mejoras estructurales” tuvo como finalidad alcanzar el conocimiento sobre las áreas inundables por desbordamientos respecto a la quebrada Ingamayo , para luego dar una propuesta de mejora estructural. La metodología de enfoque cuantitativo y de nivel experimental. Donde tuvo como resultado los siguientes caudales máximos para un TR 10 años= 19.9000 m<sup>3</sup>/s, 25 años = 22.4000 m<sup>3</sup>/s, 50 años = 24.1000 m<sup>3</sup>/s, 100 años = 25.8000 m<sup>3</sup>/s, 500 años = 29.50 m<sup>3</sup>/s, para la cual para 25 año afecta a 1.06 ha, para 25 años 1.33 ha, para 50 años 1.42 ha, para 100 años un área de 1.63 ha, para 140 años un área 3.42 ha y para 500 años un área de 4.72 ha. Concluyó que mientras el pasar de los años el caudal máximo incremente y si existiera un desbordamiento afectaría a más área de las poblaciones cercanas a esta quebrada.

Alarcón y Gonzáles (2022) en su investigación titulada “Determinar las zonas de inundación por máxima avenida de la quebrada zanja honda en el Asentamiento Humano de Fila - Alta, Distrito Jaén, Provincia Jaén – Cajamarca” tuvieron como finalidad determinar las áreas inundadas en el asentamiento humano del lugar de estudio. El estudio fue no experimental y cuantitativa. Donde obtuvieron por caudales máximos para un Tr igual a 25 años= 19.87 m<sup>3</sup>/s, 50 años= 25.037 m<sup>3</sup>/s, 100 años= 30.50 m<sup>3</sup>/s y 200 años= 36.27 m<sup>3</sup>/s, por otro lado, se obtuvo como resultado una cuenca hidrográfica de área de 11.171 km<sup>2</sup>, longitud abarcada a 2.200 kilómetros y por pendiente un 8.5100%. Concluyeron que el periodo de retorno que abarca más área de inundación es el de 200 años con un área de inundación de 36.27 m<sup>3</sup>/s.

Peña y Núñez (2020) en su investigación titulada “Áreas de inundación de la quebrada Pindo, al centro poblado Perico, Distrito Chirinos, Provincia San Ignacio – Cajamarca”

tuvieron como la meta de decretar las zonas de desbordamientos de agua en el espacio a estudiar. El estudio tiene un enfoque cuantitativo y aplicada. Donde obtuvieron por resultados que los caudales máximos con un Tr igual a 25 años= 56.061 m<sup>3</sup>/s, 50 años= 69.877m<sup>3</sup>/s, 100 años= 85.059m<sup>3</sup>/s y 200 años= 101.648 m<sup>3</sup>/s, y también las siguientes áreas de inundación 25 años= 18058.055 m<sup>2</sup>, 50 años= 20512.277 m<sup>2</sup>, 100 años= 21760.196 m<sup>2</sup> y 200 años= 24488.547 m<sup>2</sup>. Concluyeron que mientras el pasar de los años el caudal máximo incrementa y si existiera un desbordamiento afectaría a más área de las poblaciones cercanas a este río, donde el área más crítica es para dentro de 200 años con un área afectada de 24488.547 m<sup>2</sup>.

Cabe mencionar que CENEPRED (2018) en el informe titulado “Informe de evaluación de Riesgo por inundación pluvial en el sector A – Norte, Distrito de Llama, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca” se planteó de objetivo abordar el estudio de los niveles de riesgo correspondientes a las inundaciones en el sector. Este estudio se realizó bajo una metodología cuantitativa, utilizando herramientas especializadas en la estación de muestreo situada en el distrito de Llama. Los resultados de esta investigación destacan que la vulnerabilidad por inundaciones en el sector es alta, identificándose 34 viviendas con este tipo de vulnerabilidad, además 91 viviendas con vulnerabilidad media. Respecto al nivel de riesgo definido, se determinó que 1 vivienda se encuentra en riesgo muy alto y 124 viviendas se encuentran con riesgo alto, y frente a eventuales inundaciones las pérdidas económicas ascienden a los S/. 3 694 700 nuevos soles. De igual importancia se determinó que la tolerancia al riesgo es 2 por lo cual es preciso implementar medidas para la gestión de riesgos.

## 2.2. Bases teórico – científicas

### 2.2.1. Topografía

La topografía como método para tomar dimensiones de ángulos y longitudes en áreas del terreno de dimensiones reducidas como para ignorar el impacto de la curvatura de la tierra, que posteriormente serán procesados para conseguir coordenadas de puntos, gráfica y numérica, según la demanda de obra (Belette et al., 2020).

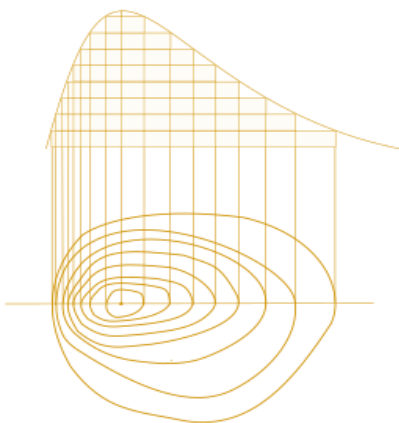
Dentro de la topografía tenemos la altimetría que es la encargada de estudiar los diversos métodos para medir la altura de los diferentes niveles del terreno, recibiendo siempre como criterio de un valor base. Por otro lado, también se tiene a la planimetría que es la encargada de representar a una escala el área de estudio sobre una superficie plana, la cual permite localizar el lugar en planta en el eje “X” y “Y” (MTC, 2018).

#### 2.2.1.1. Perfil topográfico.

Un perfil topográfico representa un corte de sección a lo largo del tramo de una línea proyectada en un mapa determinado. Para un mejor entendimiento es como si se cortara una fracción de terreno y se aislará del resto para analizarla de una mejor manera (Belette et al., 2020).

#### **Figura 2.**

*Perfil Topográfico*



*Nota.* Tomado de Mendoza (2020).

### 2.2.1.2. Curvas de nivel.

Efectúa la representación de las alturas del terreno fraccionando la superficie topográfica en planos paralelos a un plano horizontal de comparación, denominado plano de nivel. Dicho plano contiene equidistancias e intercepciones que con la superficie topográfica establecen las curvas de nivel (Peralta et al., 2020).

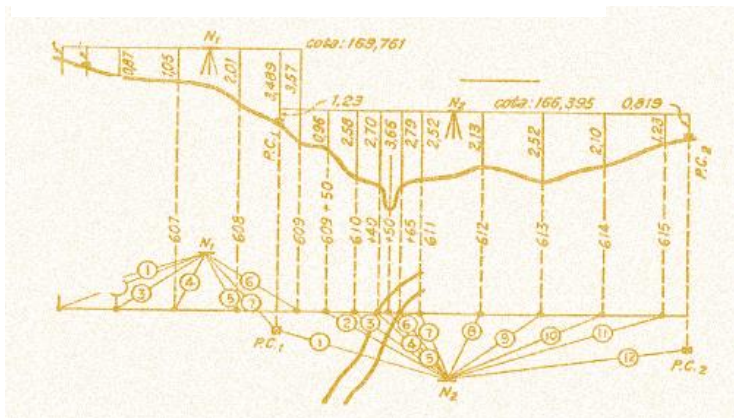
### 2.2.1.3. Perfil longitudinal.

Una sección longitudinal es una representación gráfica de una sección de terreno formada por un plano vertical que contiene el eje lineal de trabajo. En este perfil, la altura alcanzable o línea teórica está relacionada altimétrica mente con la pista real o línea del terreno (Coelho et al., 2020).

### 2.2.1.4. Perfil transversal.

El perfil transversal es el modelo de las secciones que se ve proyectado en un resultado lineal al dividir los planos perpendicularmente al eje de dicho plano y que hace referencia trazado en alzado (Pineda, 2019).

**Figura 3.**  
Gráfico de Sección Transversal



Nota. Tomado de Mendoza (2020).

## 2.2.2. Hidrología

Este término pertenece a una de las ciencias que analiza el origen, transporte y distribuciones del agua en la Tierra, sus propiedades mecánicas, y su vínculo con el entorno

ambiental, englobando la naturaleza. El campo de esta rama abarca toda la cronología del agua en el planeta (Vásconez et al., 2019).

#### **2.2.2.1. Cuencas hidrográficas.**

Una cuenca hidrológica es una unidad territorial natural que recibe precipitación, a través de la cual se transportan las escorrentías y escurrimientos hasta la desembocadura del cauce principal, en un área delimitada por límites topográficos (Betanzos-Vega et al., 2019).

#### **2.2.2.2. Delimitación de cuenca hidrográfica.**

La delimitación de las cuencas hidrológicas se logra trazando una línea alrededor de las cimas de las montañas dentro del área de investigación, este proceso permite establecer el contorno y superficie de las cuencas que deben ser analizadas. Conforme pasen los años la cuenca aumentará su extensión e incrementará su caudal poniendo en peligrosidad del pueblo que reside cerca de ella, cuando se incremente el tiempo de retorno el área de inundación será más grande por lo cual se deberá plantear una propuesta de diseño de gaviones. En consecuencia, se caracteriza por la altitud y el punto más bajo del lecho fluvial (Gutiérrez-López & Aparicio, 2019).

**Figura 4.**  
*Gráfico de Una Delimitación de Cuenca*



*Nota.* Tomado de (Vásconez et al., 2019).

### 2.2.3. Características de la cuenca

#### 2.2.3.1. Tiempo de concentración

Se trata del tiempo más corto que llega a necesitarse a fin de que gran parte de los puntos de ciertas cuencas contribuyan con flujo de agua de escorrentía de forma simultánea hacia un punto de salida (Villon, 2000).

Donde existen varios métodos que tiene por fin la determinación del tiempo de concentración las más resaltantes son:

#### **Kirpich**

$$tc = 0.000325 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Siendo:

$t_c$  (hr): Tiempo de concentración

L (m): Longitud del cauce principal

S (m/m): Pendiente

#### **California**

$$tc = \left( \frac{0.871 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Siendo:

$t_c$  (hr): Tiempo de concentración

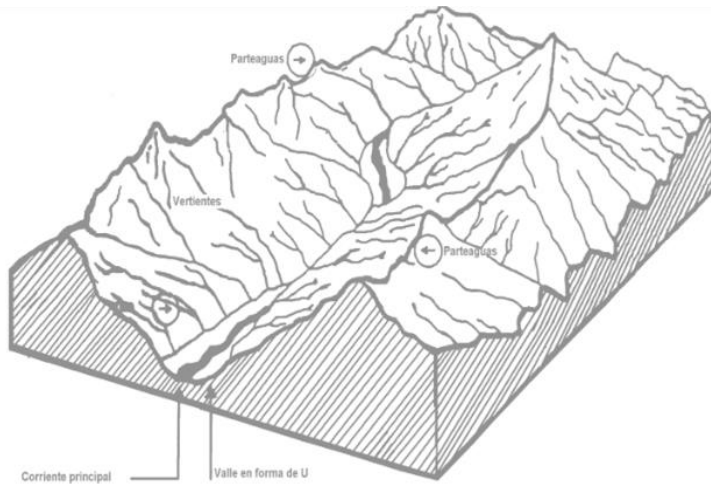
L: Longitud de la cuenca

H (m): Desnivel altitudinal

#### 2.2.3.2. El área.

Este término en correspondencia a las cuencas se determina por medio del área de terreno total, plasmada en planos de manera horizontal, que proporciona el flujo superficial para una sección de canal en un nivel dado, incluidos todos los tributarios de nivel inferior (Junk et al., 2020).

**Figura 5.**  
*Gráfico del Área de Una Cuenca*



*Nota.* Tomado de (Del Valle et al., 2019).

### **2.2.3.3. Longitud.**

Se define como el recorrido directo que sigue un camino paralelo al curso principal del cauce. En la mayoría de los casos, el cauce principal no logra extenderse hasta el borde completo de la cuenca. Siendo de necesidad trazar un esquema que vaya desde el punto de inicio del cauce hasta la periferia de la cuenca, siguiendo la vía más lógica para el flujo del agua de lluvia (Moreira et al., 2019).

**Figura 6.**  
*Gráfico de la Longitud de Una Cuenca*



*Nota.* Tomado de (Jiménez-Segura & Lasso, 2020).

#### 2.2.3.4. *Pendiente.*

Se pueden encontrar diversos métodos y fórmulas a fin de encontrar la pendiente de una cuenca. Por ello se muestra una fórmula como la más simple, lo cual no indica que sus valores sean del todo precisos. La pendiente media resulta del cociente entre el desnivel que viene hacer la resta entre la elevación en su mayoría alta e igualmente la que más destaca por ser baja, dicho resultado dividido entre la longitud de la cuenca (Mazzitelli, 2021).

$$S = G / L$$

Siendo:

L: Longitud de cuenca

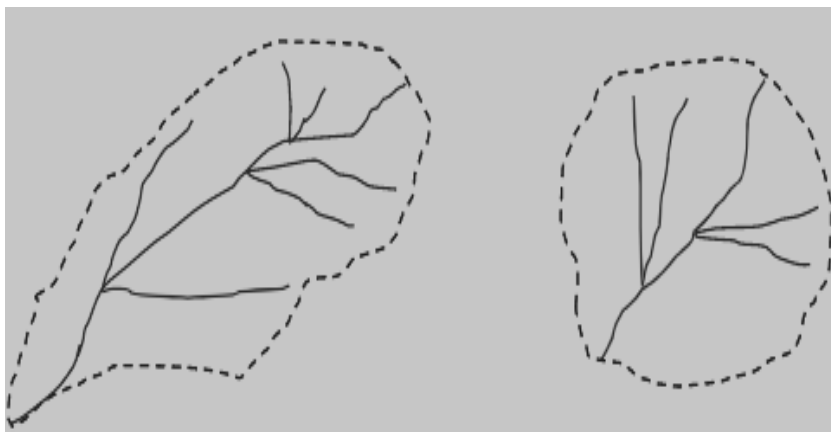
G: Desnivel altitudinal de cuenca

#### 2.2.3.5. *Perímetro de la cuenca (P).*

Este término se define por su forma del área en que se localiza, por tal motivo hay una desigualdad notable en las cuencas extendidas, donde sus resultados del perímetro son superiores al de las cuencas circulares (Guerrero et al., 2021).

#### **Figura 7.**

*Gráfico del Perímetro de Una Cuenca Alargada y Circular*



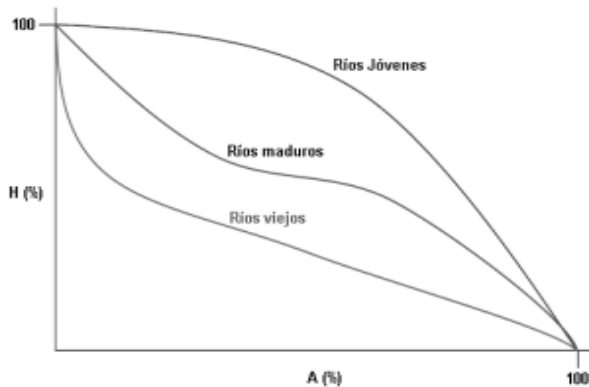
*Nota.* Elaboración propia.



### 2.2.3.6. Curva hipsométrica.

Dicho cuerpo presenta las modificaciones de la captación de agua de la zona en concordancia con la elevación de la cuenca, además de ello las cifras son plasmadas en (m), empezando desde la cota con menor altitud (Jiménez-Segura & Lasso, 2020).

**Figura 8.**  
Gráfico de la Curva Hipsométrica



Nota. Tomado de (Del Valle et al., 2019).

### 2.2.3.7. Índice de compacidad (k).

Del Valle et al. (2019) mencionan que el índice de compacidad determina la correlación entre el contorno de las cuencas y la circunferencia del círculo, teniendo en cuenta el área correspondiente. Se emplea para señalar y detallar como está estructurada la cuenca. Con relación a las particularidades del hidrograma, la cual está representada por la siguiente expresión:

$$k = (0.28) \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \text{ ----- } ii$$

Siendo:

A : Área de la cuenca

P : Perímetro de la cuenca

**Tabla 1.***Tipología de Cuencas Según el Índice "k"*

Tipo de compacidad	Rangos de Kc
De oval oblonga a rectangulares oblongas	1.5000-1.7500
De oval redonda a ovaes oblongas	1.2500-1.5000
Redonda a ovaes redondas	1-1.2500

*Nota.* Adaptado de (Guerrero et al., 2021).**2.2.3.8. Factor de forma (F).**

La conducta hidrológica de una cuenca llega a ser expresada por su geometría. Por tal motivo, las cuencas hidrográficas con formas similares pero diferentes tienen un comportamiento hidráulico opuesto aun teniendo la misma cantidad de precipitación. Mientras el pasar de los años el caudal máximo incrementa y si existiera un desbordamiento afectaría a más área de las poblaciones cercanas a este río. Este factor también posibilita medir la trascendencia alrededor de la crecida del cauce, de manera que en la expresión se da sobre lo que relaciona al área y la longitud del factor de consideración "F", el cual se indica en la siguiente fórmula (Enrique et al., 2018).



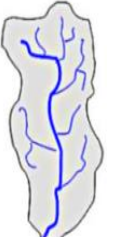

$$F = \left( \frac{A}{L^2} \right) \text{----- } iii$$

Siendo:

L= Longitud de la cuenca

A= Área de la cuenca

**Figura 9.***Parámetros de Factor de Forma.*

0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
			

*Nota.* Tomado de MTC (2008).

### 2.2.3.9. Precipitaciones.

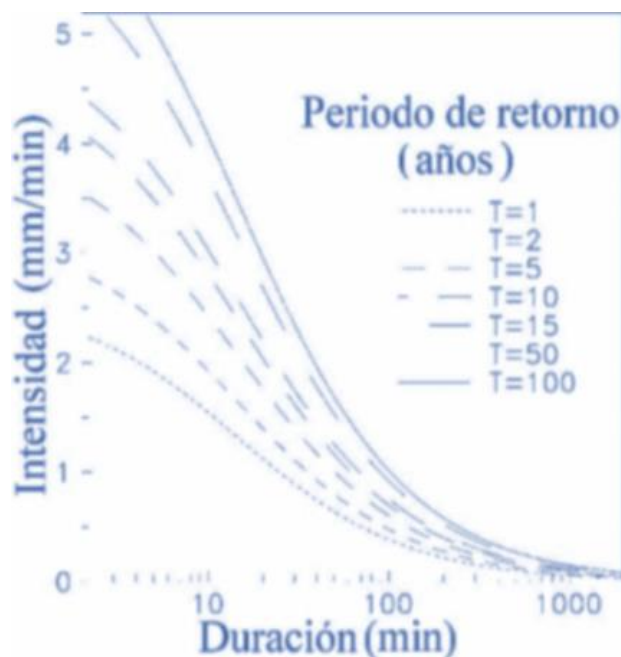
Uno de los propósitos de la hidrología es determinar la escorrentía directa que es causada por una precipitación en un establecido lugar. Cuando se sabe la dirección de las precipitaciones de una cuenca y se considera los daños, se consigue la precipitación efectiva; luego de saber esta cantidad se debe modificar a escorrentía o caudal (Alemán-Sancheschúlz et al., 2019).

### 2.2.3.10. Período de retorno.

Se alude en que el caudal máximo de un cuerpo de agua en particular arroja nuevamente estos niveles de agua, ya que tiene una concordancia con las condiciones climáticas que se dan cada año. Al tener en cuenta los periodos de retorno de las cuencas hidrográficas nos posibilitan fijar niveles de confianza para eventos de peligro (Espinosa-Rodríguez et al., 2019).

#### Figura 10.

Gráfico del Período de Retorno



Nota. Tomado de (Olcina & Oliva, 2019).

### 2.2.4. Curva Número (CN)

Número de curva (CN) es la denominación del mecanismo que tiene por fin efectuar el cálculo de las abstracciones cuando se recibe un evento de tormenta. Siendo este mismo uno

de los enfoques creados en 1972 por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

El descuento está condicionado por tres variables principales:

- La textura del suelo.
- La utilización del suelo y su cobertura.
- La humedad previa del suelo.

La cifra correspondiente al CN (adimensional), que se utiliza de manera directa en el cálculo de la precipitación efectiva, está determinado por los tres componentes descritos anteriormente (Corredor & Peñaranda, 2012).

CN tiene un rango teórico de 0 a 100 (no es un valor porcentual), aunque es raro que sea inferior a 20 y alcance un valor de 100 (suelos totalmente impermeables) (Corredor & Peñaranda, 2012).

**Tabla 2.**  
*Grupos Hidrológicos del Suelo*

Grupo Hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Texturas
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración mayor a 76 mm/h	Arenosa
B	Moderada	Capacidad de Infiltración entre 76 y 38 mm/h	Arenosa-limosa Franca Franco-arcillosa- arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración entre 36 y 13 mm/h	Franco-arcillosa Franco -arcillo -limosa Arcillo -Arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración menor a 13 mm/h	Arcillosa

Nota. Obtenido de Roa y Kearney (2013).

### 2.2.5. Coeficiente de Rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad, es un parámetro que se utiliza para describir la resistencia al flujo de un canal abierto, como un río, un arroyo o un conducto. Este coeficiente es fundamental en la fórmula de Manning, que se utiliza a fin de efectuar el cálculo de la velocidad del flujo en función de la pendiente del canal y otras propiedades (Fernández et al., 2020).

La fórmula de Manning se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Siendo:

V : Velocidad del flujo en el canal

R : Radio hidráulico del flujo

n : Coeficiente de Manning (coeficiente de rugosidad)

S : Pendiente

El coeficiente de Manning (n) es una de las medidas de rugosidad del canal y varía dependiendo de la superficie y la geometría del canal. Los valores típicos de n van desde 0.01 para canales muy lisos (por ejemplo, hormigón pulido) hasta 0.1 o más para canales con vegetación densa o lecho rocoso. El criterio de Ven Te Chow es un enfoque ampliamente utilizado en hidrología e ingeniería hidráulica para estimar y seleccionar valores apropiados de n para diferentes tipos de canales y condiciones de flujo (Fernández et al., 2020).

## **2.2.6. Análisis estadístico de datos hidrológicos del SENAMHI.**

### **2.2.6.1. Método Kolmogorov-Smirnov.**

Este enfoque implica vincular la distribución de la variable que se compara utilizando un modelo teórico, que depende de la expresión de xi. Dado ello, cuando decimos FO(XM), estamos señalando que la distribución de probabilidad vista, F(XM), es igual a la probabilidad de evaluación (Cavalcante et al., 2019).

$$\Delta = \max |f_o(xm) - f(xm)| \text{ ----- } xi$$

Siendo:

$\Delta$  = Estadístico.

Fo (xm) = Distribución de probabilidad observada.

max = Diferencia mayor o máxima.

F (xm) = Probabilidad de evaluación.

### 2.2.6.2. Método racional.

Para aplicar el método racional, se requiere que la superficie de estudio no exceda los 3 km<sup>2</sup>. A fin de determinar el caudal, se efectúa teniendo de consideración el coeficiente de escorrentía, la intensidad de lluvia y el área de drenaje, siendo esta descrita en la expresión XIV. En esta fórmula, "Q" representa el caudal máximo en m<sup>3</sup> por segundo, "i" corresponde a la intensidad de precipitación en mm por hora, "Aj" es el área de drenaje de la subcuenca en km<sup>2</sup>, "Cn" representa el factor de escorrentía y "m" denota el número de subcuencas involucradas (Cavalcante et al., 2019).

$$Q = 0,278 \times i \sum_{j=1}^m C_n \times A_n \text{ ----- xiv}$$

Siendo:

Q: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/seg).

Cn: Factor de escorrentía.

i: intensidad de lluvia (mm/h).

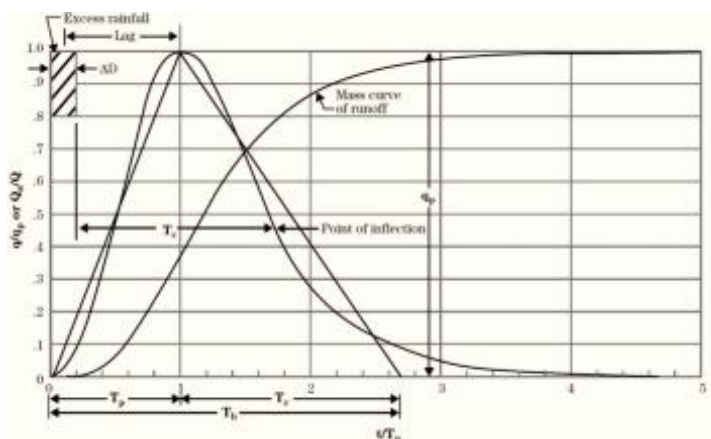
m: Cifra de subcuencas.

### 2.2.6.3. Método de convolución.

Como se muestra en la norma CE.040, es adecuado para cálculos de caudal en áreas mayores de 3 kilómetros cuadrados. Debido al alto nivel de heterogeneidad en cuencas grandes, este método utiliza hidrogramas de caudal unitario (Vargas-Garay et al., 2019).

**Figura 11.**

*Gráfico de Histograma*



Nota. Tomado de (Vargas-Garay et al., 2019).

## **2.2.7. Hidráulica**

### ***2.2.7.1. Modelamiento hidráulico en HEC RAS.***

Los parámetros hidráulicos de los perfiles y canales de agua se pueden calcular fácilmente usando el software HEC-RAS. El software nos posibilita desarrollar cálculos de superficie de agua con descarga gradual. El método utilizado puede ser un solo río o una red de cursos de agua. Los componentes de investigación de flujo pueden estudiar regímenes subcríticos, supercríticos o una combinación de ambos (Timuro & Dinka, 2021).

### ***2.2.7.2. Inundación.***

Enrique et al. (2018) mencionan que para que se pueda dar una inundación sólo necesitamos un caudal más alto de lo normal en un mes dado. Existen varios tipos de inundación entre los cuales tenemos:

#### ***Inundaciones dinámicas.***

Tiene lugar en espacios hídricos con pronunciadas pendientes, donde la intensidad de las precipitaciones es uno de los factores determinantes en la crecida del flujo de agua. Como resultado, las inundaciones surgen de manera abrupta y son de carácter transitorio. No obstante, este patrón de inundaciones constituye la principal amenaza para los habitantes y causa un impacto significativo en la infraestructura debido a su rápida respuesta. (Morote & Souto, 2020).

#### ***Inundaciones estáticas.***

Este patrón de desbordamiento está asociada a lluvias prolongadas y resistentes, lo que induce que el caudal del cuerpo de agua aumente hasta llenar su volumen, debido a esta saturación el río se inunda y por tanto se inicia el proceso de inundación en las áreas aledañas, cabe aludir que estas zonas se denominan llanuras de inundación (López , 2021).

### ***Inundaciones pluviales.***

En cuanto al riesgo de inundación, es uno de los tipos de inundación que se forma en base al depósito de agua, la cual es originado por las lluvias de fuerte intensidad durante días cortos o lluvias moderadas durante los días largos. En ambas situaciones, la precipitación ocurre en suelos con baja capacidad de absorción, dado ello se incrementa el peligro de inundaciones. (Olcina & Oliva, 2019).

### ***Inundaciones fluviales.***

En el enfoque de inundación, parece ser claramente el resultado del desbordamiento de una fuente de agua, como un arroyo o riachuelo. La crecida del caudal y volumen de agua conduce al abarrotamiento de su capacidad de traslado del agua. Cabe referir que el nivel del río sube por el excedente de las imprudencias en la parte superior de la cuenca (López , 2021).

#### ***2.2.7.3.Nivel de peligrosidad.***

##### ***Muy alto.***

En esta categoría de riesgo, existe una probabilidad significativa de que se produzcan daños súbitos en las estructuras. Aunque estos incidentes suelen tener una magnitud relativamente baja, se caracterizan por su intensidad o frecuencia elevadas. En este contexto, las personas que se encuentren fuera de los edificios corren un riesgo considerable. (Castañeda et al., 2021).

##### ***Alto.***

Hay riesgo para la seguridad de las personas cuando se encuentran fuera de la construcción; sin embargo, esto cambia si están dentro de su residencia, siempre y cuando la estructura llegue a cumplir con los estándares sísmicos apropiados para la zona donde se ubica (Castañeda et al., 2021).



### ***Medio.***

Las lesiones que pueden sufrir las personas son de gravedad moderada. La edificación puede experimentar daños estructurales que, en ocasiones, son de moderada magnitud e incluso pueden pasar desapercibidos. No obstante, es importante destacar que, dentro de la vivienda, estos daños podrían ser significativos (Castañeda et al., 2021).

### ***Bajo.***

El riesgo para la integridad de las personas y sus bienes es de escasa importancia, con una probabilidad de ocurrencia muy baja (Castañeda et al., 2021).

## **2.2.8. Matriz Saaty**

La Matriz de Saaty es una herramienta desarrollada por Thomas L. Saaty y se utiliza en el contexto del método AHP (Analytic Hierarchy Process) para abordar problemas de toma de decisiones multicriterio. AHP es una técnica que ayuda a evaluar y comparar alternativas cuando se tienen múltiples criterios a considerar, lo que es especialmente útil en situaciones de toma de decisiones complejas.

Cuando hablamos de la Matriz de Saaty de Riesgo, nos referimos a su aplicación específica para evaluar y comparar diferentes riesgos en función de ciertos criterios o subcriterios de importancia. La matriz se utiliza para capturar las preferencias subjetivas del tomador de decisiones con respecto a la importancia relativa de los riesgos en función de criterios específicos.

### **Matriz de riesgo**

También conocida como matriz de evaluación de riesgos o matriz de riesgos y controles, es una de las herramientas empleadas a fin de efectuar la evaluación y visualizar los riesgos asociados con un proyecto, proceso o situación en particular. La matriz permite

identificar y efectuar el análisis de la probabilidad y el impacto de los riesgos, así como establecer estrategias para gestionarlos.

**Tabla 3.**

*Método Simplificado para la Determinación del Nivel de Riesgo*

PMA	0.5030	0.0340	0.0670	0.131	0.253
PA	0.260	0.0180	0.0350	0.068	0.131
PM	0.1340	0.0090	0.0180	0.035	0.067
PB	0.0680	0.0050	0.0090	0.018	0.034
		0.068	0.1340	0.26	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Nota. Obtenido de SIGRID (2015).

Los siguientes márgenes se han fijado para todos los niveles de riesgo:

**Tabla 4.**

*Rangos para la Determinación del Nivel de Riesgo*

<b>Riesgo Muy Alto</b>	$0.0680 \leq R < 0.2530$
<b>Riesgos Altos</b>	$0.0180 \leq R < 0.0680$
<b>Riesgo Medio</b>	$0.0050 \leq R < 0.0180$
<b>Riesgos Bajos</b>	$0.0010 \leq R < 0.0050$

Nota. Obtenido de SIGRID (2015).

### **Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geología.**

La normalización de pares de parámetros es un proceso comúnmente utilizado en diversas disciplinas científicas para estandarizar datos y hacer comparaciones más significativas y precisas entre diferentes conjuntos de datos o variables (Vega et al., 2023).

### **Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geomorfología.**

La normalización de pares de parámetros en geomorfología implica estandarizar y comparar diferentes variables o características geomorfológicas para facilitar su análisis y comprensión. Este proceso permite comparar las relaciones y las interacciones entre varios parámetros, como la elevación, la pendiente, la orientación, la forma del terreno, la rugosidad, entre otros (Vega et al., 2023)..

La normalización se puede realizar utilizando diversas técnicas, como la transformación lineal, logarítmica o cualquier otra que permita llevar los datos a una escala común o establecer un punto de referencia consistente para las comparaciones.

### 2.3.Marco conceptual

- **Cuencas:** Corresponde a una unidad territorial natural que recibe precipitación a través de la cual se transporta las escorrentías. Asimismo, este sistema natural está compuesto por cumbres que dividen las aguas percibidas de las precipitaciones (Betanzos-Vega et al., 2019).
- **HEC-RAS:** Hace referencia a un software de modelado hidráulico, utilizado a fin de perpetrar simulaciones del comportamiento de las cuencas hidrográficas. Cabe mencionar que permite realizar el modelo hidráulico unidimensional de flujo constante, donde se puede realizar el análisis de flujo de canales, determinar llanuras aluviales y zonas de inundación (Timuro & Dinka, 2021).
- **Hidráulica:** Corresponde a una rama de la física orientada al estudio del comportamiento de los fluidos desde la perspectiva mecánica frente a las fuerzas externas que modifiquen sus funciones como la presión entre otros (Timuro & Dinka, 2021).
- **Hidrología:** Refiere al estudio del agua, desde su formación, usos, funciones, distribución en el territorio, movimientos, etc. También aborda el estudio biológico y físico en relación de las actividades antropogénicas que contemplen el recurso hídrico. Permite conocer el diagnóstico de las fuentes de agua respecto a la cantidad y calidad del agua (Vásconez et al., 2019).
- **Inundaciones:** Refiere al proceso de acumulación de agua debido a prolongadas precipitaciones en un determinado lugar, asimismo es un acontecimiento producto de

un caudal más alto de lo normal en un periodo determinado en un cauce hídrico (Enrique et al., 2018).

- **Longitud:** Corresponden a las dimensiones de las líneas o de los cuerpos hídricos, los cuales son medidos desde la cresta de cuenca hasta la zona de desembocadura. Estas medidas son trazadas en línea recta y en una cuenca con bifurcaciones se considera la longitud del cauce hídrico principal (Moreira et al., 2019).
- **Pendiente:** Hace referencia a los cambios altitudinales o verticales proporcionalmente a los cambios horizontales. Es decir, expresa la correlación entre los desniveles topográficos, el cauce hídrico y la longitud. En tal sentido, a mayor desnivel altitudinal y menor longitud se obtiene pendientes pronunciadas (Mazzitelli, 2021).
- **Perímetro:** Corresponde a la dimensión lineal de las líneas divisorias de la cuenca. Asimismo, este perímetro determina la morfología de la cuenca, en otras palabras, son las longitudes correspondientes a los contornos de las figuras que caracterizan la cuenca (Guerrero et al., 2021).
- **Precipitación:** son los periodos de los ciclos hidrológicos abarcando en ello las caídas de aguas empezando por la zona atmosférica hacia las superficies de la tierra (Aleján-Sancheschúlz et al., 2019).

## 2.4.Hipótesis

El nivel de riesgo a inundaciones por desborde de la quebrada Machaypungo es alto.

## 2.5.Operacionalización de variables

- **Variable dependiente:** Áreas inundables.
- **Variable independiente:** Desborde de la quebrada

**Tabla 5.**  
*Operacionalización de Variables*

Variable	Definiciones conceptuales	Dimensiones	Definición Conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
Variable Independiente: Desborde de la quebrada	Es el incremento del caudal de una cuenca por el incremento de precipitaciones pluviales (Ho et al., (2020)).	Características geomorfológicas	Las características geomorfológicas muestran el relieve del lugar de estudio.	Altimetría Planimetría Área	m.s.n.m Km km2
		Características de la cuenca	Son las características físicas que tiene una cuenca como su espacio, pendiente y longitud.	Área Pendiente Longitud de cauce	km2 % Km
		Precipitaciones	Precipitaciones pluviales	Precipitación Intensidades	mm/h mm/h
		Máximas avenidas	Son las intensidades, caudales de una quebrada en estudio.	máximas Caudal máximo	mm/h m3/S
		Áreas de inundación	Es el área que será afectada en un determinado tiempo de retorno del caudal	Modelación del cauce Área de inundación	Km Ha
Variable Dependiente: Áreas inundables	Es un área que es susceptible a la inundación que en caso se desborde el río esa parte será la afectada (Hanni & Rojali, 2023).	Descripción de nivel de peligro	Son las viviendas y edificaciones que se podrían encontrar afectadas en un determinado periodo de año por el desborde de un río o quebrada.	Matriz Saaty	Adimensional
		Propuesta de mitigación	Es una propuesta que permite dar algunos parámetros para mitigar una eventual inundación	Nivel de peligro	-

*Nota.* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

El estudio es de enfoque mixto ya que se utilizó el enfoque cuantitativo y cualitativo para desarrollar la investigación.

En primer lugar, el enfoque cualitativo que se orienta a la recolección de la información sobre el relieve del lugar de estudio, las características de la cuenca, las máximas avenidas, las áreas inundables.

Tal como señala Hernández (2018), este enfoque permitirá establecer una línea de diagnóstico teórico respecto al tema abordado, en este caso el estudio de las cuencas hidrográficas y la vulnerabilidad frente a eventuales inundaciones.

En segundo lugar, el enfoque cuantitativo que está orientado al modelado hidráulico de la cuenca y al análisis numérico de los parámetros de inundación correspondientes, ya que se basa en resultados cuantificables y numéricos los cuales se puede realizar un análisis estadístico (Hernandez, 2018).

Por otra parte, el estudio es de tipo aplicada dado que tiene que cumplir determinados procesos de forma organizada para poder desarrollar el objetivo general (Hernandez, 2018).

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

Este estudio es de nivel descriptivo dado que explica y recolecta la información tal cual como se observa en el lugar de estudio, mencionando de forma detallada (Hernandez, 2018). Es decir que este estudio mediante la obtención de información de la topografía y los datos pluviométricos se podrá hacer el análisis correspondiente para su estudio hidrológico y el modelado en HEC-RAS para identificar sus áreas inundables y finalmente clasificar de acuerdo a sus niveles de riesgo.

### 3.2. Diseño de investigación

El diseño del estudio es no experimental de tipo transversal, dado que la información recolectada corresponde a un tiempo determinado, donde se evaluarán las variables de estudio. Así mismo, se toman los datos tal como se encuentra actualmente en la muestra seleccionada. Es por ello que mediante la recolección de los datos topográficos y data pluviométrica se procede a procesar la información y así realizar un modelamiento hidráulico que permita visualizar las áreas inundables y finalmente determinar las escalas de peligro por inundación.

M-----> Ox

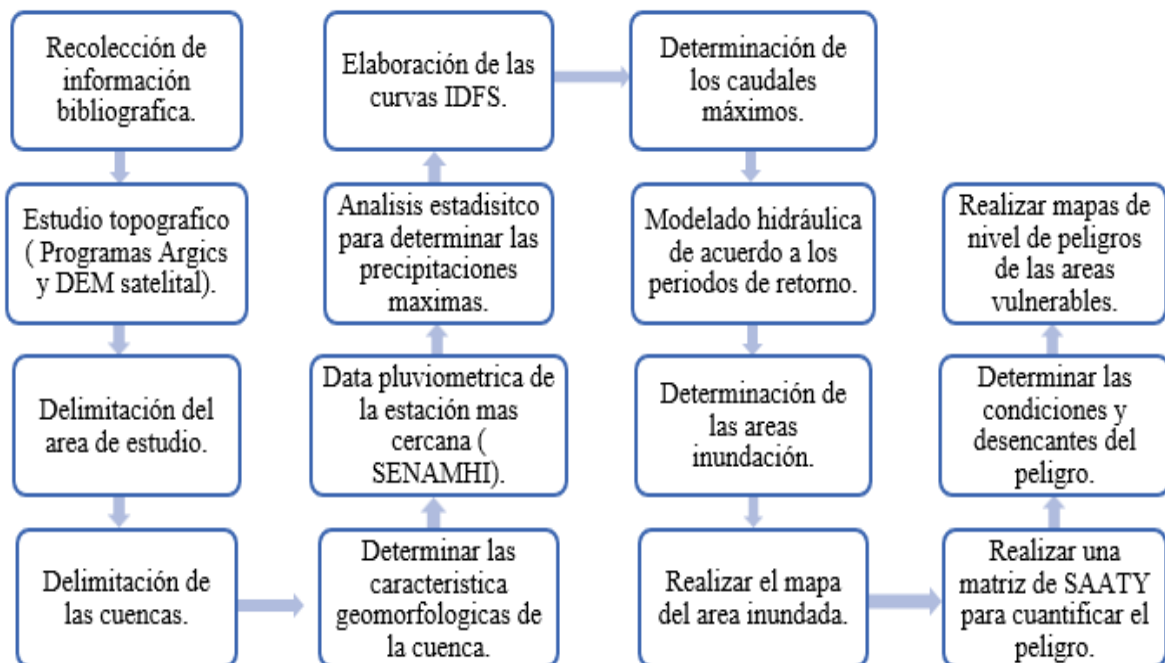
Dónde:

M: Muestra.

Ox: Toda la información relevante que se recopila de la muestra de estudio (relieve del lugar de estudio, data pluviométrica de la estación más cercana y data de peligros del Sigrid).

**Figura 12.**

*Esquema de la Investigación*



*Nota.* Elaboración propia.

### **3.3.Métodos de investigación**

Un método deductivo se encuentra basado en la lógica y razonamiento que se inicia una determinada teoría, del cual se deriva la hipótesis donde es la encargada de investigar y llegar a poner a prueba si cumple o no. Es por ello que un método parte de lo general a lo específico o particular con el propósito de certificar o refutar lo planteado al iniciar la investigación (Ñaupas & Valdivia, 2018).

Por tanto, esta investigación es deductiva dado que, mediante la topografía, información pluviométrica de la estación más cercana y la simulación hidráulica se puede determinar las áreas inundables.

### **3.4.Población, muestra y muestreo**

Tal como indica Ñaupas & Valdivia (2018) La población es un grupo de fenómenos, cosas, animales u objetos que presentan características similares.

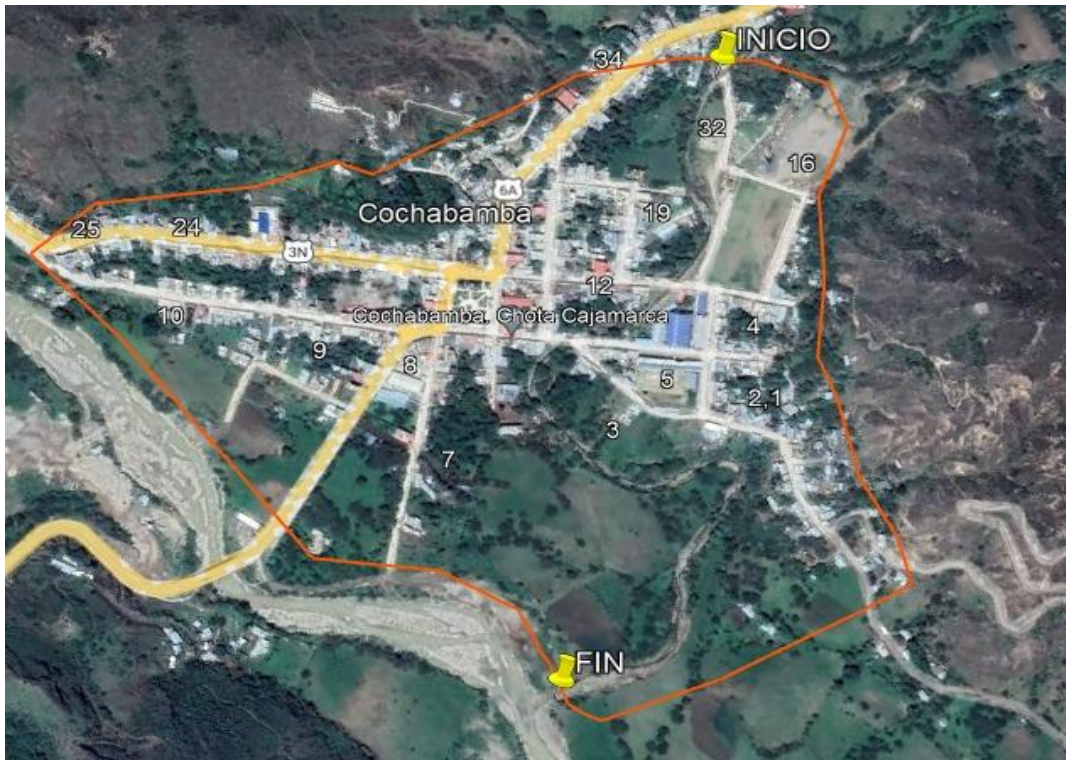
La población está formada por los diferentes componentes físico-geográficos que conforman la zona de influencia de las quebradas Lancheconga y Yamaluc.

Tal como señalan Ñaupas y Valdivia (2018), la muestra de una investigación refiere a una parte representativa de la población. De acuerdo al tipo de estudio las muestras pueden ser calculadas mediante un cálculo muestral estadístico o seleccionado bajo un criterio no probabilístico por conveniencia.

La muestra está conformada por todos los componentes físico-geográficos de la quebrada Machaypungo desde su origen hasta su punto de finalización en el río Chotano.



**Figura 13.**  
*Ámbito de Estudio*



Nota. Tomado de Google Earth.

Geográficamente el área de estudio está ubicada en las coordenadas geográficas UTM, hemisferio sur, zona 17 con coordenadas en el este de 733538.00 m E y coordenadas en el norte de 9283768.00 m S

El área de estudio según su organización política se ubica en:

Departamento : Cajamarca

Provincia : Chota

Distrito : Cochabamba

Lugar : Quebrada Machaypungo

A continuación, logra presentarse la ubicación en coordenadas UTM de la quebrada en estudio.

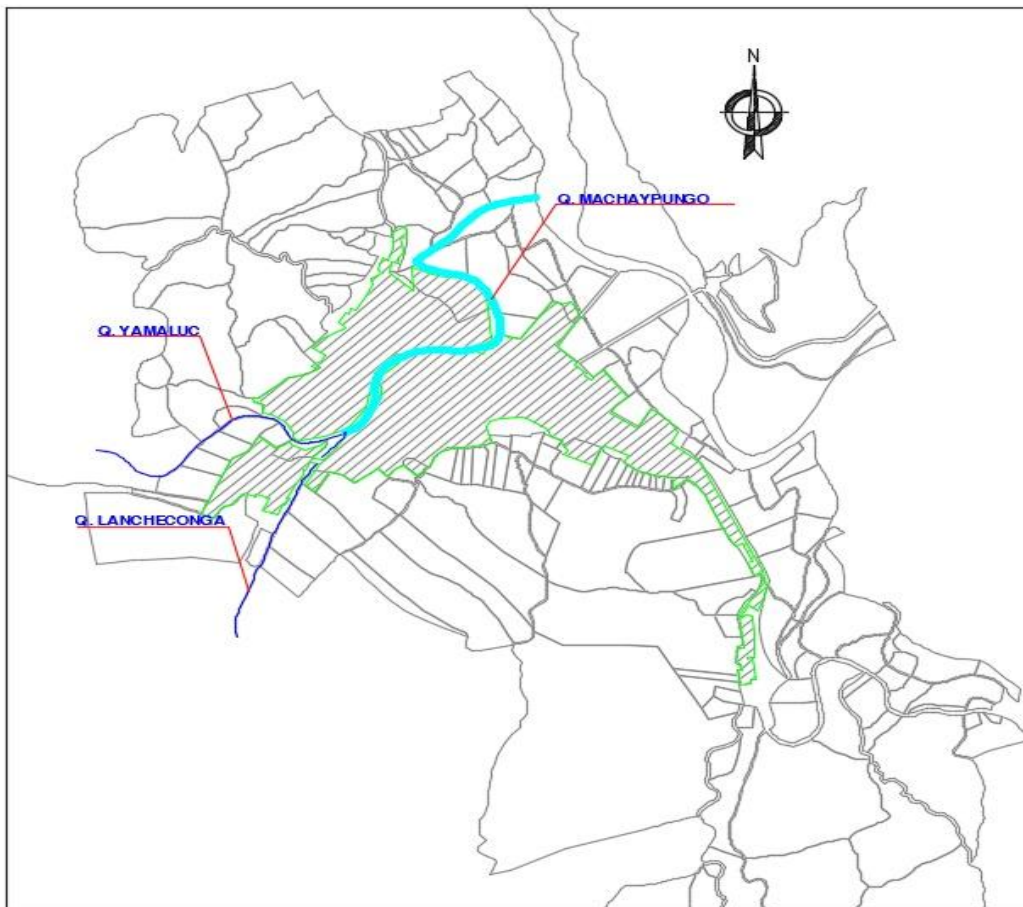
**Tabla 6.**  
*Coordenadas UTM de la Quebrada Machaypungo*

COORDENADAS UTM		
	ESTE	NORTE
Punto inicial	733538.00 m	9283768.00 m
Punto final	733937.00 m	9284308.00 m

Nota. Elaboración Propia.

En el estudio, el muestreo es no probabilística por conveniencia por lo que la muestra es elegida y seleccionada por los autores, bajo este criterio se seleccionó la quebrada Machaypungo, la cual pasa por en medio de la ciudad de Cochabamba y es el resultado de la unión de las quebradas Lancheconga y Yamaluc.

**Figura 14.**  
*Quebrada Machaypungo*



Nota. Tomado del plano de catastro – Cochabamba (2009).

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

**Observación:** Para la inspección del lugar de estudio mediante la observación y ver cómo se comporta el fenómeno mediante algún estímulo (Hernandez, 2018).

Donde se hizo un reconocimiento mediante la inspección visual de la zona de estudio y poder registrar tal como se encuentra actualmente para luego esta información pueda cooperar con el modelado en HEC-RAS.

**Análisis documental:** En este punto se recogió información de libros, bibliografías, manuales e informes que permitan mejorar y darle una mejor sustentación a la investigación (Hernandez, 2018).

En este caso fórmulas y métodos que permitieron determinar los cálculos para el estudio topográfico e hidrológico como geomorfología de la cuenca, caudales, intensidad y precipitaciones.

#### 3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

**Ficha de observación:** Es una ficha que admite tomar los datos más importantes del fenómeno tal cual como se encuentra en el lugar de estudio (Hernandez, 2018).

**Cuaderno de campo:** Para registrar data de cómo se encuentra el lugar de estudio para obtener información y así poder calcular caudales y topografía.

**Guía de análisis documental:** Es una guía que contiene la información más importante que permitirá desarrollar los objetivos propuestos de la investigación (Hernandez, 2018).

**Ficha de cálculo:** La cual contiene fórmulas y métodos para el desarrollo de los cálculos del estudio hidrológico y topográfico.

**Manuales:** Información de las precipitaciones pluviales tomadas de SENAMHI e información del SIGRID y CENEPRED.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.6.1. Procesos para la obtención de datos**

- Se realizó el reconocimiento del lugar de estudio para tomar datos de cómo se encuentra actualmente.
- Se delimitó el área de intervención mediante softwares como ArcGIS y mapas digitales para determinar sus elevaciones.
- Se seleccionó la estación más cercana y se obtuvo la data de las precipitaciones máximas de 24 horas, esta información se puede encontrar en el SENHAMI.
- Delimitación de cuenca y determinación parámetros geomorfológicos mediante cálculos en Excel.
- Seguido se realizó el estudio hidrológico para poder determinar los caudales máximos en determinados Tr.
- Después se modeló en el software HEC-RAS con el caudal más crítico para determinar los tirantes y las áreas inundables.
- Finalmente se determinó el nivel peligro que pueden causar las inundaciones.

#### **3.6.2. Procesamiento de datos**

El proceso y análisis de datos para organizar la información se realizó mediante el uso de softwares para elaborar las tablas, planos y gráficas. Los programas que se utilizaran son los siguientes:

- ArcGIS se empleó para obtener los parámetros geomorfológicos de la cuenca del área de estudio mediante DEM, la compilación de la información geográfica de los shapefiles correspondiente al distrito de Cochabamba y obtener los rangos de las Curva Número (CN) de acuerdo a la cuenca delimitada. También se utilizó para elaborar los planos de los mapas de las áreas inundadas y los mapas de nivel de

peligro con los archivos obtenidos del modelamiento hidráulico, pues mediante este software se logró uniformizar los formatos de presentación de los planos.

- El programa Hydroesta se utilizó para someter a los datos pluviométricos a diferentes distribuciones teóricas y la obtención de las PP Máx probables de 24 horas para los diferentes periodos de retorno.
- Con el software Hec-Hms, se determinó los caudales máximos de diseño en los diferentes Tr, para ello se ingresaron datos de los hietogramas y las CN obtenidas a través del programa ArcGis.
- Civil 3D, este software se utilizó para procesar los puntos del levantamiento topográfico de la quebrada Machaypungo, generar secciones y alineamientos necesarios para realizar el modelado hidráulico en Hec-Ras.
- HEC-RAS, este software permitió simular los caudales y así identificar las áreas inundadas para los diversos periodos de retorno. Ya que es un modelo numérico que permite identificar de manera precisa los niveles y caudales de los cauces hídricos.
- Microsoft Excel para procesar información sobre la data brindada por el SENAMHI para el estudio hidrológico, para mostrar gráficos y tablas de los resultados obtenidos. También se empleó para la elaboración de la matriz de Saaty la cual determina los niveles de peligro de las áreas de inundación obtenidas.

### **3.6.3. Análisis de datos**

A fin de llevar a cabo el análisis de datos, se empleó el programa Minitab 21 con el propósito de tomar decisiones acerca de la hipótesis nula ( $H_0$ ) o la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) a un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Previo a esto, se verificó la normalidad de los datos, lo que condujo a la aplicación de pruebas paramétricas, además de calcular el coeficiente de Pearson para evaluar la asociación y regresión entre las variables (Fiallos, 2021).

### **3.7.Aspectos éticos**

Se considera de suma importancia los aspectos éticos y morales dado que son base fundamental del estudio, donde se cumplió con el uso de la norma APA séptima edición y también el uso del programa Turnitin para comprobar la autoría, demostrando respeto a la propiedad intelectual de los autores según lo estipula el Decreto Legislativo N° 822. Ley sobre el Derecho de Autor.



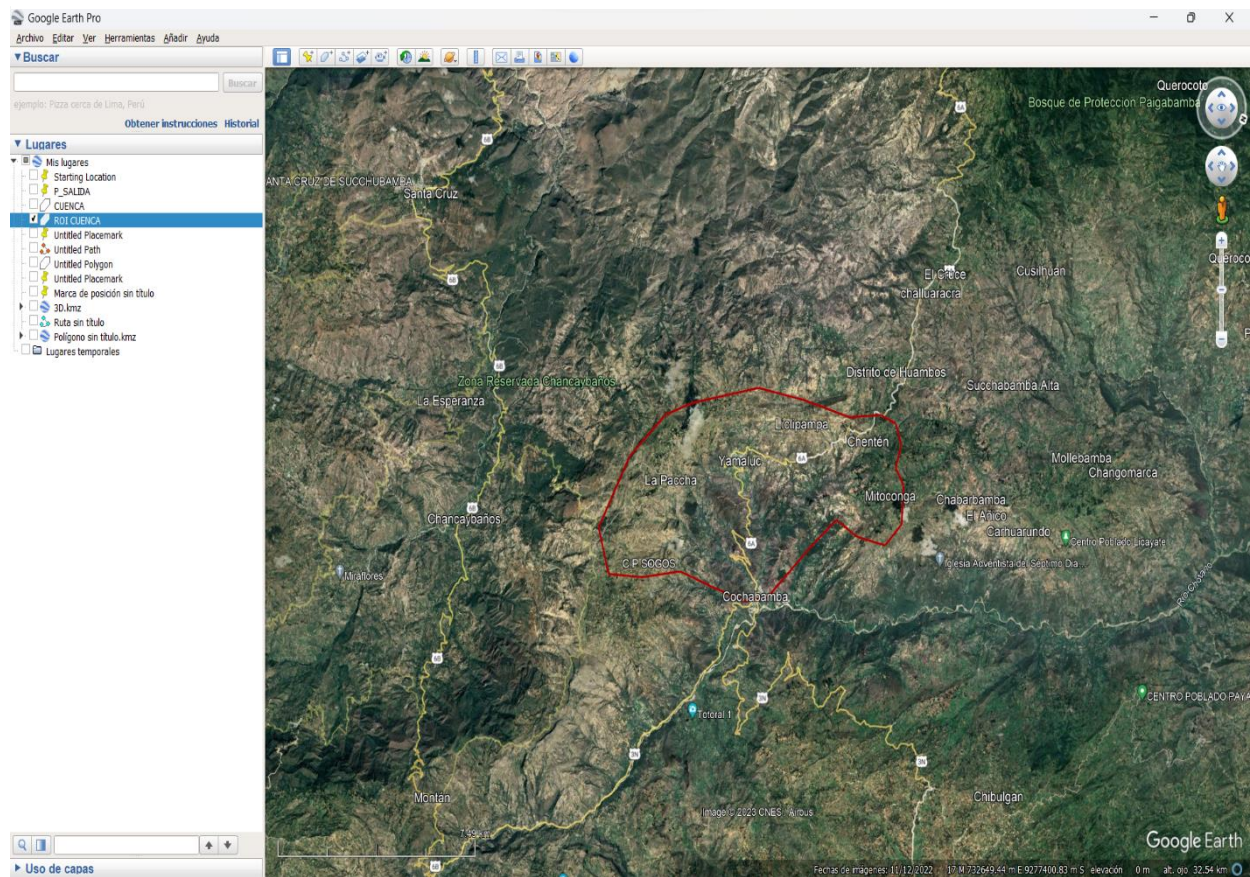
## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de resultados

#### 4.1.1. Delimitación de la cuenca

Para la delimitación del área de estudio se hizo uso del DEM, en donde en primera instancia se delimito la cuenca en el Google Earth detallada en la siguiente figura para así facilitar el trabajo en la selección del DEM.

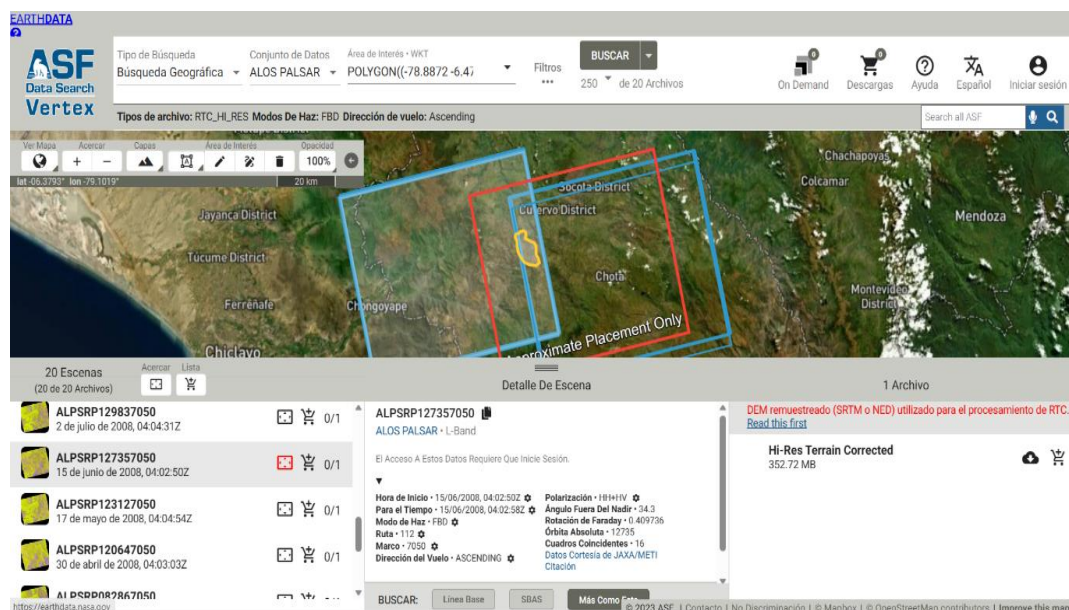
**Figura 15.**  
*Cuenca del Lugar de Estudio*



Nota. Elaboración propia.

El archivo de la cuenca delimitada se importó a la plataforma ASF Data Search y se configuró los parámetros de búsqueda para obtener los posibles DEMs de precisión 12.5 m pertenecientes al Satélite ALOS PALSAR.

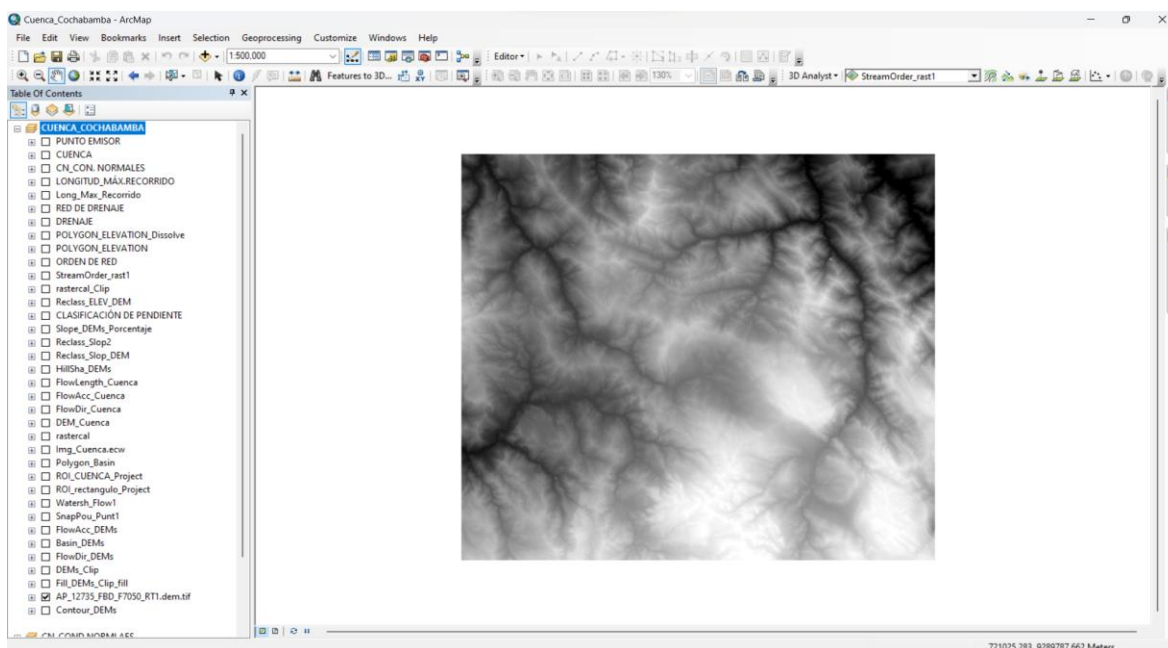
**Figura 16.**  
*DEMS del Satélite Alos Palsar*



Nota. Elaboración propia.

Se utilizó el DEM (archivo ALPSRP127357050) por ser el que mejor abarca el lugar de estudio, con ello determinaron los Parámetros Geomorfológicos de la cuenca a través de ArcMap 10.8.

**Figura 17.**  
*DEM Utilizado para el Estudio Geomorfológico*



Nota. Elaboración propia.



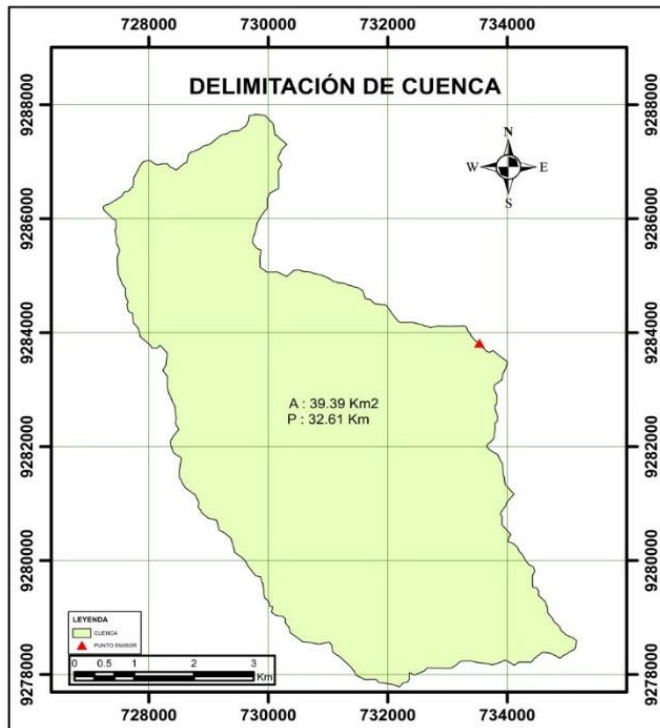
#### 4.1.2. Características geomorfológicas

Con las herramientas de ArcGIS se determinaron los parámetros geomorfológicos de la cuenca del área de estudio.

#### Área y Perímetro de

**Figura 18.**

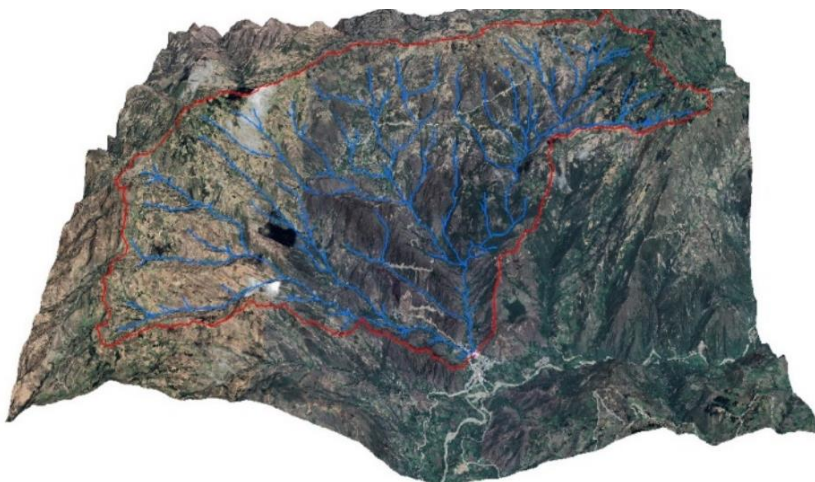
*Delimitación de la Cuenca*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 19.**

*Relieve de la Cuenca*



Nota. Elaboración propia.

**Tabla 7.**

*Datos Generales de la Cuenca*

Área	39.39	km <sup>2</sup>
Perímetro	32.61	km

Nota. Elaboración propia.

### Índice de Compacidad

Se determina el índice de compacidad (kc) mediante la siguiente fórmula y así poder determinar el tipo de compacidad que presenta.

$$kc = 0.28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

$$kc = 1.46$$

Por tanto, la cuenca se clasifica como un tipo de compacidad de oval redonda a ovals oblongas como se muestra en la siguiente tabla.

### Centroides

$$G_x = 730996.33 \text{ m}$$

$$G_y = 9282279.88 \text{ m}$$

### Longitud de Máximo Recorrido

La longitud de máximo recorrido es de 8386.01 m.

**Figura 20.**

*Longitud de Máximo Recorrido*



Nota. Elaboración propia.

## Desnivel Altitudinal

**Tabla 8.**

*Desnivel Altitudinal*

DESNIVEL ALTITUDINAL		
Min:	1692	m
Max:	2624	m
$\Delta Z$ :	932	m

Nota. Elaboración propia.

### Factor de forma

Por medio de ello se determina el valor para poder definir en qué parámetro se encuentra esta cuenca como se presenta a continuación.

$$F = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

$$F = 0.56$$

El factor de forma se encuentra en los parámetros de 0.50 a 0.75, por lo cual se considera un tipo de forma amplia.

### Coefficiente de Gravelius

Por medio de ello se definió para determinar en qué rango de clase se encuentra.

$$K = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}}$$

$$K = 1.47$$

El cual se encuentra en el rango de 1.25 y 1.50 siendo la forma de la cuenca Oval oblonga.

**Tabla 9.**

*Formas Geométricas de Cuencas Hidrográficas*

Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius		
Clase de geometría	Rango de clase	Forma de cuenca
KC1	$1 < KC \leq 1.250$	Oval redonda
KC2	$1.25 < KC \leq 1.500$	Oval oblonga
KC3	$1.50 < KC \leq 1.750$	Oblonga alargada

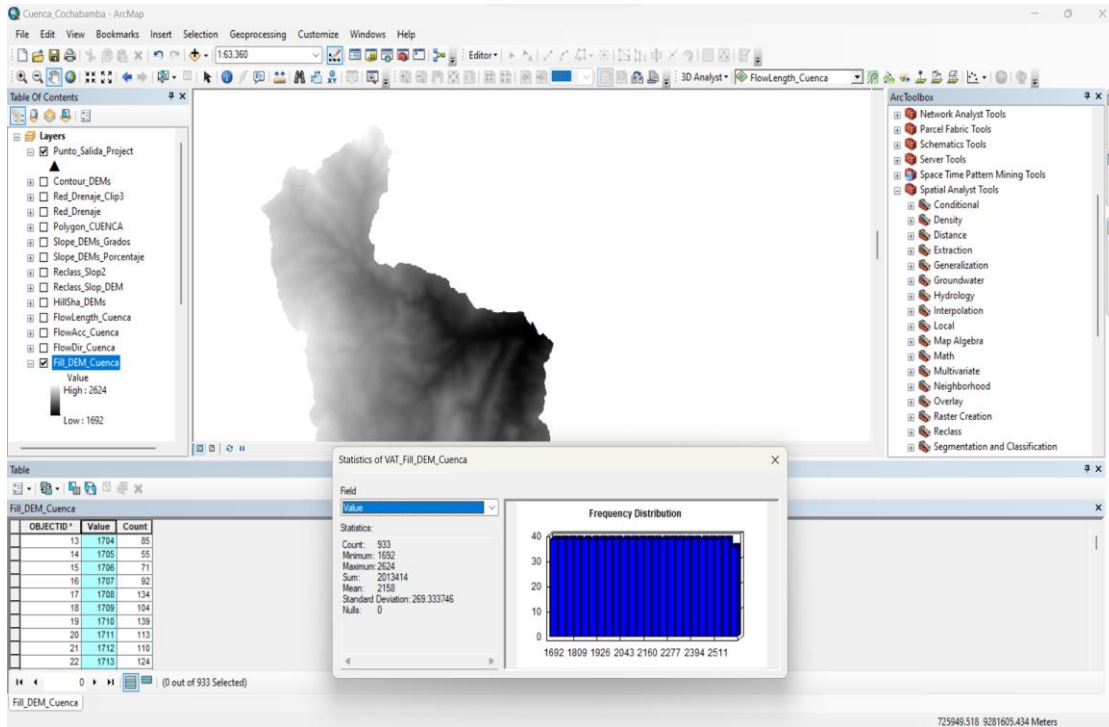
Nota. Tomado de Henaos (1998).

## Altitud Media de la Cuenca

A través de ello se tuvo un promedio de 2158 m.s.n.m.

**Figura 21.**

*Altitud Media de la Cuenca.*



Nota. Elaboración propia.

## Histograma de Altitudes

En los histogramas de altitudes se determinan la elevación, el porcentaje de área y el área acumulada para determinar la gráfica de histograma de la cuenca.

**Tabla 10.**

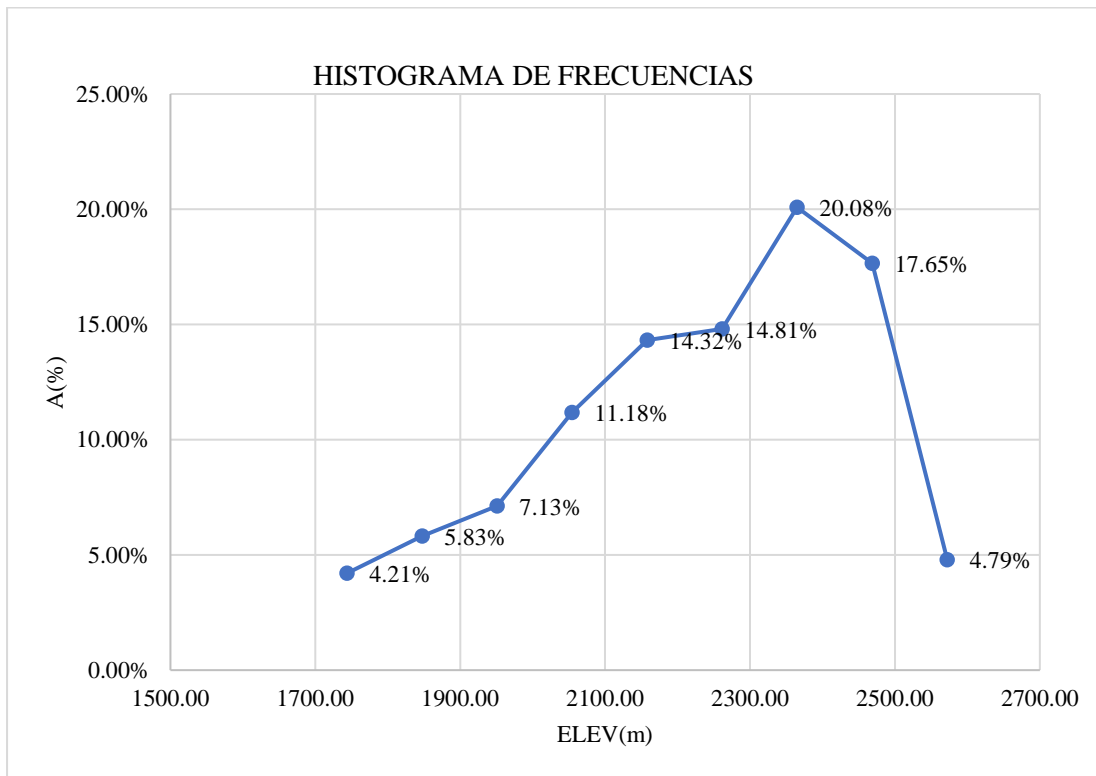
*Clasificación de Altitudes de la Cuenca Hidrográfica.*

CLASE	ELEV	Área %	Área Acum%
1	1743.78	4.21%	4.21%
2	1847.33	5.83%	10.03%
3	1950.89	7.13%	17.16%
4	2054.44	11.18%	28.34%
5	2158.00	14.32%	42.66%
6	2261.56	14.81%	57.47%
7	2365.11	20.08%	77.55%
8	2468.67	17.65%	95.21%
9	2572.22	4.79%	100.00%
Σ	19422.00	100%	

Nota. Elaboración propia.

**Figura 22.**

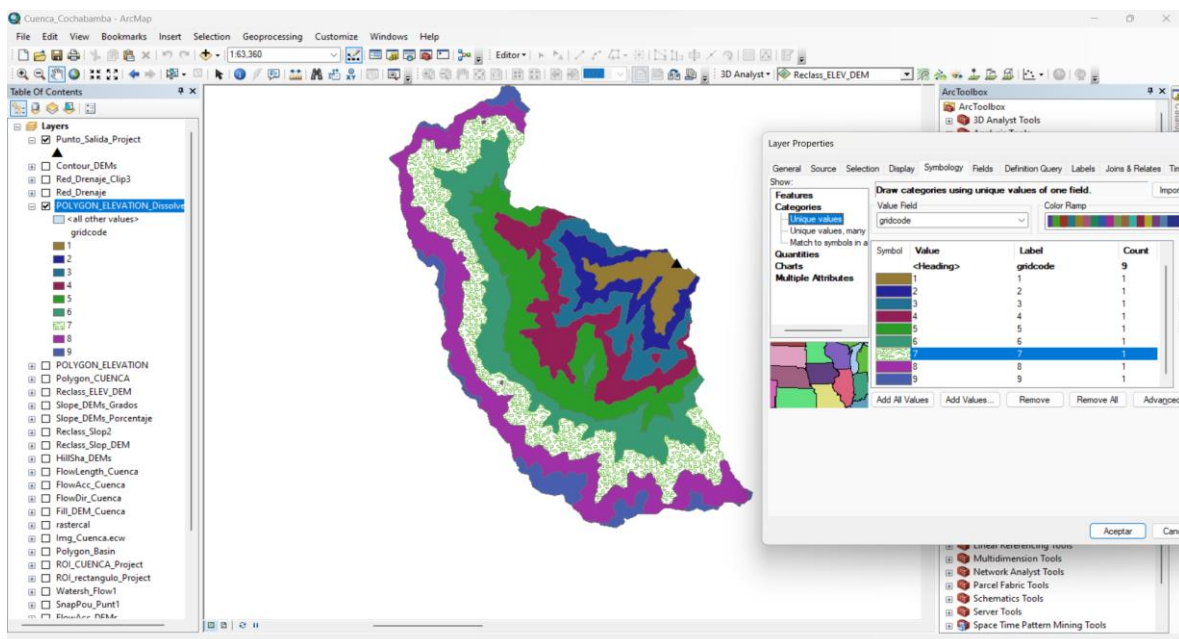
*Histograma de Frecuencia*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 23.**

*Clasificación de Altitudes de la Cuenca Hidrográfica*



Nota. Elaboración propia.

Además, se presenta la curva hipsométrica la cual muestra en que ciclo se encuentra la cuenca de estudio. En el presente caso se considera la cuenca como un río maduro.

**Tabla 11.**

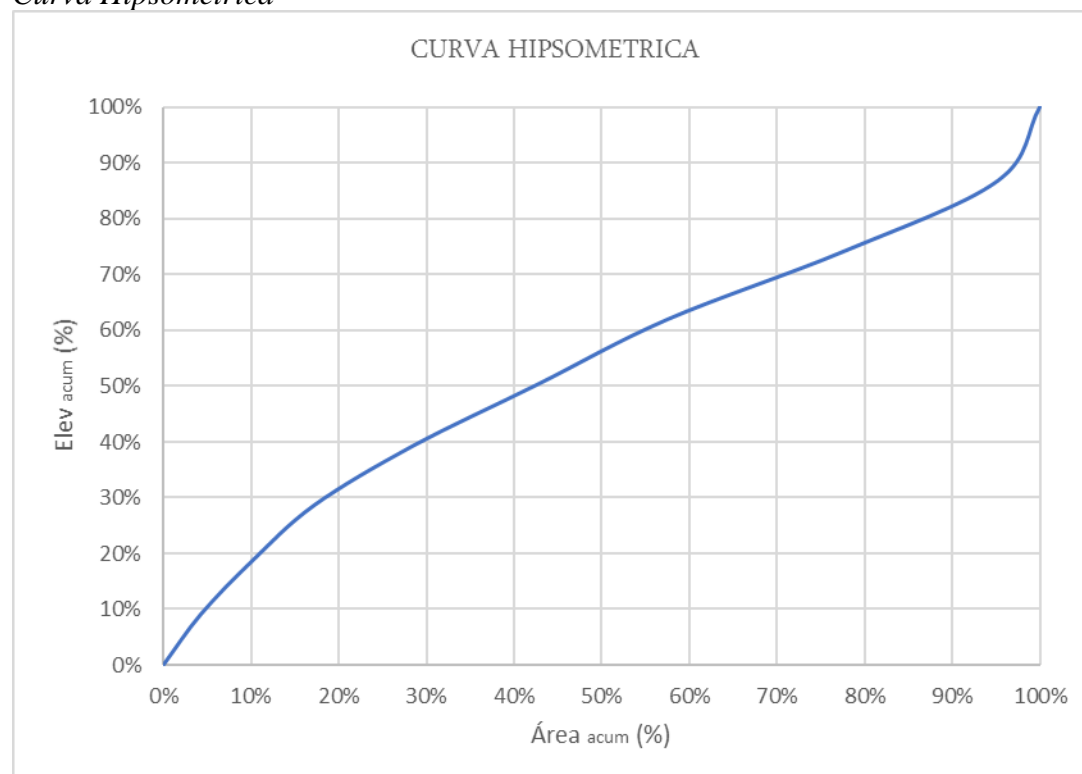
*Curva Hipsométrica*

CLASE	Área Acum%	Elev%	Elev acum%
	0%		0%
1	4.21%	8.98%	8.98%
2	10.03%	9.51%	18.49%
3	17.16%	10.04%	28.53%
4	28.34%	10.58%	39.11%
5	42.66%	11.11%	50.22%
6	57.47%	11.64%	61.87%
7	77.55%	12.18%	74.05%
8	95.21%	12.71%	86.76%
9	100.00%	13.24%	100.00%

Nota. Elaboración propia.

**Figura 24.**

*Curva Hipsométrica*



Nota. Elaboración propia.

## Coefficiente de Masividad

Entre la altura media de la cuenca y el área de la cuenca como se muestra a continuación en la siguiente fórmula.

$$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m. s. n. m)}}{\text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}}$$

$$K_m = \frac{2158 \text{ m. s. n. m}}{39.39 \text{ Km}^2}$$

$$K_m = 54.78 \text{ cm}$$

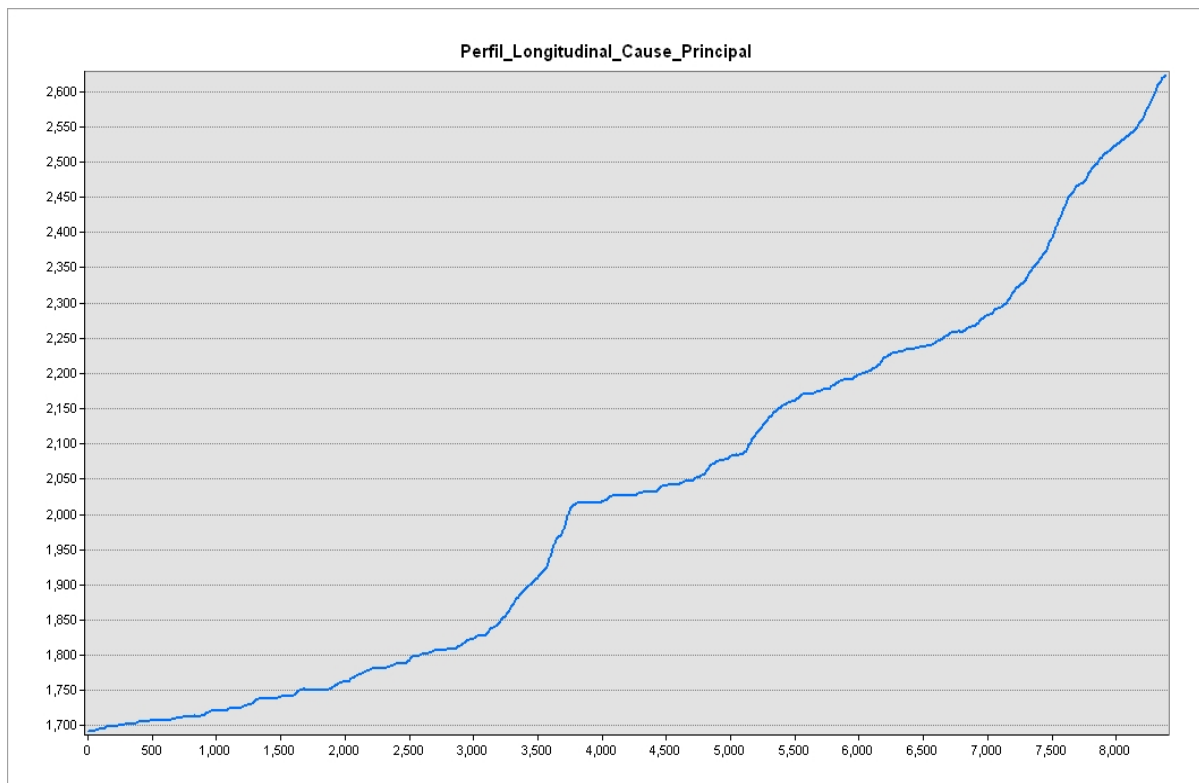
De acuerdo con este parámetro se determina que es una cuenca montañosa.

## Cause principal

A través de ello se presenta una longitud de 8386.01 m y una pendiente promedio de 12.48%.

### Figura 25.

#### Perfil Longitudinal de Cause Principal



Nota. Elaboración propia.

### Tiempo de concentración (Kirpich)

$$tc = 0.000325 L^{0.77} S^{-0.385}$$

$$tc = 0.76 \text{ hr}$$

El tiempo de concentración según el método Kirpich es de 45.61 min.

### Tiempo de concentración (California)

$$tc = \left( \frac{0.871 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

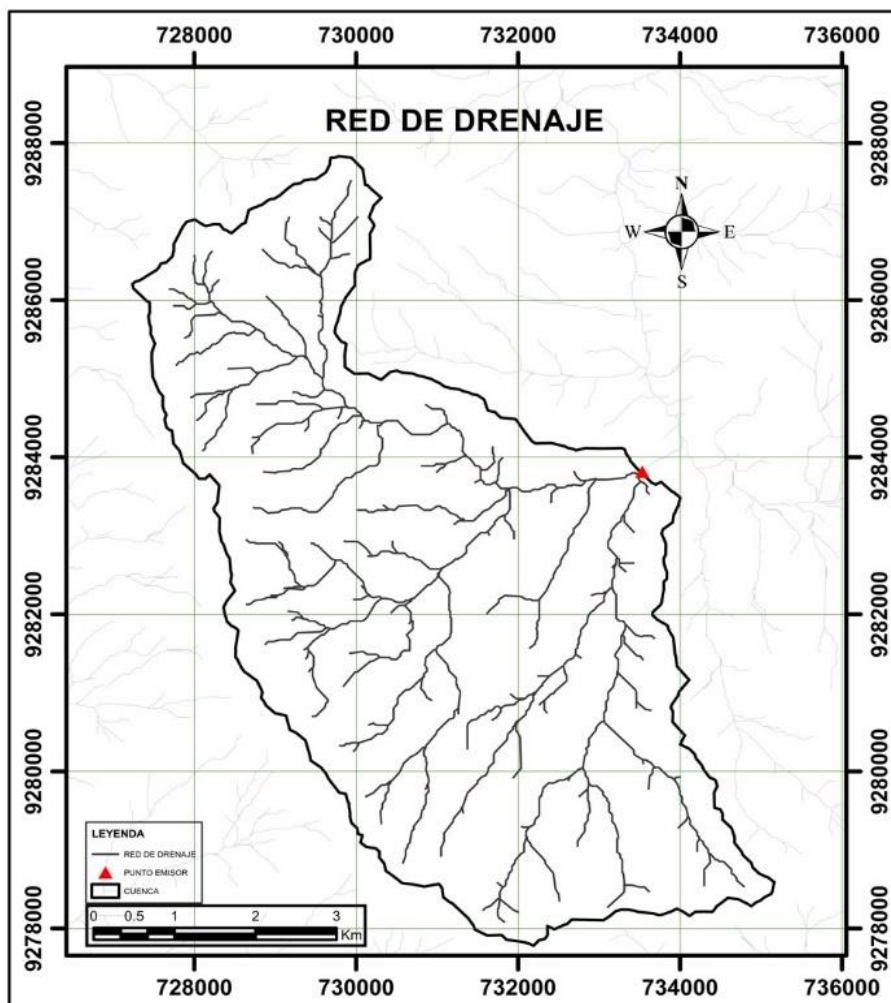
$$tc = 0.80 \text{ hr}$$

El tiempo de concentración según el método California es de 47.70 min.

### Red de Drenaje y Orden de Red de Drenaje

Figura 26.

*Red de Drenaje*



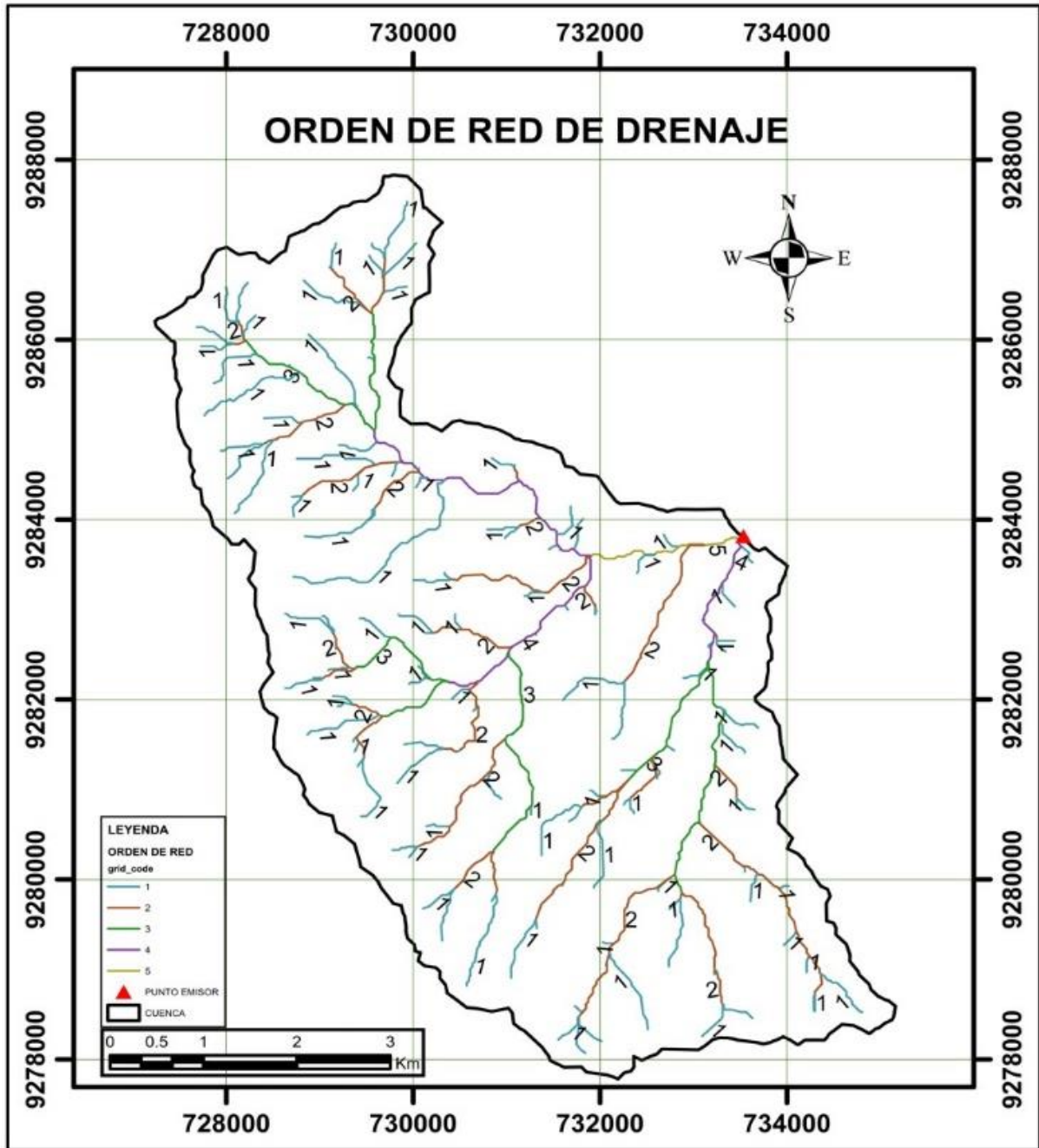
Nota. Elaboración propia.



La cuenca del área de estudio presenta una red de drenaje de orden 5.

**Figura 27.**

*Orden de la Red de Drenaje*



Nota. Elaboración propia.

## Resumen de resultados

**Tabla 12.**

*Resumen de Parámetros Geomorfológicos*

Resumen de resultados	
Área	39.39 km <sup>2</sup>
Perímetro	32.61 km
Índice de compacidad	1.46
Centroide en X	730996.33 m
Centroide en Y	9282279.88 m
Longitud de máximo recorrido	8386.01 m
Desnivel altitudinal	932 m
Factor de forma	0.56
Orden de red de drenaje	5
Coefficiente de masividad	54.78
Altitud media de la cuenca	2158 msnm
Tiempo de concentración	45.61 min
Pendientes de cauce principal	12.48%

Nota. Elaboración propia.

### Curva Número en Condiciones Normales

Para obtener las CN en condiciones normales se descargó un archivo Shapefile de la plataforma Geo Gps Perú y con el software ArcGIS se hizo un recorte de acorde a la cuenca en estudio, logrando los resultados mostrados a continuación.

**Tabla 13.**

*CN Condiciones Normales*

Rango		Área (Km <sup>2</sup> )	CN Promedio
55	66	5.47	60.5
74	81	33.92	77.5

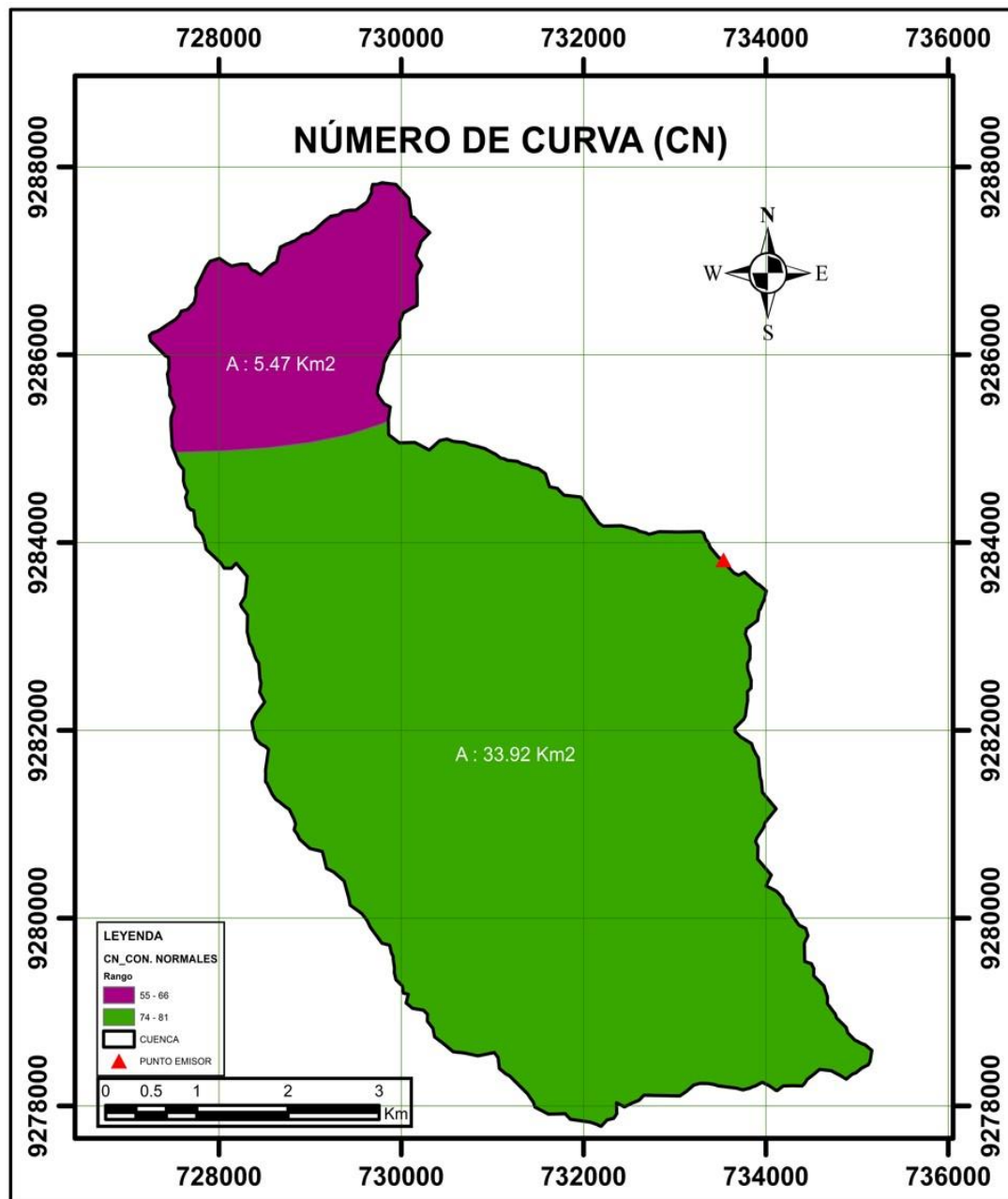
Nota. Elaboración propia.

### CN de Diseño Hidrológico

$$CN = \frac{A1*CN1+A2+CN2}{A1+A1}$$

$$CN = 75.14$$

**Figura 28.**  
*CN de la Cuenca Hidrográfica*



Nota. Elaboración propia.

#### 4.1.3. Estudio hidrológico

Para el estudio hidrológico se tomó la data de la estación más cercana que es la de Cochabamba, la cual se encuentra a una distancia de 1.74 km del lugar de estudio.

**Tabla 14.**

*Datos de la Estación Cochabamba*

Estación : COCHABAMBA					
Departamento :	CAJAMARCA	Provincia :	CHOTA	Distrito :	COCHABAMBA
Latitud :	6°27'36.32" CO -	Longitud :	78°53'18.97"	Altitud :	1653 m.s.n.m.
Tipo :	Meteorológica	Código :	106058		

Nota. Elaboración propia.

**Figura 29.**

*Estación Cochabamba*

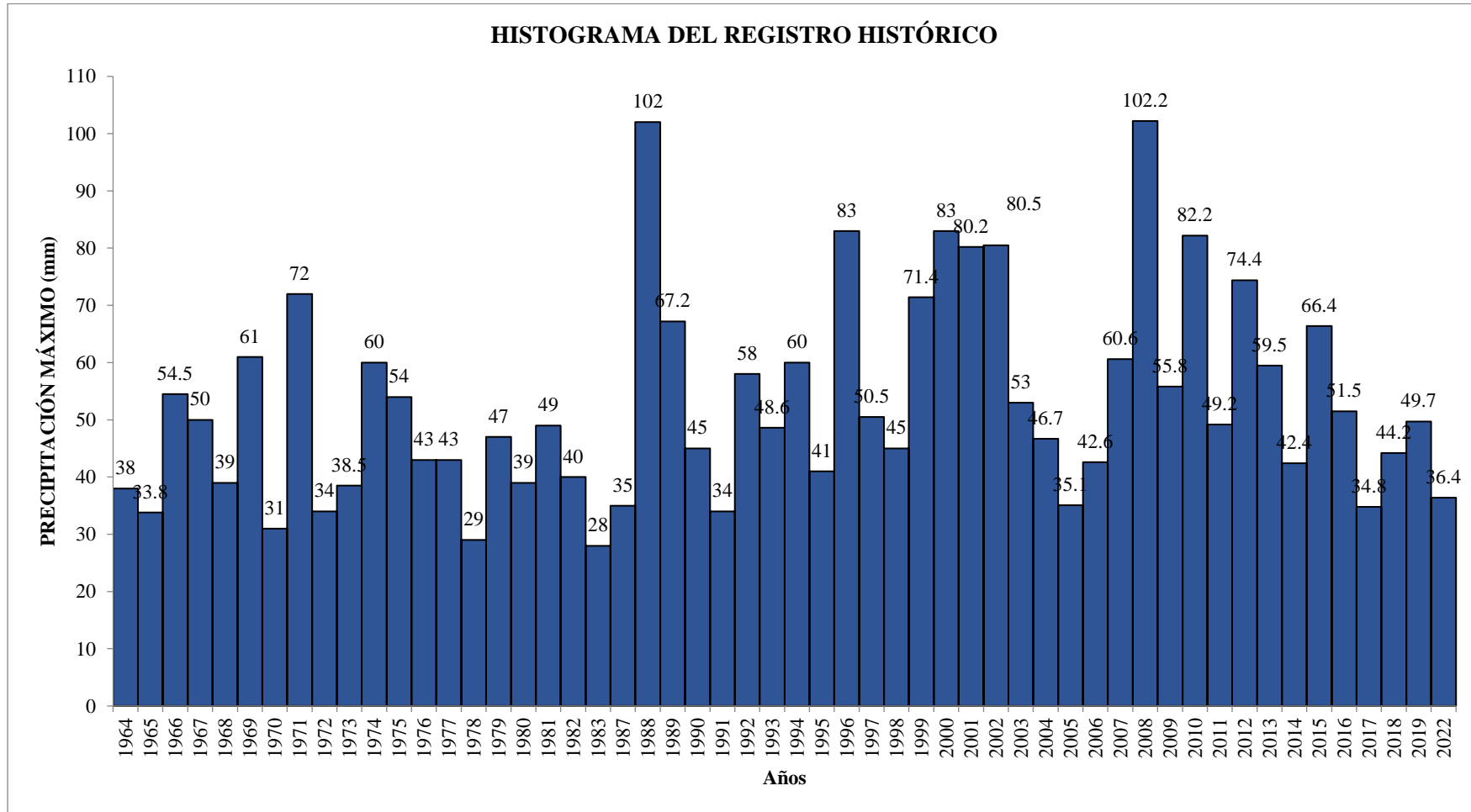


Nota. Elaboración propia.

Para el estudio se tomaron un total de 54 años que van desde 1964 hasta el año 2022.

**Figura 30.**

*Histograma del Registro Histórico (PP Máx. 24h)*



Nota. Elaboración propia.



## Prueba de Datos Dudosos

Se obtuvo que no existen datos dudosos debido a que la precipitación máxima y la mínima se encuentran dentro de los rangos correspondientes.

**Tabla 15.**

### Parámetros Estadísticos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	54	54
Sumatoria PP.Máx_24h(mm)	2854.9	91.8582
Valor Mínimo(mm)	28	1.447
Valor Máximo(mm)	102.2	2.009
Media:	52.8685	1.7011
Varianza:	316.098	0.019
Desv. Estándar:	17.7791	0.1378
Coef. Variación:	0.3363	0.081
Coef. de Sesgo:	1.0031	0.3506
Coef. de Curtosis:	3.6984	2.6314

Nota. Elaboración propia.

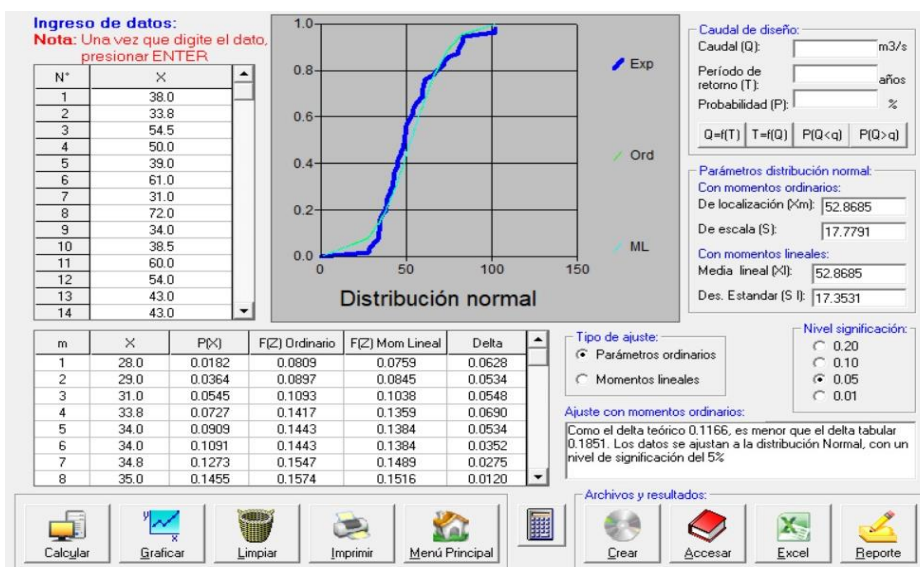
En donde la precipitación permisible Máx. es 121.93 mm y la Mín. es de 20.71 mm.

## Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov – Kolgomorov

Para determinar la prueba de bondad se han realizado las distribuciones en el programa Hidroesta, los resultados obtenidos se comparan para determinar cuál se concierta mejor al conjunto de datos.

**Figura 31.**

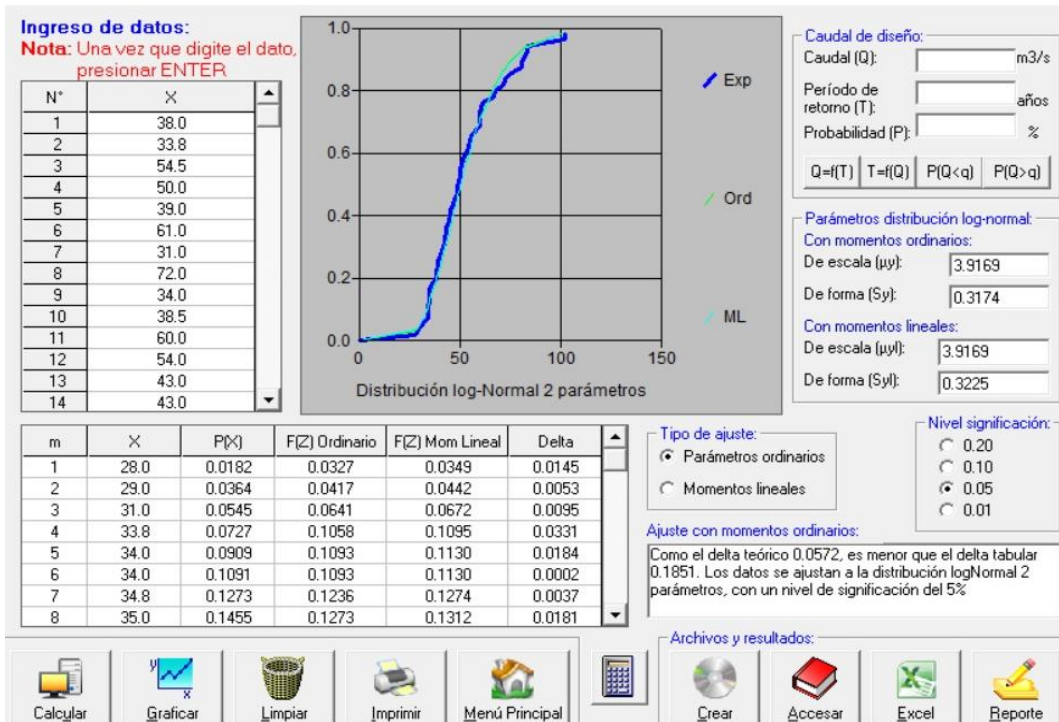
### Distribución Normal



Nota. Elaboración propia.

**Figura 32.**

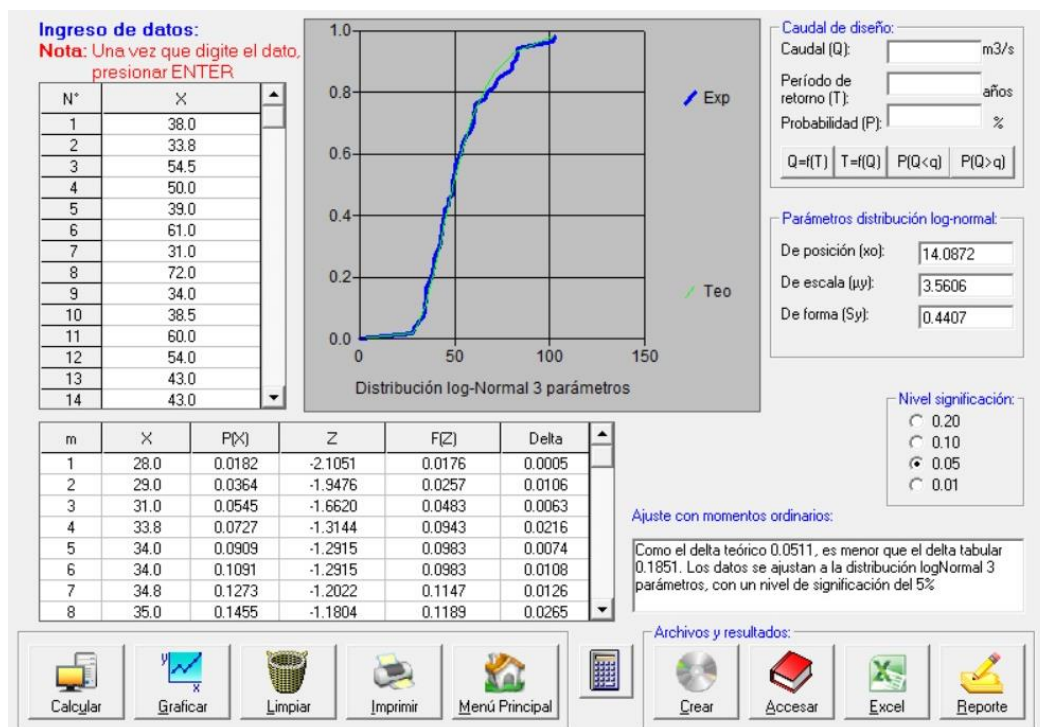
*Distribución Log. Normal 2 Parámetros*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 33.**

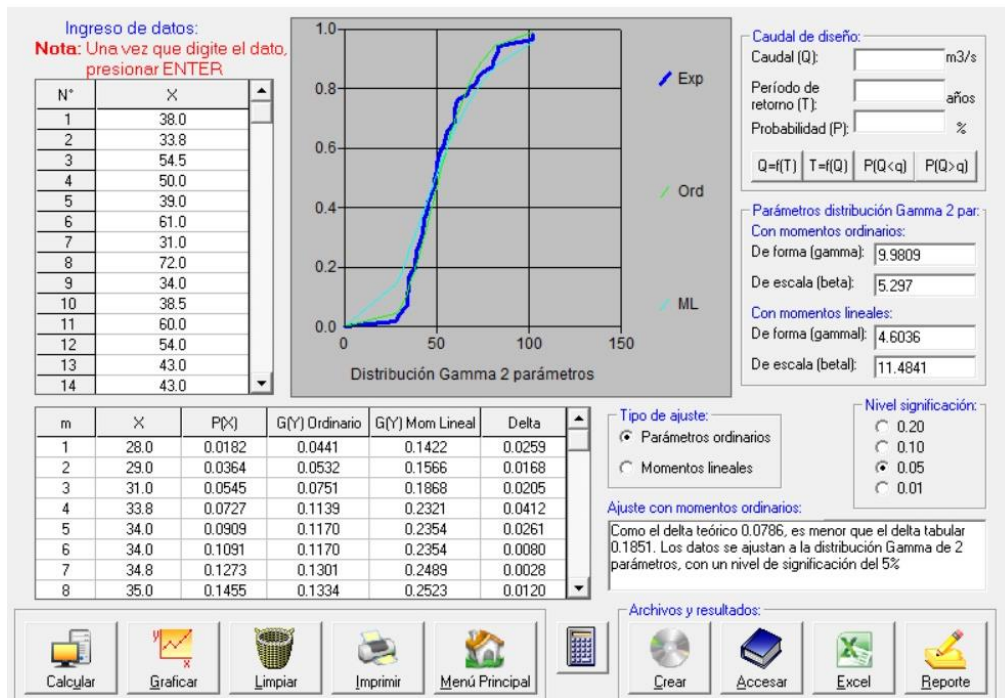
*Distribución Log. Normal 3 Parámetros*



Nota. Elaboración Propia.

**Figura 34.**

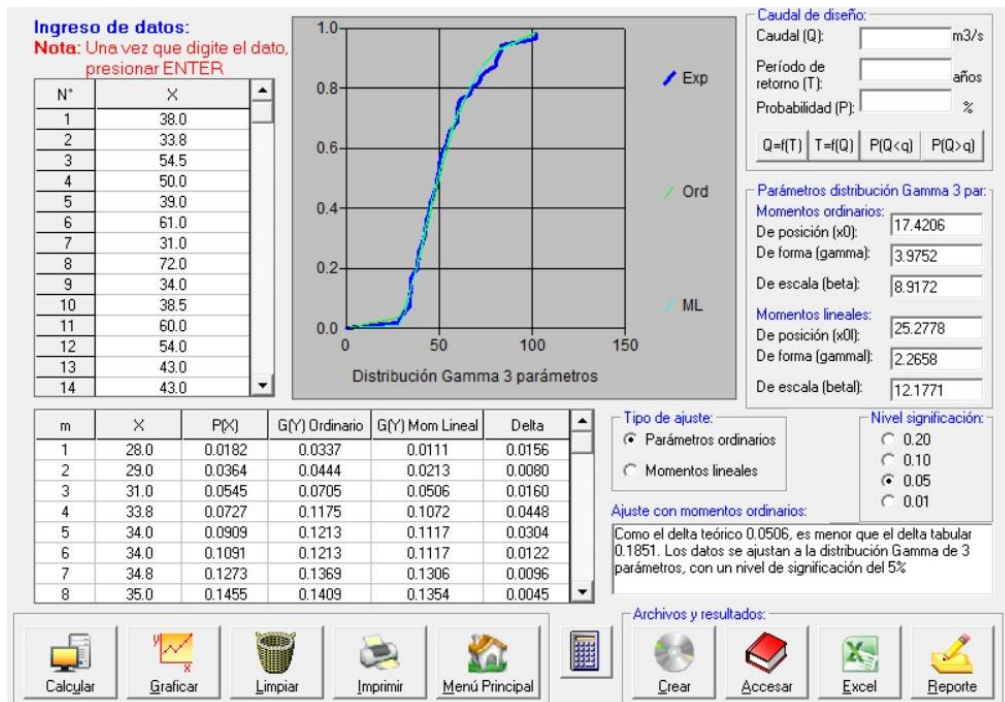
*Distribución Gamma 2 Parámetros*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 35.**

*Distribución Gamma 3 Parámetros*

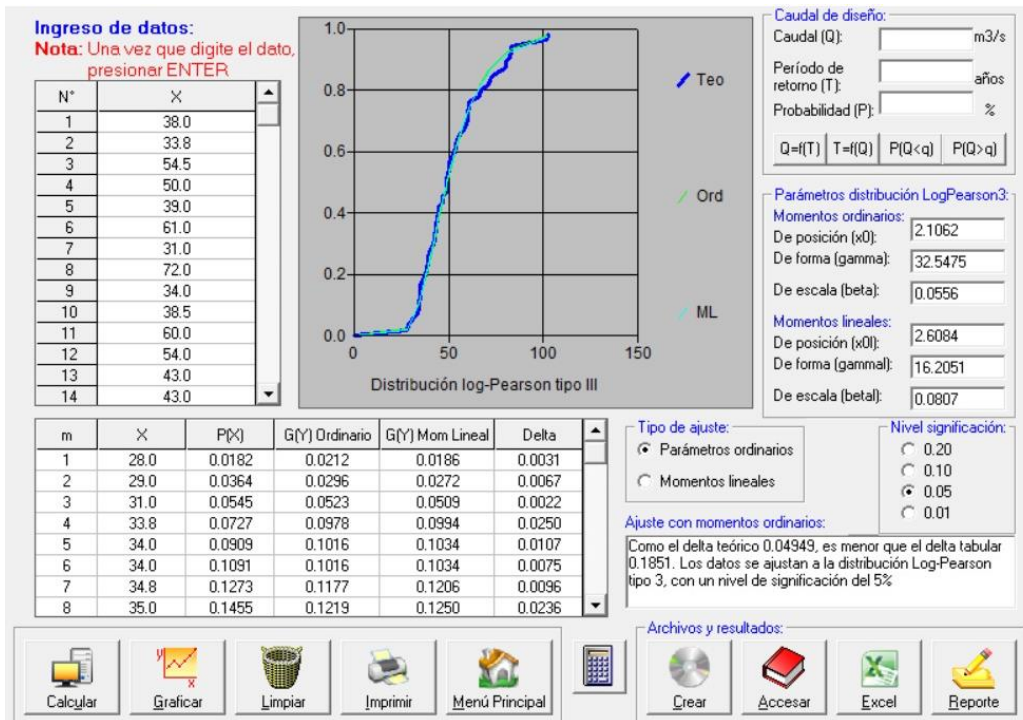


Nota. Elaboración propia.



Figura 36.

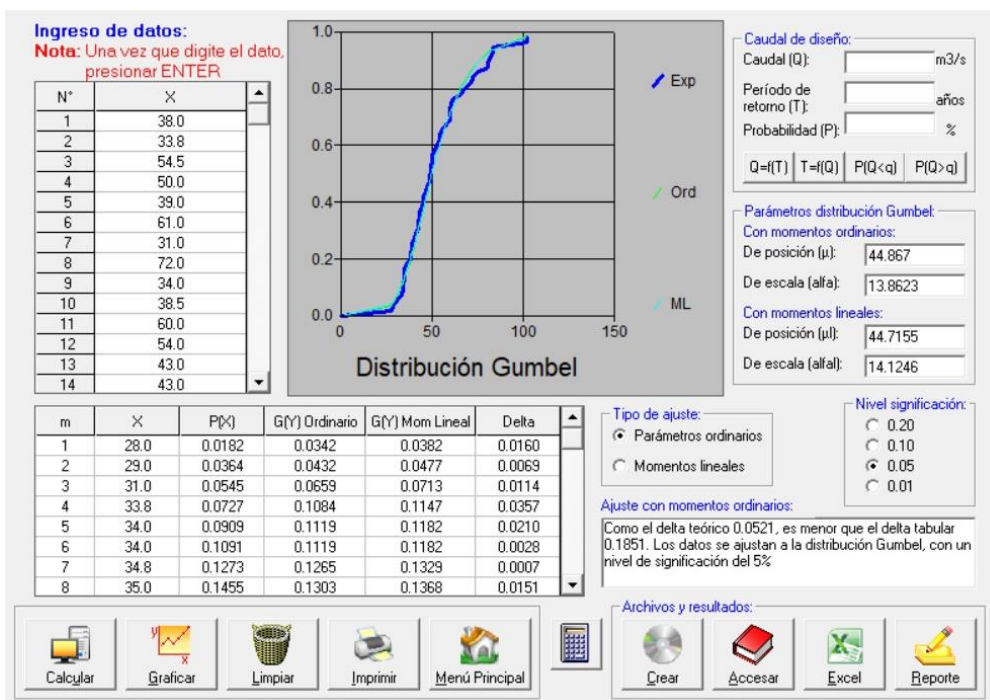
Distribución Log-Pearson tipo III



Nota. Elaboración propia.

Figura 37.

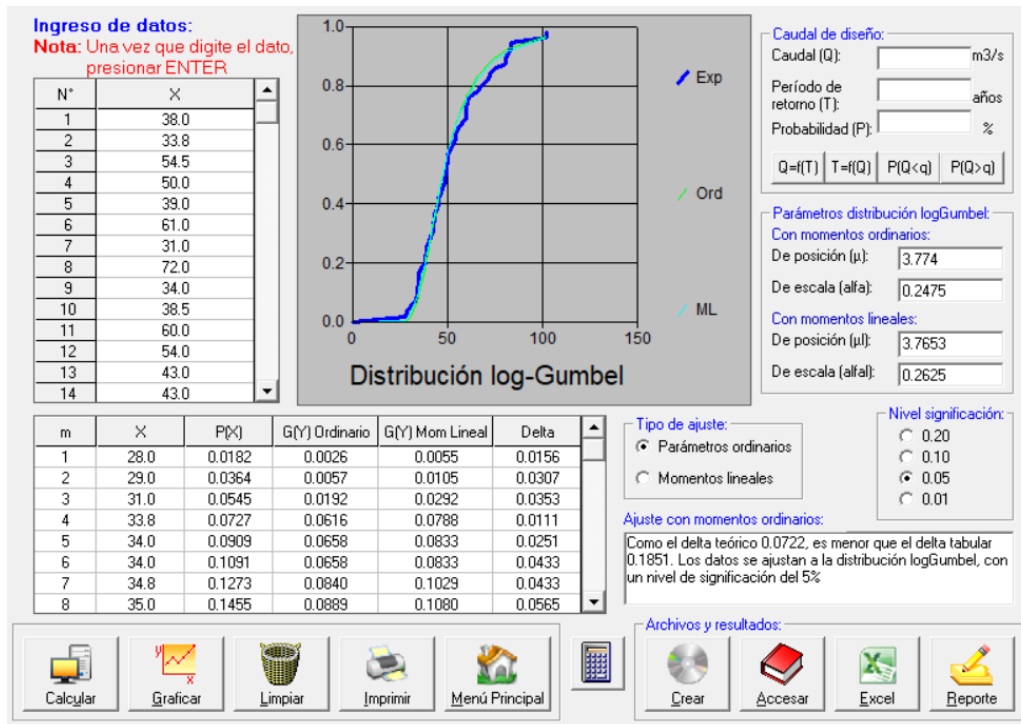
Distribución Gumbel



Nota. Elaboración propia.

**Figura 38.**

*Distribución Log- Gumbel*



Nota. Elaboración propia.

**Tabla 16.**

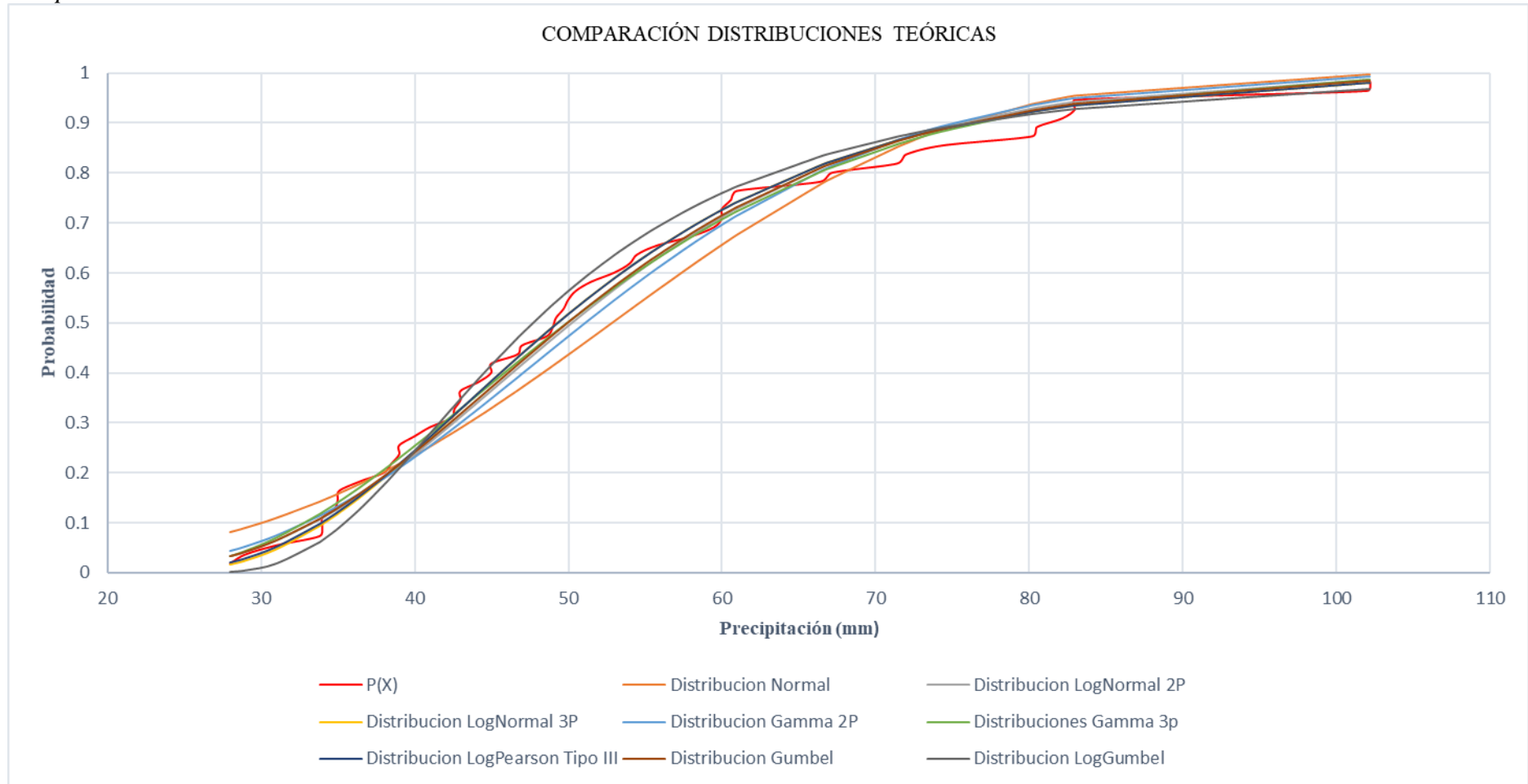
*Prueba de Bondad de Ajuste*

$\Delta$ Tabular	$\Delta$ Teórico De Las Distribuciones							
	Distrib. Normal	Distrib. Lognormal 2 Parámetros	Distrib. Lognormal 3 Parámetros	Distrib. Gamma 2 Parámetros	Distrib. Gamma 3 Parámetros	Distrib. Logpearson Tipo III	Distrib. Gumbel	Distrib. Log-Gumbel
0.1851	0.1166	0.0572	0.0511	0.0786	0.0506	0.0495	0.0521	0.0722
Min $\Delta$	0.0495							

Nota. Elaboración propia.

En esta prueba se determinó que la distribución Log Pearson Tipo III se concierta mejor a la serie de datos, con un valor de 0.0495.

**Figura 39.**  
*Comparación de Distribuciones Teóricas*



Nota. Elaboración propia.

## Precipitación Máxima

A continuación, mediante la distribución Log. Pearson tipo III se obtiene las precipitaciones máximas en diversos periodos de retorno.

**Tabla 17.**  
*Precipitaciones Máximas del Parámetro Log Pearson Tipo III*

Precipitación máx. en diferentes Tr		
T (años)	P	Log Pearson tipo III
5	0.200	65.18
10	0.100	76.22
25	0.040	90.80
50	0.020	102.14
100	0.010	113.89
200	0.005	126.09
$\Delta$	0.1851	0.0495

Nota. Elaboración propia.

Para corregir las precipitaciones máximas obtenidas la Organización Meteorológica Mundial (OMM) encarga un coeficiente de corrección de 1.04 para datos de estaciones que registran información dos veces al día; obteniendo los siguientes datos.

**Tabla 18.**  
*Precipitaciones Máximas para Diferentes Tr*

Precipitación máx. en diferentes Tr		
T (años)	P	Log Pearson tipo III
5	0.200	67.79
10	0.100	79.27
25	0.040	94.43
50	0.020	106.23
100	0.010	118.45
200	0.005	131.13
$\Delta$	0.1851	0.0495

Nota. Elaboración propia.

### Intensidad de precipitación

En la intensidad se determina con la precipitación máxima de duración  $P_D$ , en mm y D duración de la precipitación en horas.

$$I = \frac{P_D}{D}$$

En donde se obtuvieron las siguientes intensidades para diferentes Tr.

**Tabla 19.***Duración de las Intensidades*

Duración (Horas)	Duración (min)	Tr (Años)					
		5	10	25	50	100	200
Intensidad (mm/hr)							
0.083	5	197.46	230.91	275.08	309.43	345.03	381.99
0.167	10	117.41	137.30	163.56	183.99	205.15	227.13
0.250	15	86.62	101.30	120.67	135.74	151.36	167.57
0.333	20	69.81	81.64	97.25	109.40	121.99	135.05
0.417	25	59.05	69.06	82.27	92.54	103.19	114.24
0.500	30	51.51	60.23	71.75	80.71	90.00	99.64
0.583	35	45.88	53.66	63.92	71.90	80.17	88.76
0.667	40	41.51	48.54	57.83	65.05	72.53	80.30
0.750	45	38.00	44.44	52.94	59.55	66.40	73.51
0.833	50	35.11	41.06	48.92	55.03	61.36	67.93
0.917	55	32.69	38.23	45.54	51.23	57.12	63.24
1.000	60	30.63	35.81	42.66	47.99	53.51	59.25
2.000	120	18.21	21.29	25.37	28.54	31.82	35.23
3.000	180	13.44	15.71	18.72	21.05	23.48	25.99
4.000	240	10.83	12.66	15.08	16.97	18.92	20.95
5.000	300	9.16	10.71	12.76	14.35	16.00	17.72
6.000	360	7.99	9.34	11.13	12.52	13.96	15.45
7.000	420	7.12	8.32	9.91	11.15	12.43	13.77
8.000	480	6.44	7.53	8.97	10.09	11.25	12.45
9.000	540	5.89	6.89	8.21	9.24	10.30	11.40
10.000	600	5.45	6.37	7.59	8.53	9.52	10.54
11.000	660	5.07	5.93	7.06	7.95	8.86	9.81
12.000	720	4.75	5.55	6.62	7.44	8.30	9.19
13.000	780	4.47	5.23	6.23	7.01	7.82	8.65
14.000	840	4.23	4.95	5.89	6.63	7.39	8.19
15.000	900	4.02	4.70	5.60	6.30	7.02	7.77
16.000	960	3.83	4.48	5.33	6.00	6.69	7.41
17.000	1020	3.66	4.28	5.10	5.73	6.39	7.08
18.000	1080	3.50	4.10	4.88	5.49	6.12	6.78
19.000	1140	3.37	3.94	4.69	5.27	5.88	6.51
20.000	1200	3.24	3.79	4.51	5.07	5.66	6.26
21.000	1260	3.12	3.65	4.35	4.89	5.46	6.04
22.000	1320	3.01	3.53	4.20	4.72	5.27	5.83
23.000	1380	2.92	3.41	4.06	4.57	5.10	5.64
24.000	1440	2.82	3.30	3.93	4.43	4.94	5.46

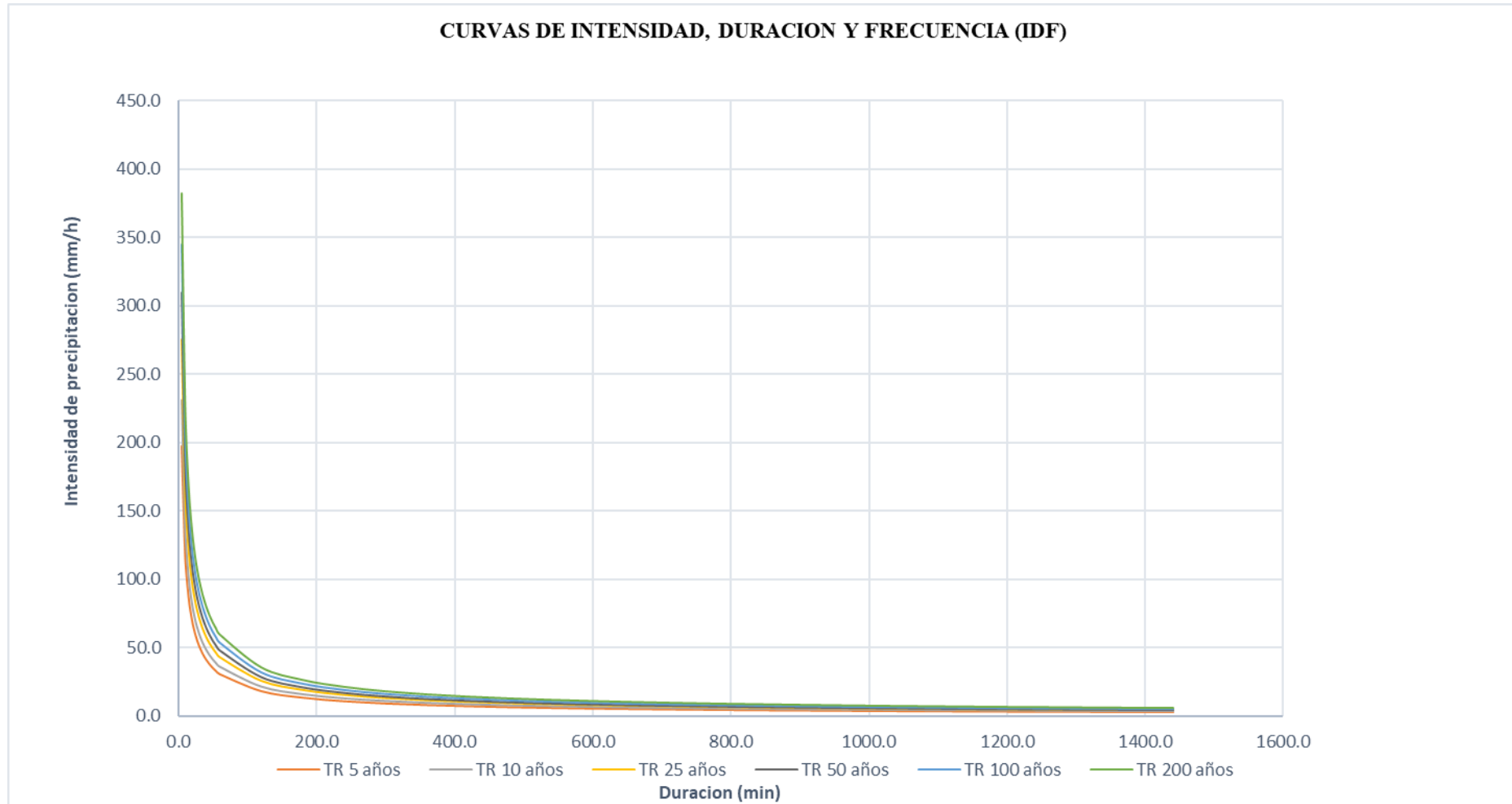
Nota. Elaboración propia.

Con estos datos se obtuvieron las siguientes curvas IDF para los Tr de 05, 10, 25, 50.

100 y 200 años.

**Figura 40.**

*Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)*



Nota. Elaboración propia.

Luego de obtener las curvas IDF se procede al cálculo de la fórmula de Intensidad máxima a través del análisis de regresión múltiple para la elaboración de los histogramas de precipitación a través del método de los Bloques Alternos en los diferentes periodos de retorno.

**Tabla 20.**

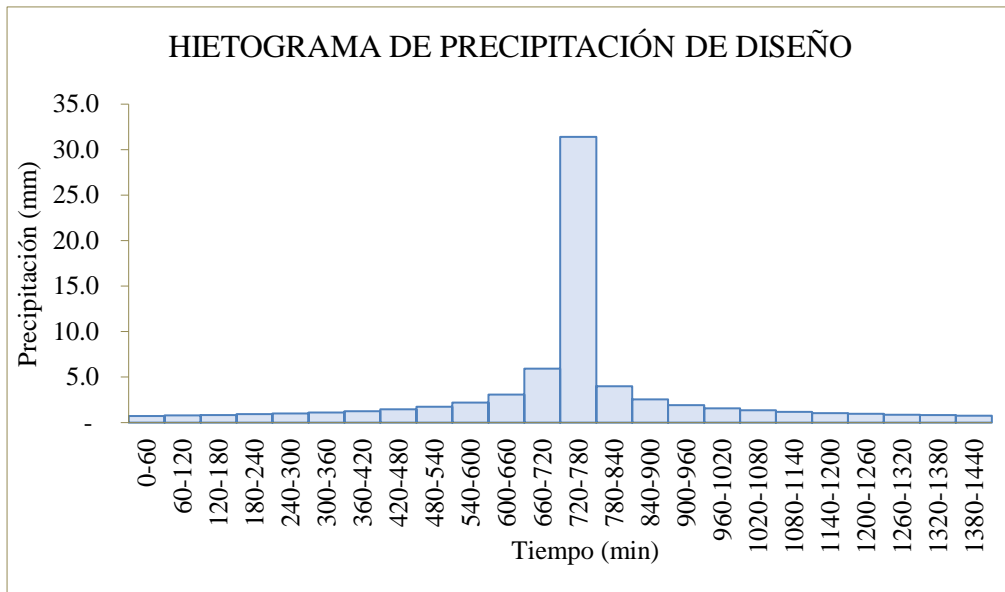
*Datos de los Hietogramas de Diseño*

$I = \frac{508.996 \times T^{0.1777}}{D^{0.750}}$						
Duración	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=25 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=200 años
60	0.735	0.831	0.978	1.106	1.251	1.415
120	0.786	0.889	1.046	1.183	1.338	1.513
180	0.845	0.956	1.125	1.273	1.439	1.628
240	0.917	1.037	1.220	1.380	1.561	1.766
300	1.004	1.136	1.337	1.512	1.710	1.934
360	1.114	1.260	1.483	1.677	1.897	2.146
420	1.256	1.421	1.672	1.892	2.140	2.420
480	1.450	1.640	1.931	2.184	2.470	2.794
540	1.732	1.960	2.306	2.608	2.950	3.337
600	2.188	2.475	2.913	3.294	3.726	4.215
660	3.080	3.483	4.099	4.636	5.244	5.932
720	5.938	6.716	7.904	8.940	10.112	11.437
780	31.406	35.523	41.805	47.284	53.482	60.493
840	3.981	4.503	5.299	5.994	6.780	7.668
900	2.546	2.880	3.389	3.833	4.335	4.904
960	1.929	2.182	2.568	2.905	3.286	3.716
1020	1.577	1.784	2.099	2.374	2.685	3.037
1080	1.345	1.522	1.791	2.025	2.291	2.591
1140	1.180	1.335	1.571	1.777	2.010	2.273
1200	1.056	1.194	1.405	1.590	1.798	2.034
1260	0.958	1.084	1.275	1.443	1.632	1.846
1320	0.879	0.995	1.170	1.324	1.497	1.694
1380	0.814	0.921	1.084	1.226	1.386	1.568
1440	0.759	0.859	1.011	1.143	1.293	1.462

Nota. Elaboración propia.

**Figura 41.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 05 Años*

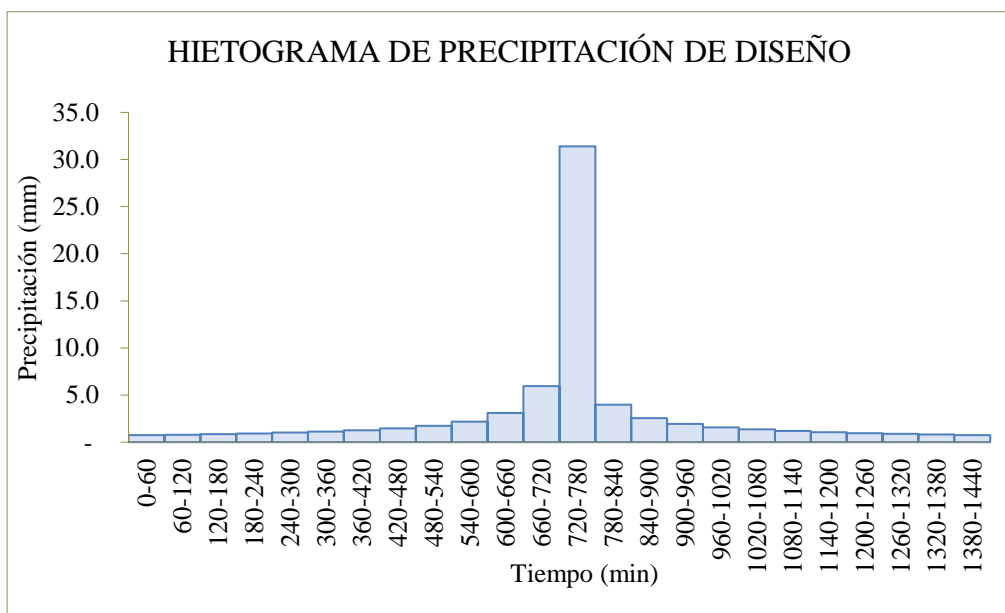


Nota. Elaboración propia.

En la figura 41 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 05$  años.

**Figura 42.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 10 Años*



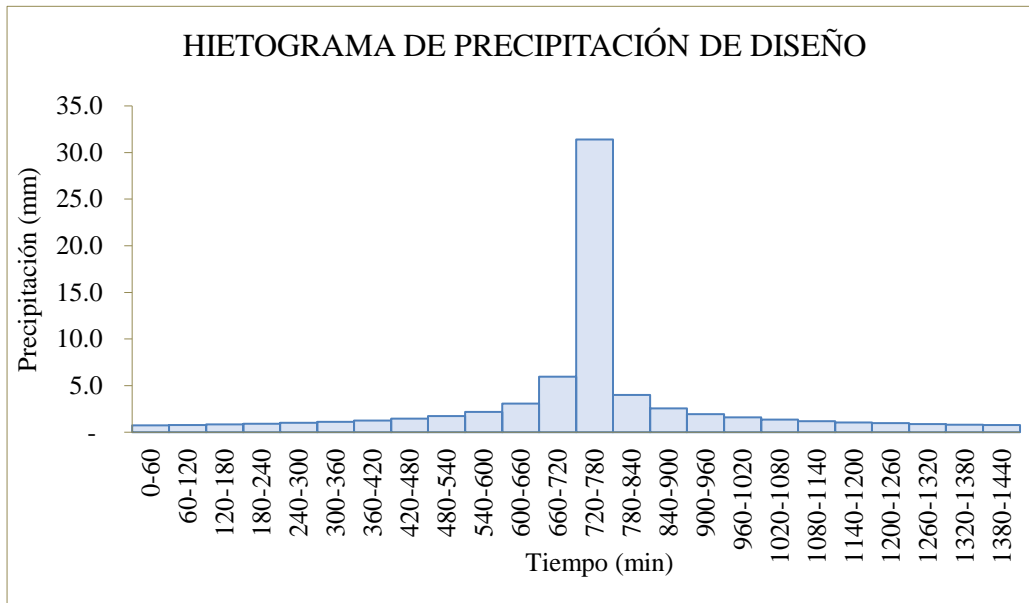
Nota. Elaboración propia.

En la figura 42 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 10$  años.



**Figura 43.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 25 Años*

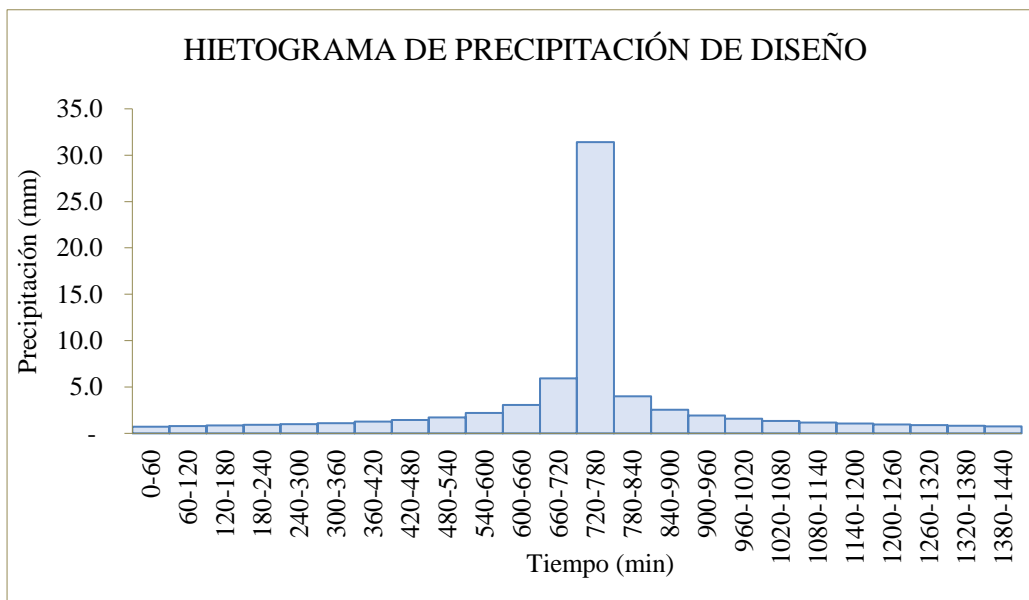


Nota. Elaboración propia.

En la figura 43 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 25$  años.

**Figura 44.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 50 Años*

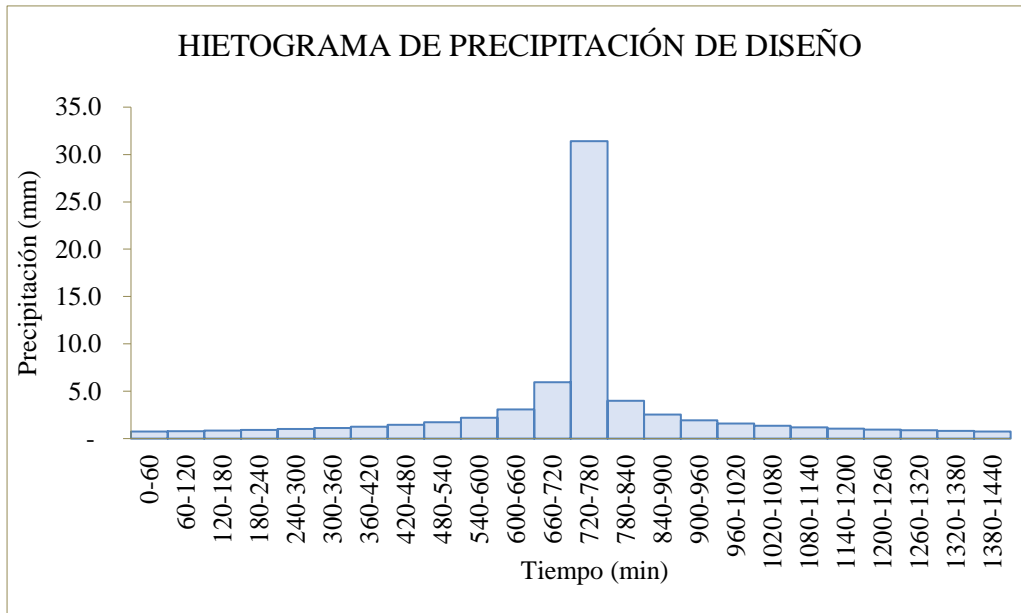


Nota. Elaboración propia.

En la figura 44 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 50$  años.

**Figura 45.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 100 Años*

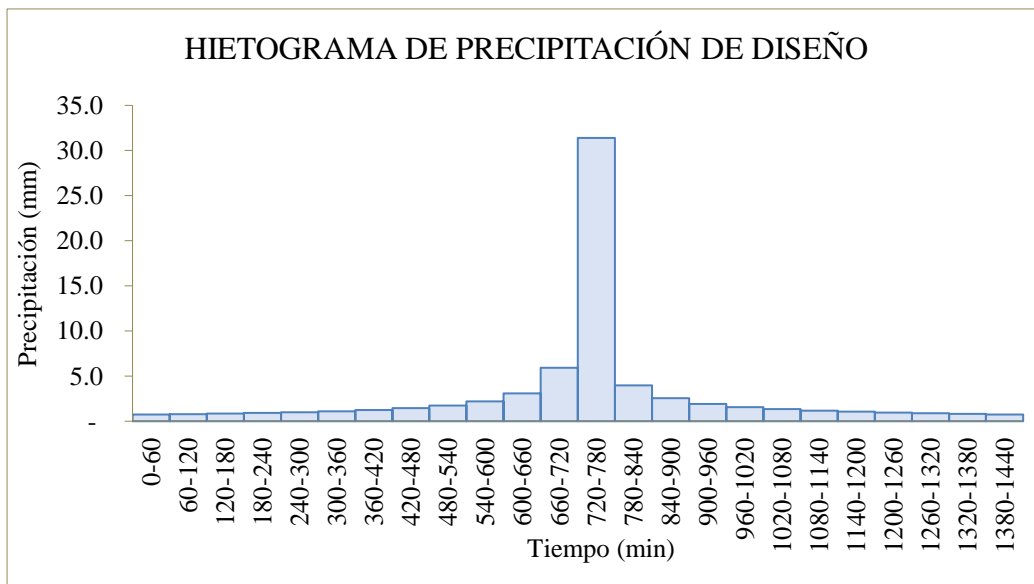


Nota. Elaboración propia.

En la figura 45 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 100$  años.

**Figura 46.**

*Hietograma de Precipitación de Diseño para un Tr de 200 años*

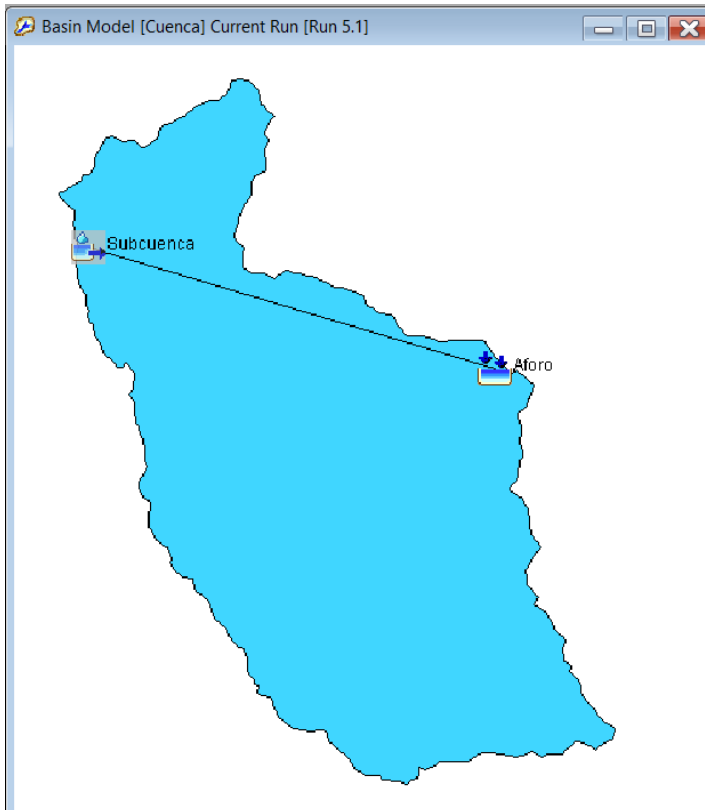


Nota. Elaboración propia.

En la figura 46 el gráfico representa el comportamiento de la intensidad de las precipitaciones con respecto al tiempo, para un  $Tr = 200$  años.

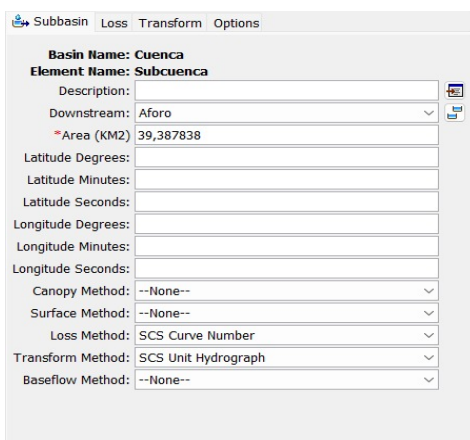
Los caudales se determinaron mediante una simulación hidráulica en el programa Hec\_HMS, con la cuenca ya delimitada en ArcGIS, la CN determinada y los hietogramas de precipitación de diseño se obtienen los caudales para los diferentes Tr.

**Figura 47.**  
*Modelo de Simulación en Hec-HMS*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 48.**  
*Parámetros del Modelo de Simulación*



Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 05 años se tiene un caudal de 116,3 m<sup>3</sup>/s

**Figura 49.**

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 05 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run 5.1

Start of Run: 24jul2023, 00:00 Basin Model: Cuenca  
End of Run: 25jul2023, 12:00 Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time:13sep2023, 16:26:17 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	116,3	24jul2023, 13:00	24,19

Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 10 años se tiene un caudal de 149, 5 m<sup>3</sup>/s

**Figura 50.**

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 10 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run10.1

Start of Run: 24jul2023, 00:00 Basin Model: Cuenca  
End of Run: 25jul2023, 12:00 Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time:13sep2023, 16:37:08 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	149,5	24jul2023, 13:00	30,61

Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 25 años se tiene un caudal de 202.8 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 51.**

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 25 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run25.1

Start of Run: 24jul2023, 00:00 Basin Model: Cuenca  
End of Run: 25jul2023, 12:00 Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	202,8	24jul2023, 13:00	41,04

Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 50 años se tiene un caudal de 251.4 m<sup>3</sup>/s.

### Figura 52.

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 50 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run50.1				
Start of Run: 24jul2023, 00:00		Basin Model: Cuenca		
End of Run: 25jul2023, 12:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	251,4	24jul2023, 13:00	50,63

Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 100 años se tiene un caudal de 308 m<sup>3</sup>/s.

### Figura 53.

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 100 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run100.1				
Start of Run: 24jul2023, 00:00		Basin Model: Cuenca		
End of Run: 25jul2023, 12:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 05ago2023, 21:03:59		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	308,0	24jul2023, 13:00	61,89

Nota. Elaboración propia.

Para el Tr de 200 años se tiene un caudal de 373.5 m<sup>3</sup>/s.

### Figura 54.

*Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s) para un Tr de 200 Años*

Project: Cochabamba Simulation Run: Run200.1				
Start of Run: 24jul2023, 00:00		Basin Model: Cuenca		
End of Run: 25jul2023, 12:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 05ago2023, 21:05:59		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	39,387838	373,5	24jul2023, 13:00	75,06

Nota. Elaboración propia.

Por tanto, se obtuvieron los siguientes caudales que permitieron obtener las áreas de inundación en diferentes Tr.

**Tabla 21.**

*Caudales de Diseño para los Diferentes Tr*

T	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)
05	116.3
10	149.5
25	202.8
50	251.4
100	308.0
200	373.5

Nota. Elaboración propia.

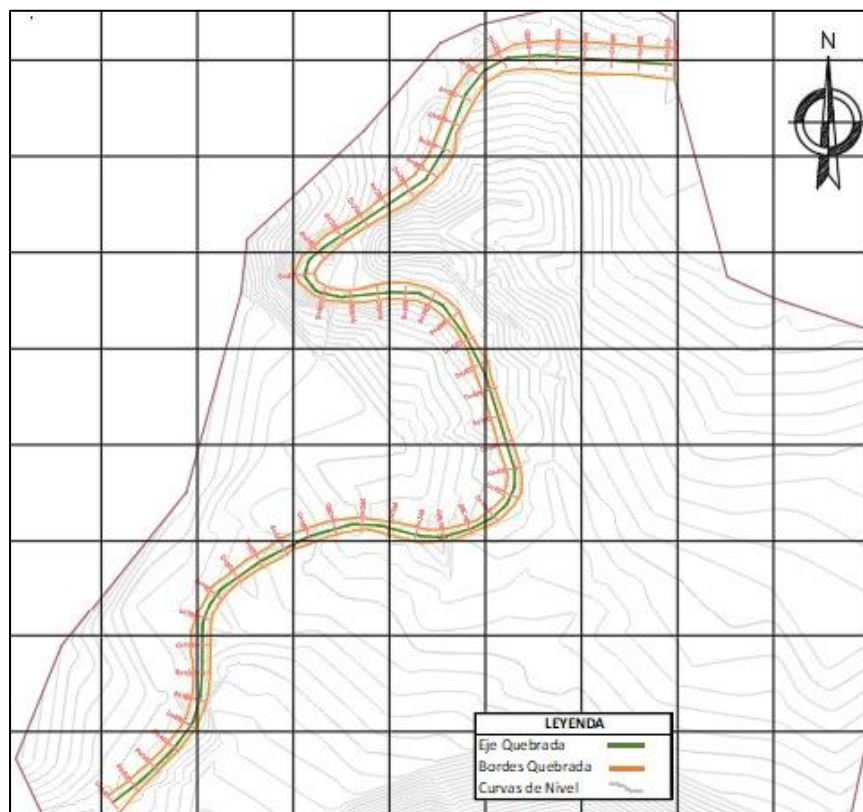
#### 4.1.4. Modelamiento hidráulico

##### Tratamiento de Información en Civil 3D para el Modelado Hidráulico.

En el programa civil 3D se trabajó la topografía obtenida, se trazaron el eje de la quebrada y los bordes de la misma.

**Figura 55.**

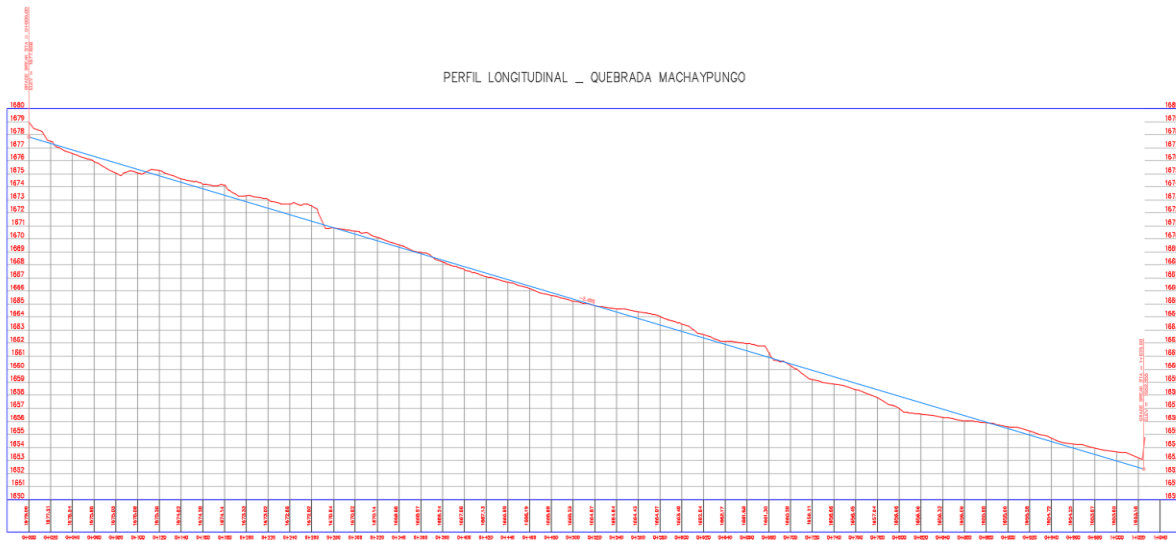
*Topografía de la Quebrada Machaypungo*



Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se realizó un a un alineamiento a lo largo de la quebrada para poder obtener el perfil del eje de la quebrada y su pendiente. De este modo se determinó que la longitud de la quebrada Machaypungo es de 1026 m con una pendiente de 2.49%.

**Figura 56.**  
*Perfil Longitudinal de la Quebrada*



Nota. Elaboración propia.

Seguido se generó las líneas de muestreo y/o secciones transversales verificando que no se crucen unas con otras y tratando que sean siempre perpendicular al eje de la quebrada, finalmente se procede a exportar en archivo SHP los elementos generados (topografía, eje de la quebrada, bordes de la quebrada, líneas de muestreo) para así ser importados al software HEC-Ras y realizar el modelamiento hidráulico.

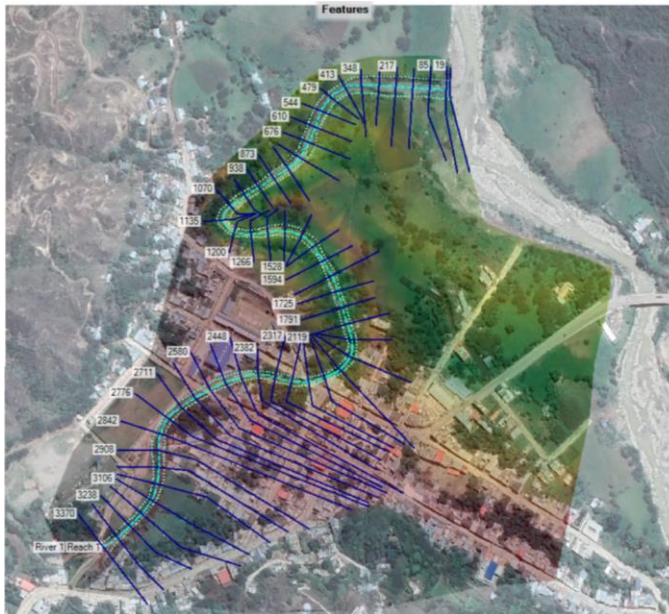
### **Modelo geométrico en Hec- ras**

Se creó un proyecto en Hec-Ras y con la herramienta RAS Mapper se generó el modelo geométrico, en dicha herramienta se importaron los archivos SHP (eje de la quebrada, líneas de muestreo y/o secciones transversales y bordes de la quebrada) obtenidos del tratamiento de información en CIVIL 3D, también se importaron los archivos de la superficie del terreno y una imagen satelital de alta resolución georreferenciada del área de estudio.



**Figura 57.**

*Geometría de la Quebrada Machaypungo*

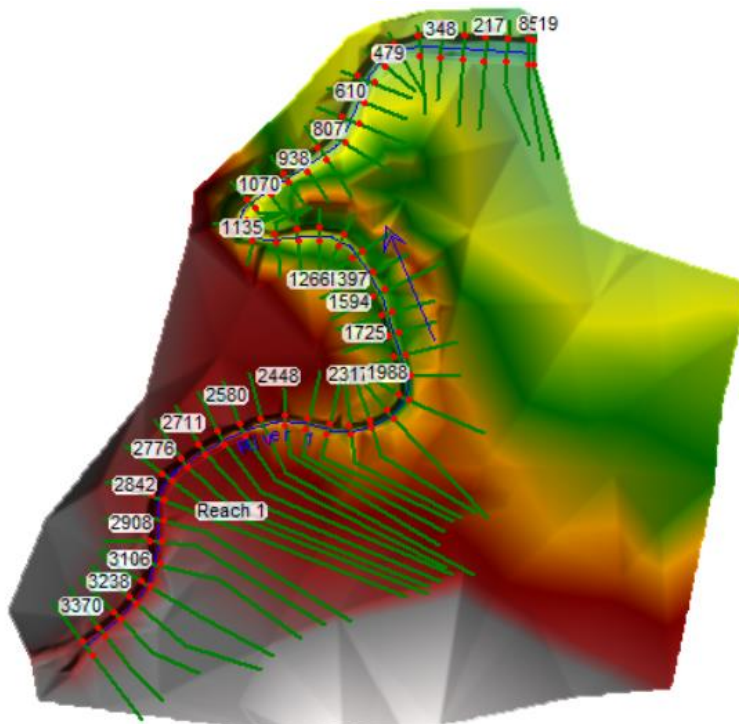


Nota. Elaboración propia.

En la figura 57 se aprecia el eje, los bordes y las secciones transversales de la quebrada.

**Figura 58.**

*Geometría y Dirección de Flujo de la Quebrada Machaypungo*



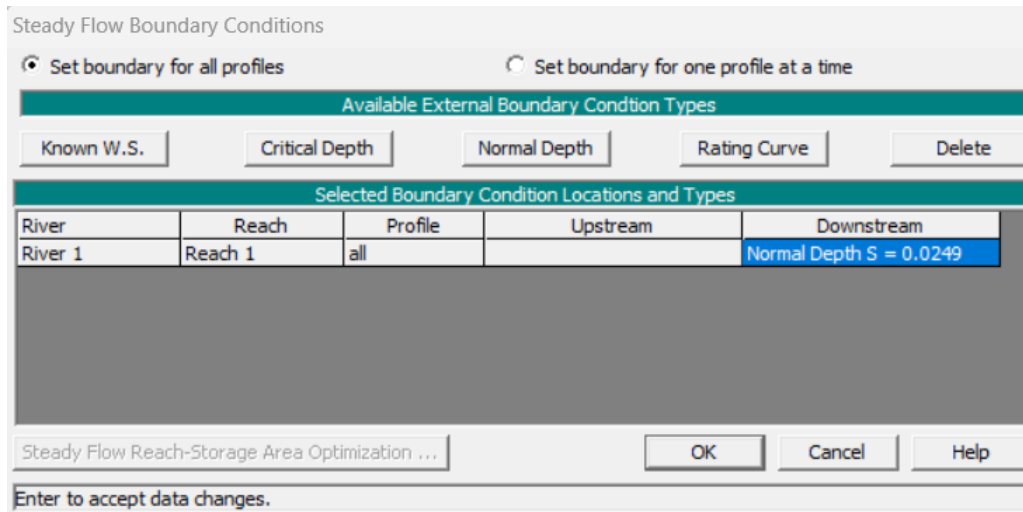
Nota. Elaboración propia.



Por tratarse de un modelado con un caudal constante, en la Herramienta Steady Flow Data se configura las Condiciones de Contorno (Normal Depth) y se inserta la pendiente de la quebrada (m/m).

**Figura 59.**

*Condiciones de Flujo*

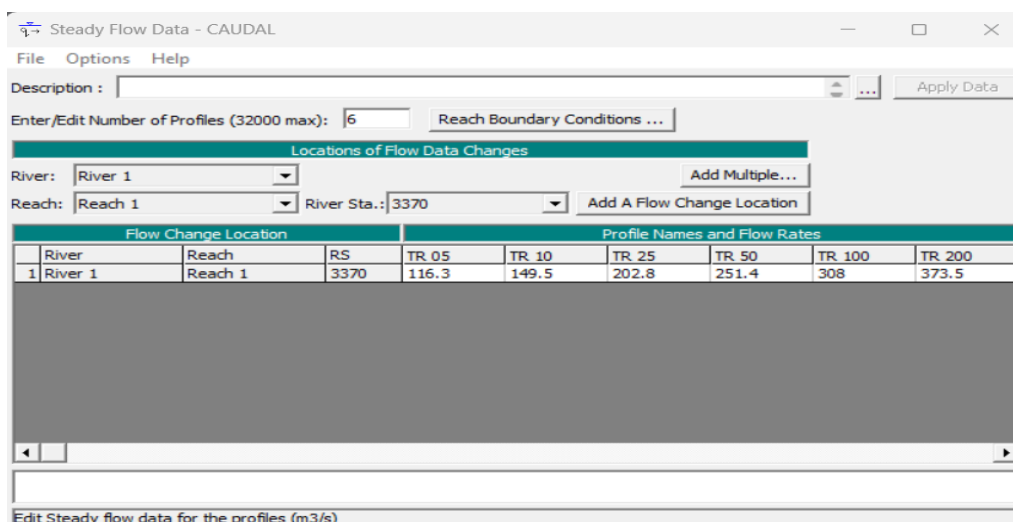


Nota. Elaboración propia.

También se insertaron los datos del caudal obtenidos en el estudio hidrológico para cada Tr.

**Figura 60.**

*Inserción de Datos de Caudales por Cada Tr*



Nota. Elaboración propia.

Se asignó la rugosidad para la quebrada ( $n=0.062$ ) y la planicie de inundación ( $n=0.1$ ), las cuales se definieron mediante el criterio de COWAN y la tabla de valores rugosidad “n” de VEN TE CHOW.

**Figura 61.**  
*Coefficientes de Rugosidad*

Edit Manning's n or k Values

River: River 1  Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: Reach 1 All Regions

Selected Area Edit Options

Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

River Station	Frcn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 3370	n	0.1	0.062	0.1
2 3304	n	0.1	0.062	0.1
3 3238	n	0.1	0.062	0.1
4 3172	n	0.1	0.062	0.1
5 3106	n	0.1	0.062	0.1
6 3040	n	0.1	0.062	0.1
7 2974	n	0.1	0.062	0.1
8 2908	n	0.1	0.062	0.1
9 2842	n	0.1	0.062	0.1
10 2776	n	0.1	0.062	0.1
11 2711	n	0.1	0.062	0.1
12 2645	n	0.1	0.062	0.1
13 2580	n	0.1	0.062	0.1
14 2514	n	0.1	0.062	0.1
15 2448	n	0.1	0.062	0.1
16 2382	n	0.1	0.062	0.1
17 2317	n	0.1	0.062	0.1
18 2251	n	0.1	0.062	0.1
19 2185	n	0.1	0.062	0.1
20 2119	n	0.1	0.062	0.1
21 2053	n	0.1	0.062	0.1
22 1988	n	0.1	0.062	0.1
23 1922	n	0.1	0.062	0.1
24 1857	n	0.1	0.062	0.1

OK Cancel Help

Nota. Elaboración propia.

Finalmente se configuró la simulación hidráulica en régimen permanente para así visualizar y analizar los resultados en los diferentes periodos de retorno.

**Figura 62.**  
*Área Inundable en un  $Tr = 05$  Años*



Nota. Elaboración propia.

Para generar los mapas de inundabilidad se exportaron los archivos de los resultados al Software ArcGIS. En donde se obtuvieron áreas de inundación y tirante máximo para los Tr de 05,10, 25, 50, 100 y 200 años.

**Tabla 22.**

*Áreas de Inundación y Tirantes Máximos*

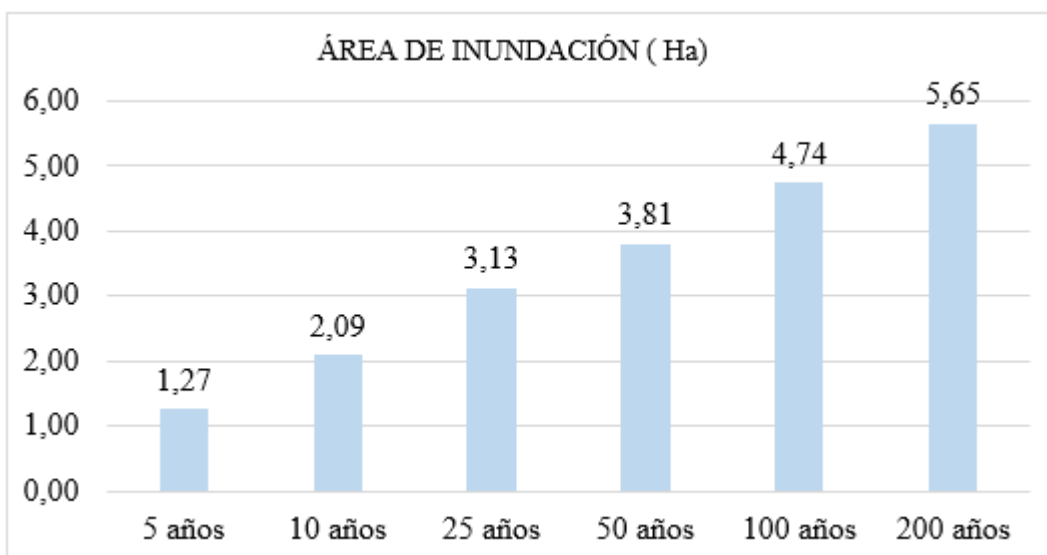
Periodo de retorno	Área de inundación (Ha)	Tirante máximo de inundación (m)
5 años	1.269559	4.6
10 años	2.088818	5.1
25 años	3.128176	5.7
50 años	3.808168	6.13
100 años	4.739982	7.14
200 años	5.654434	8.73

Nota. Elaboración propia.

Se puede observar que mientras más incrementa los periodos de retorno las áreas de inundación son mayores y los tirantes también aumentan. En donde el área máxima es de 5.654434 ha y el tirante de 8.73 m del Tr de 200 años.

**Figura 63.**

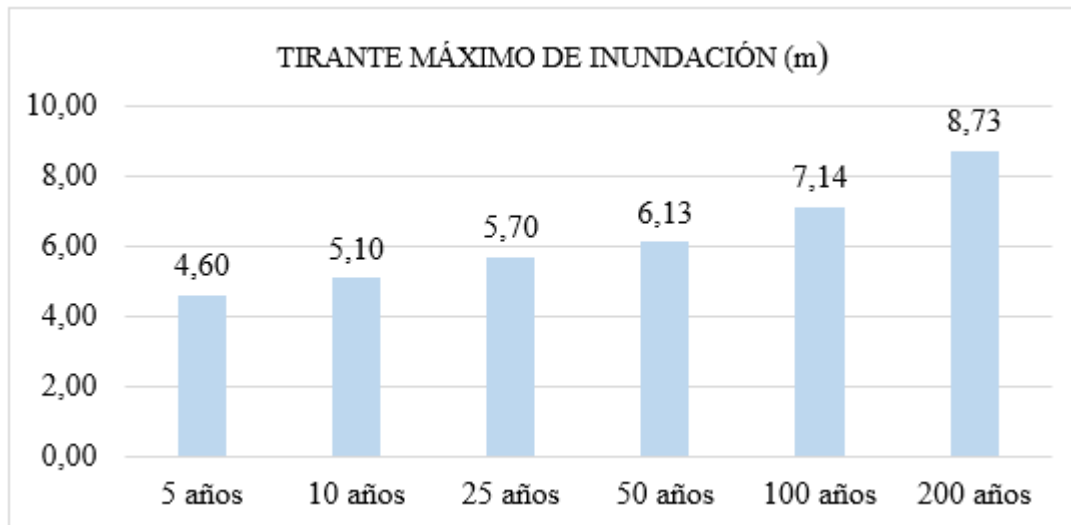
*Área de Inundación*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 64.**

*Tirantes Máximos de Inundación*

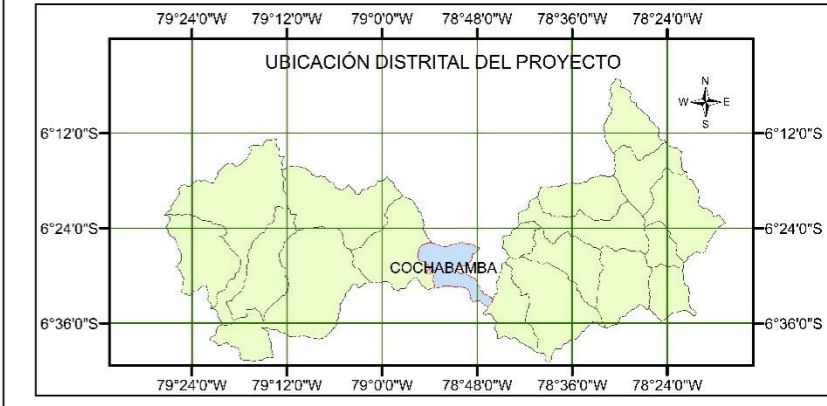
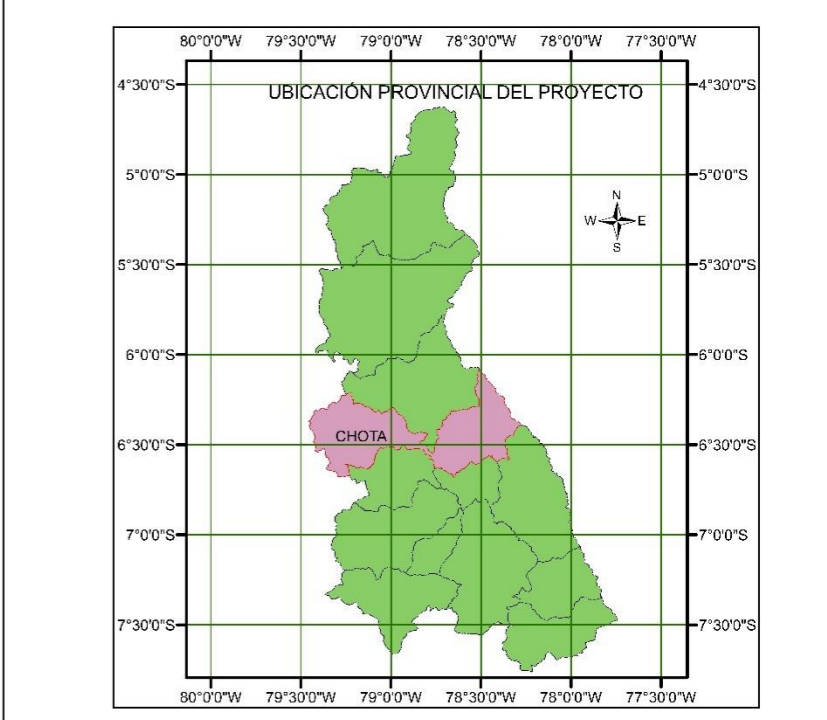
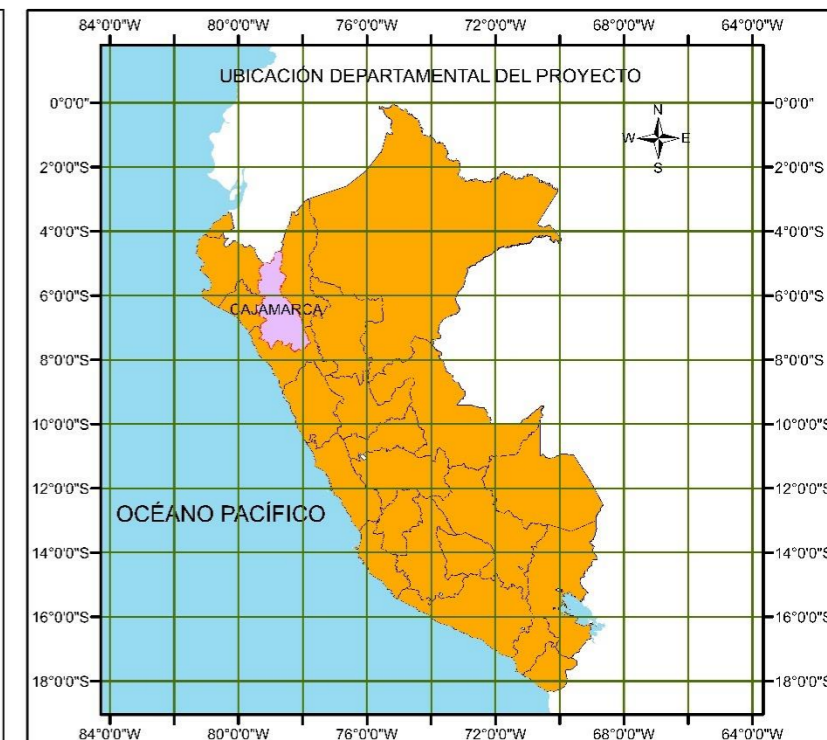
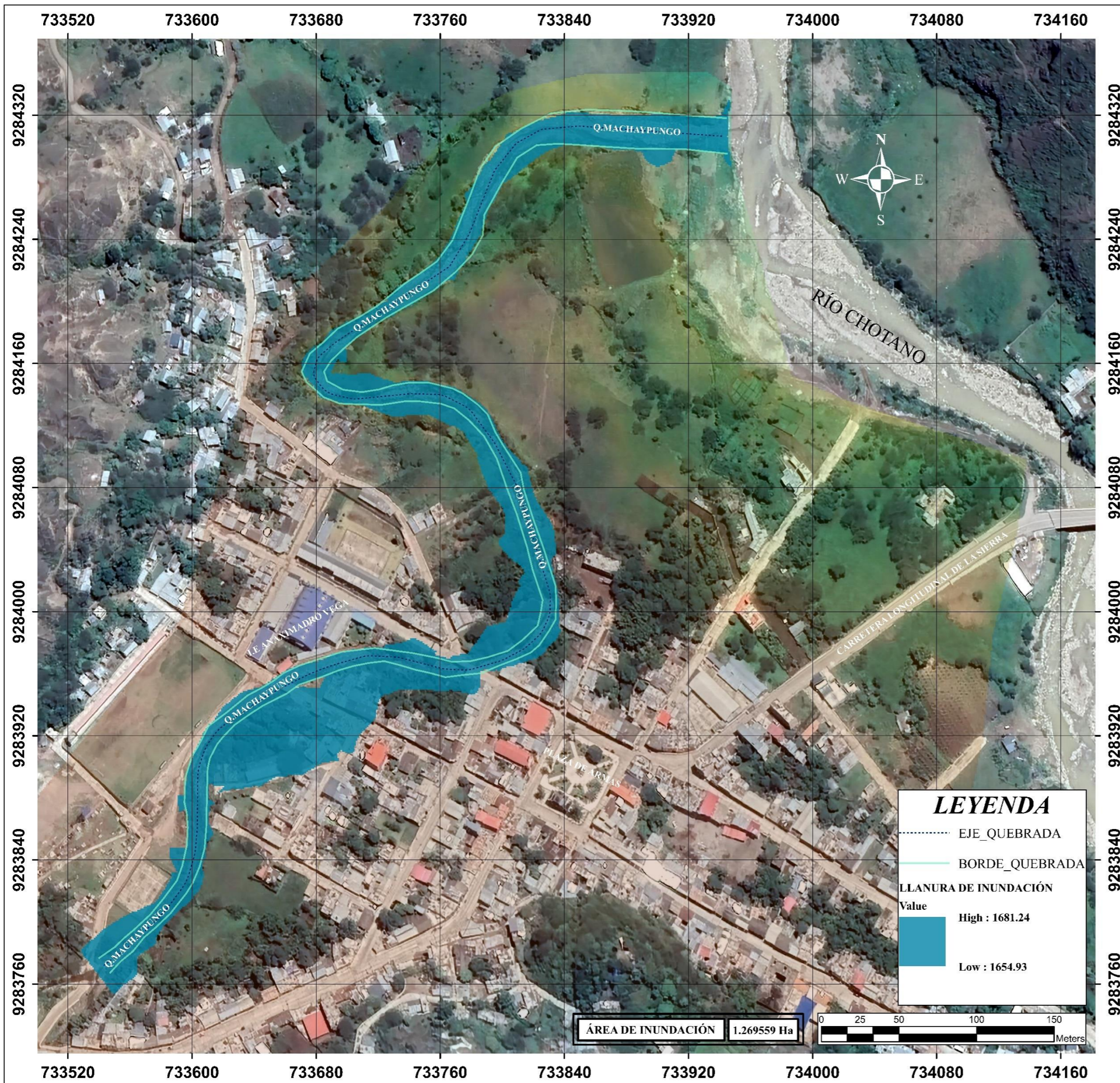


Nota. Elaboración propia.

#### **4.1.5. Mapas de áreas de inundación**

De acuerdo al modelado en HEC-RAS y el post proceso en ArcGIS se obtuvo los mapas de áreas de inundación y tirantes máximos para los diferentes Tr.

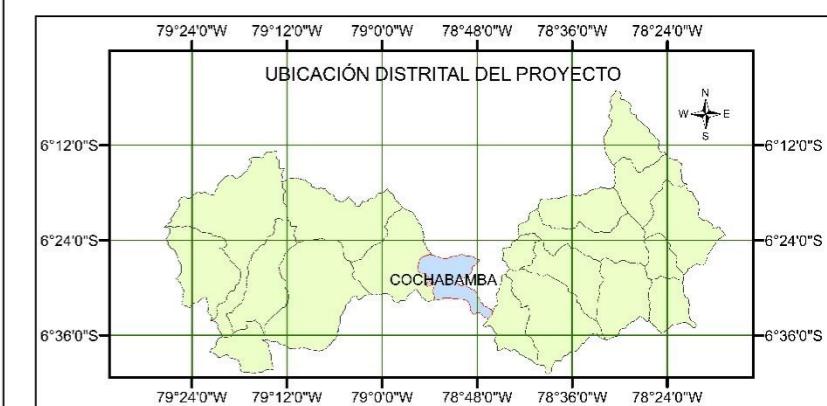
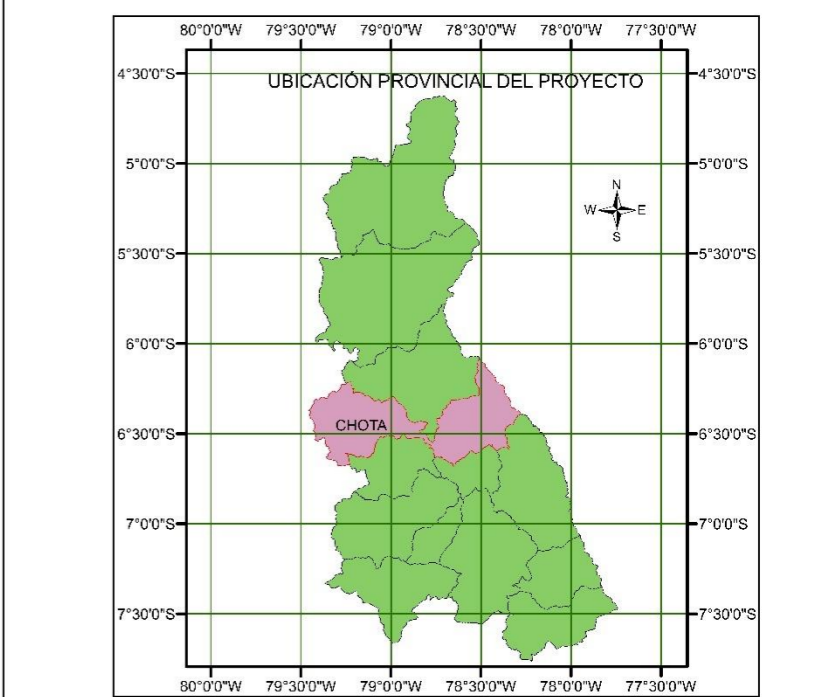
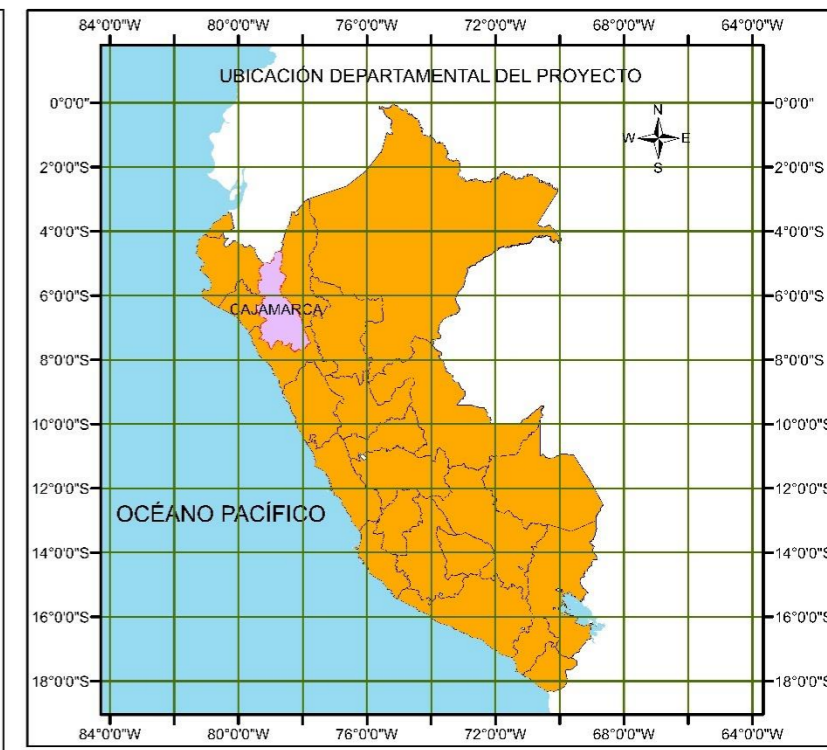
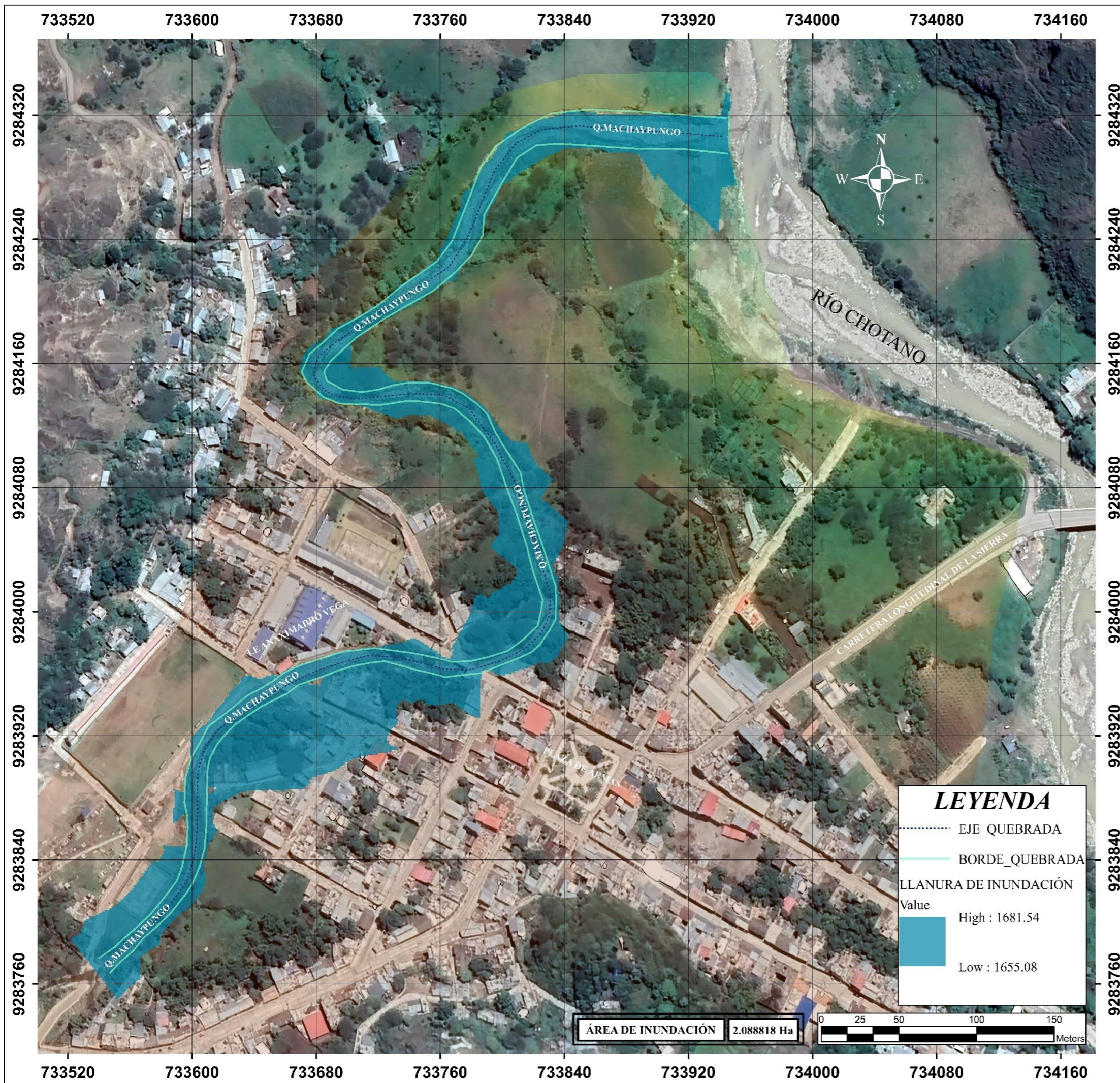




	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 05 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PI-01**

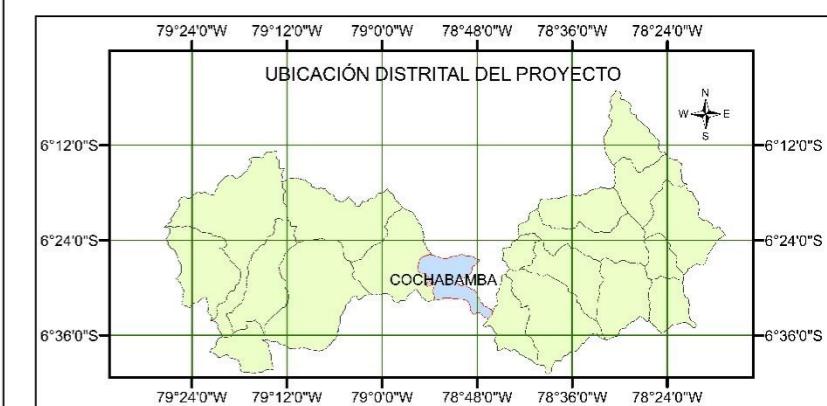
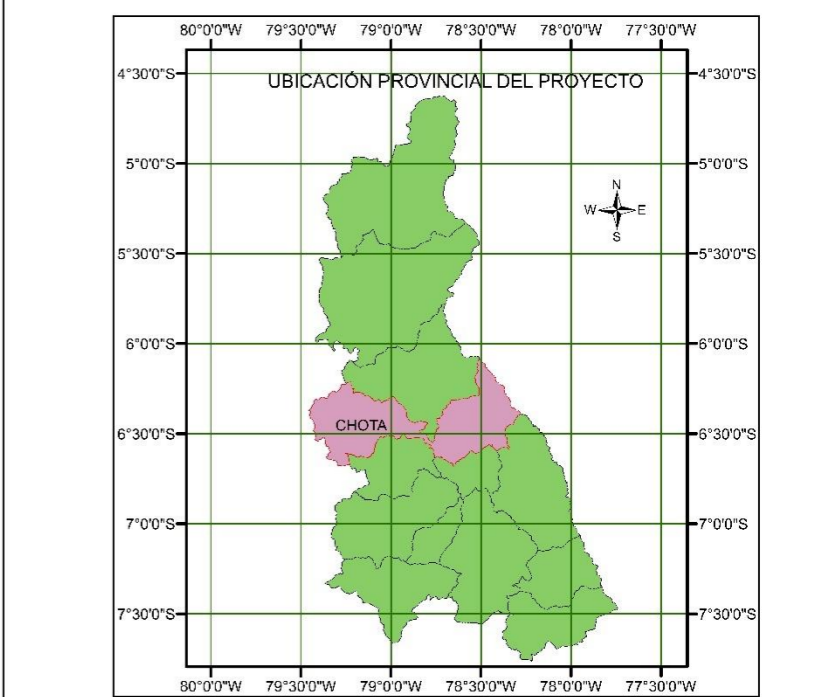
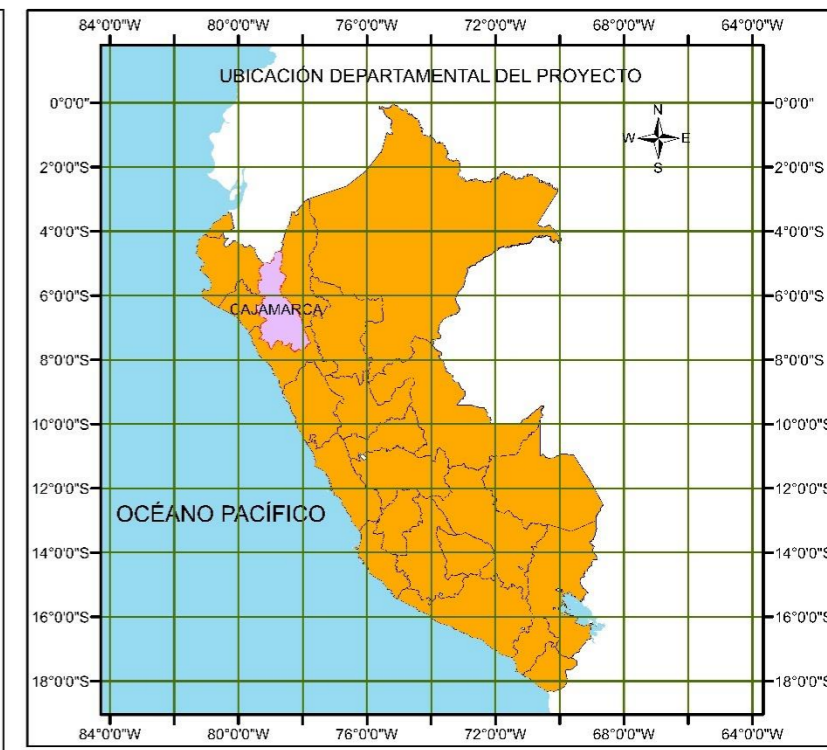
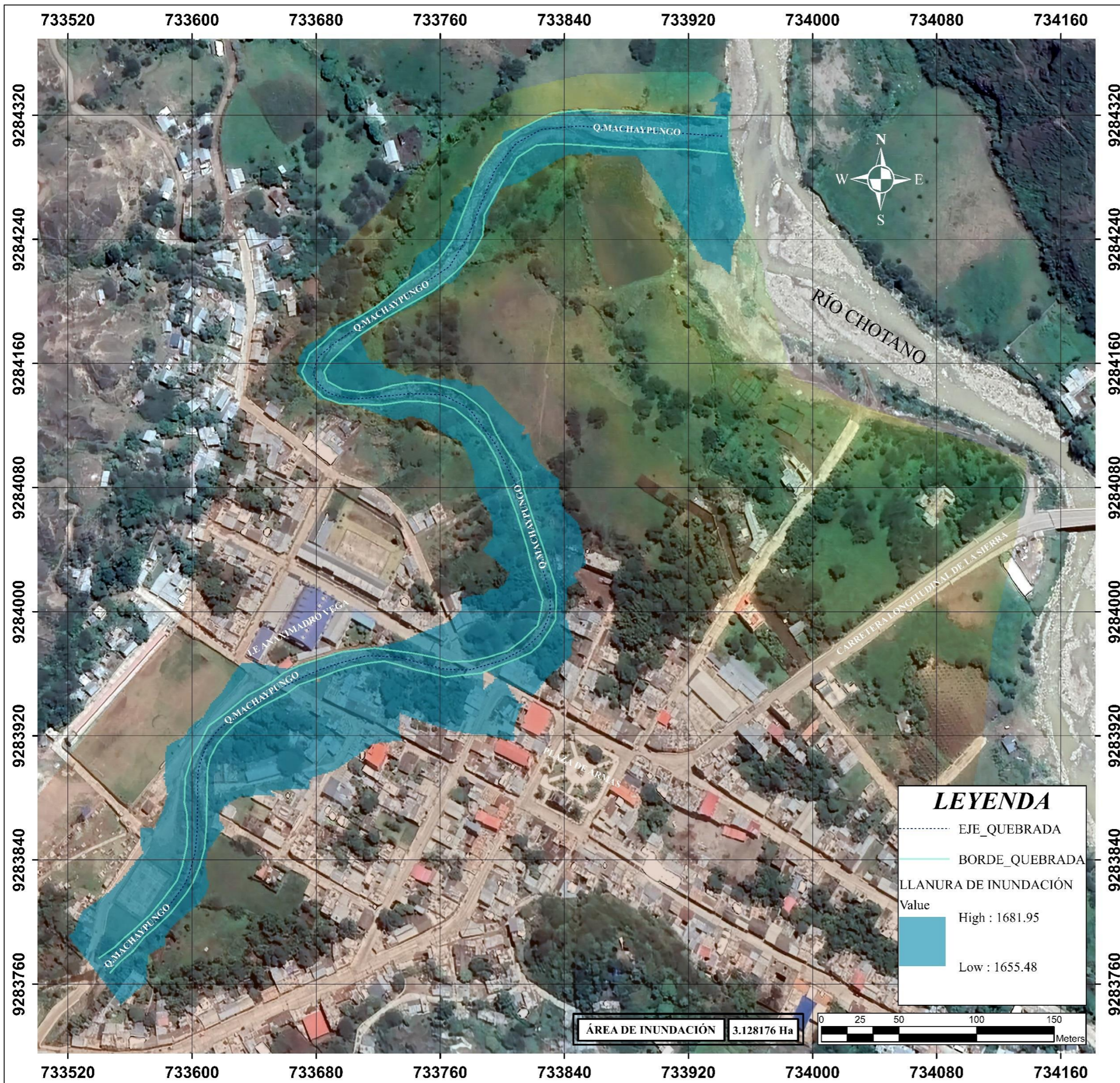




	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 10 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PI-02**





**LEYENDA**

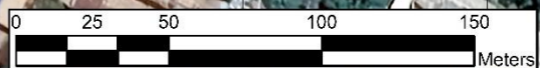
- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA
- LLANURA DE INUNDACIÓN

Value

High : 1681.95

Low : 1655.48

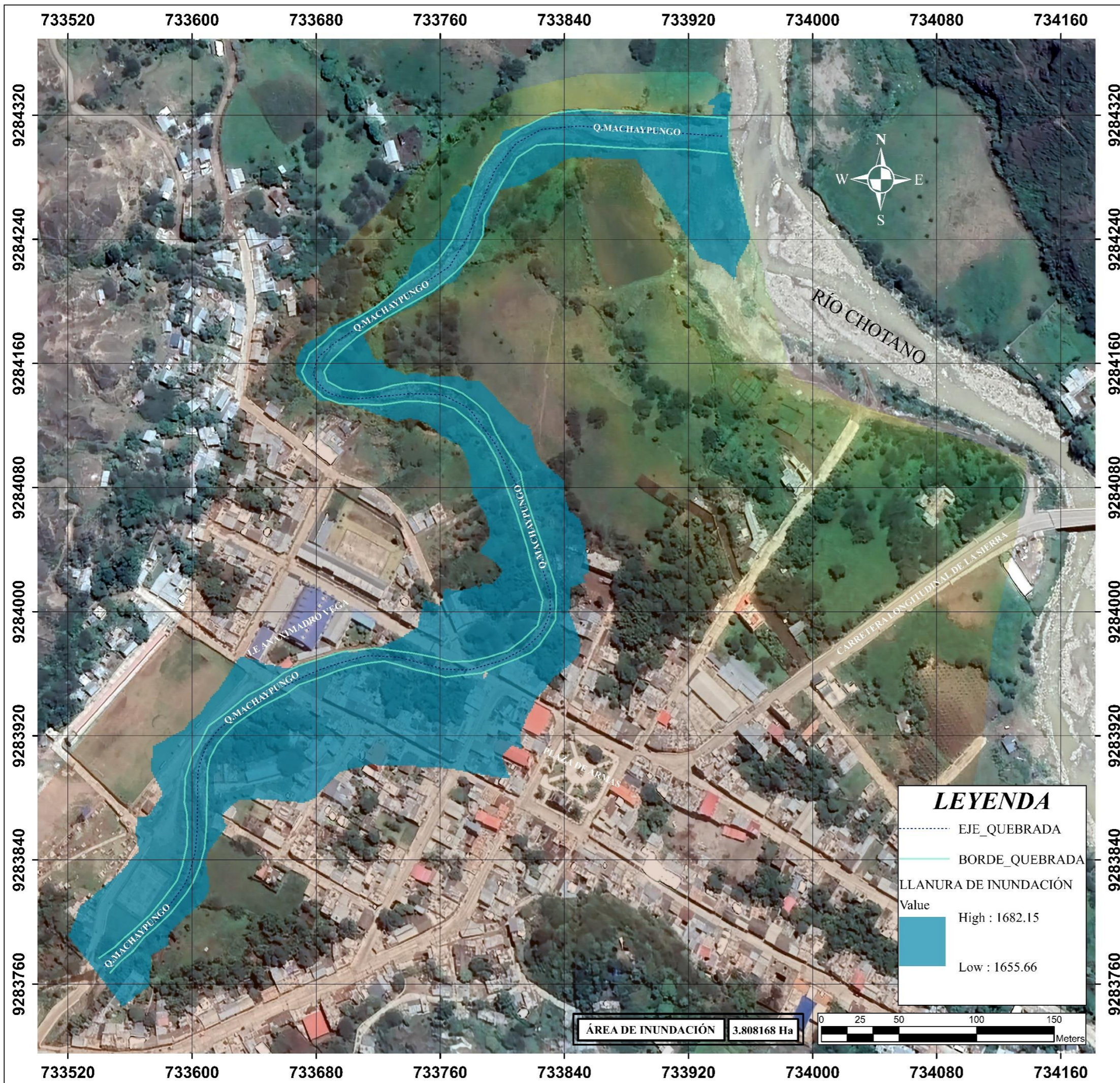
ÁREA DE INUNDACIÓN 3.128176 Ha



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 25 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PI-03**





ÁREA DE INUNDACIÓN 3.808168 Ha

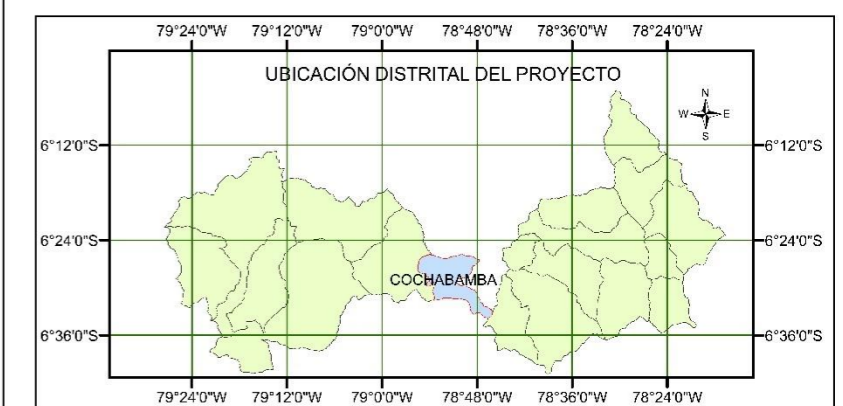
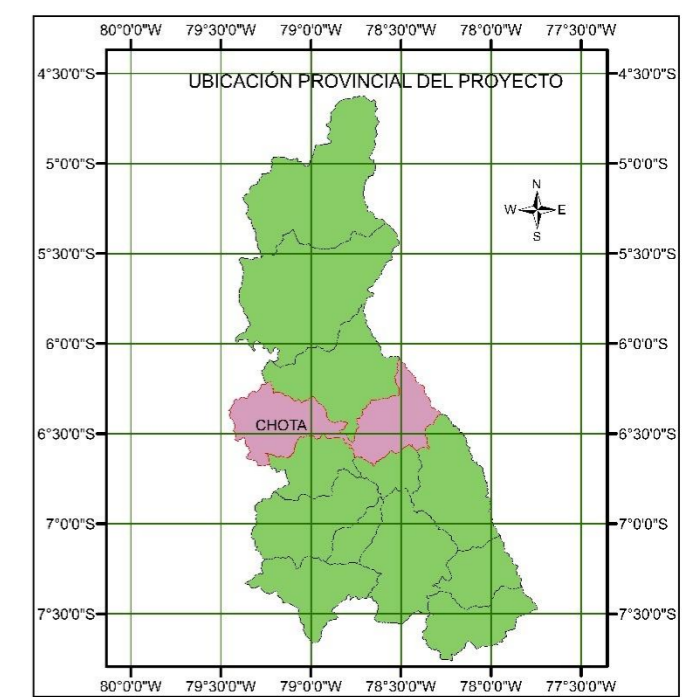
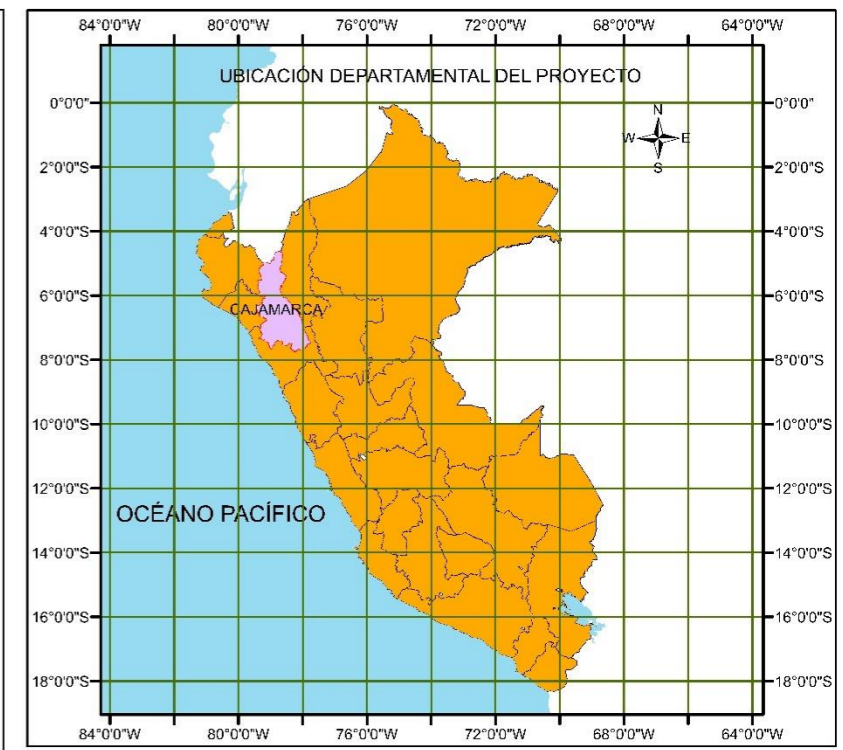
**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA
- LLANURA DE INUNDACIÓN

Value

High : 1682.15

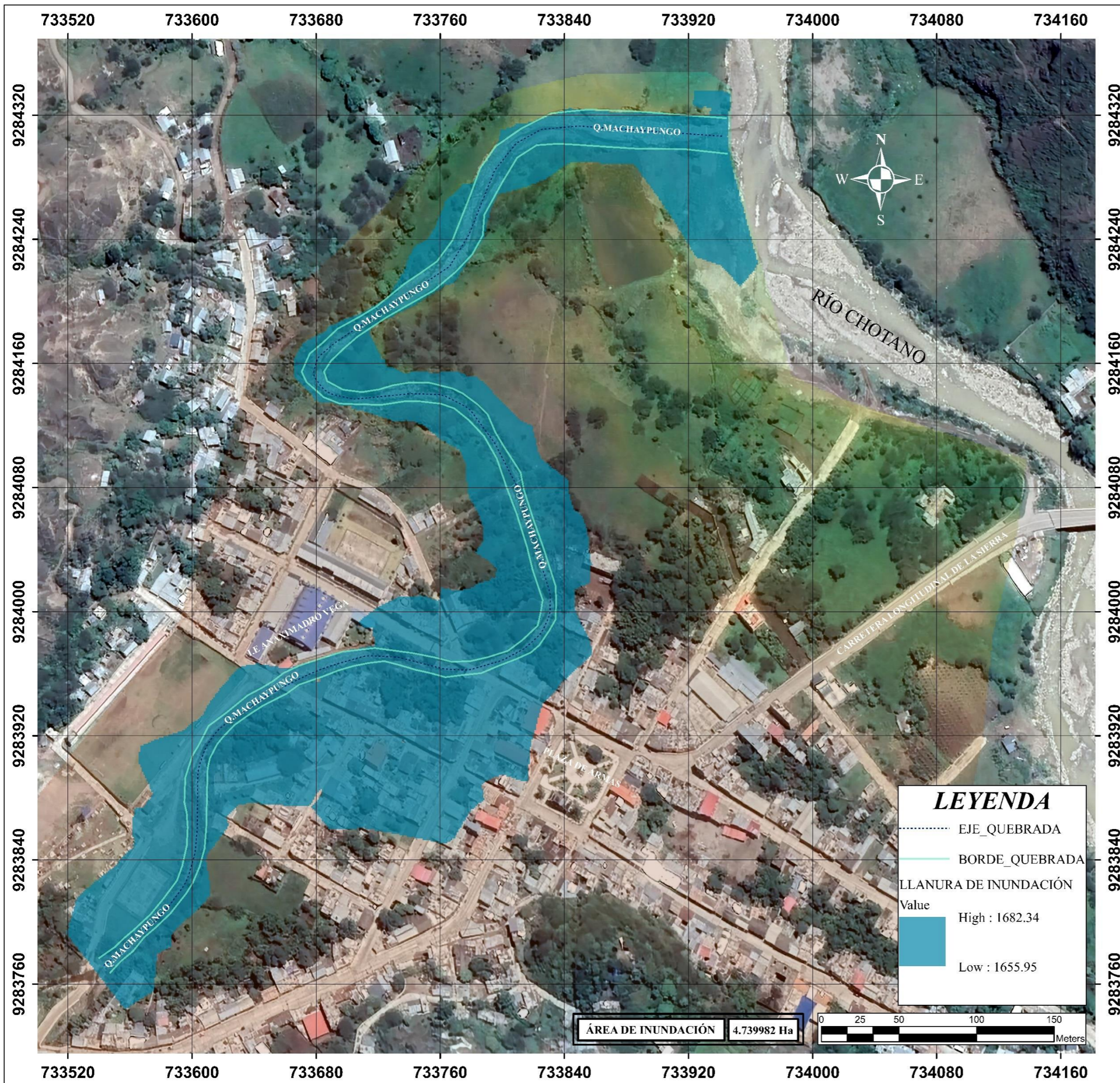
Low : 1655.66



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 50 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

PI-04





ÁREA DE INUNDACIÓN 4.739982 Ha

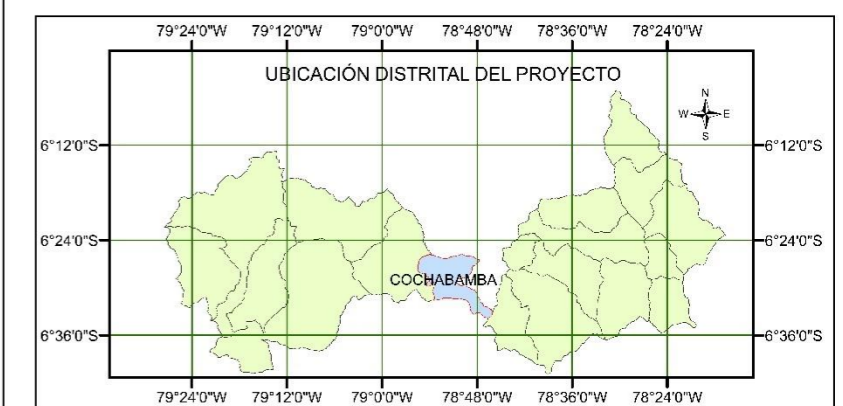
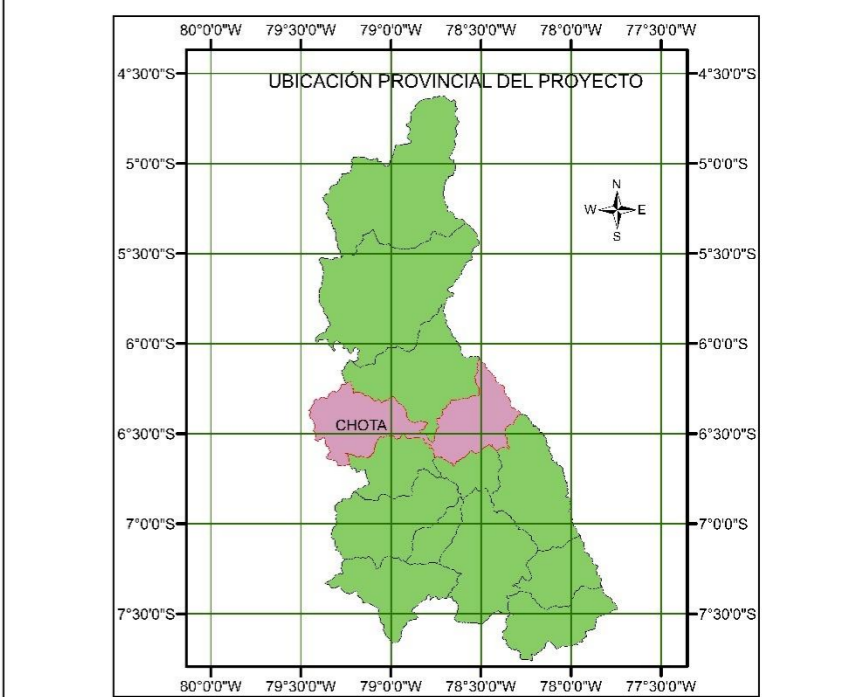
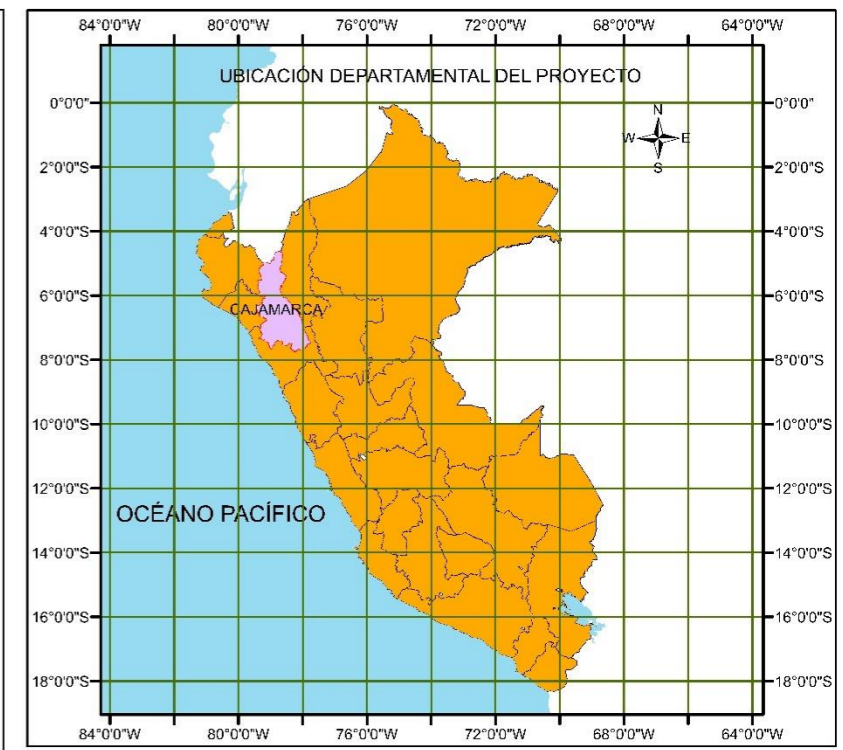
**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA
- LLANURA DE INUNDACIÓN

Value

High : 1682.34

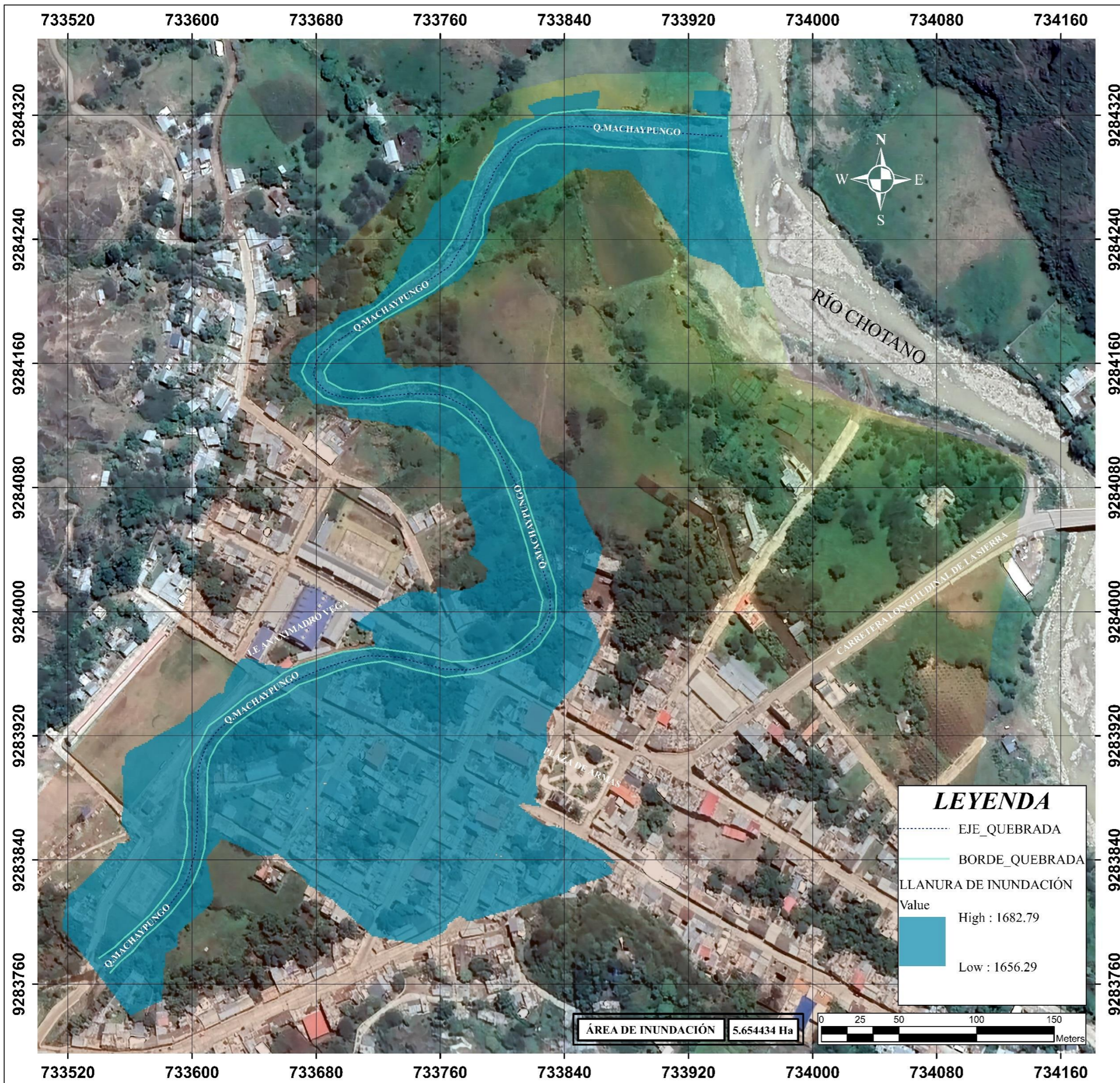
Low : 1655.95



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 100 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

PI-05

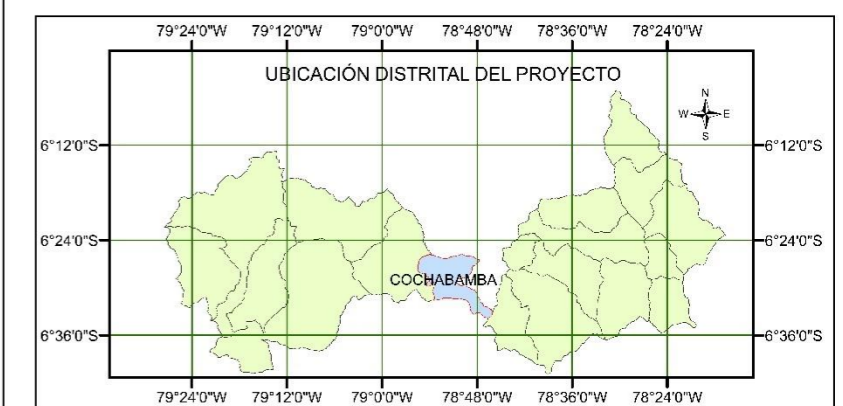
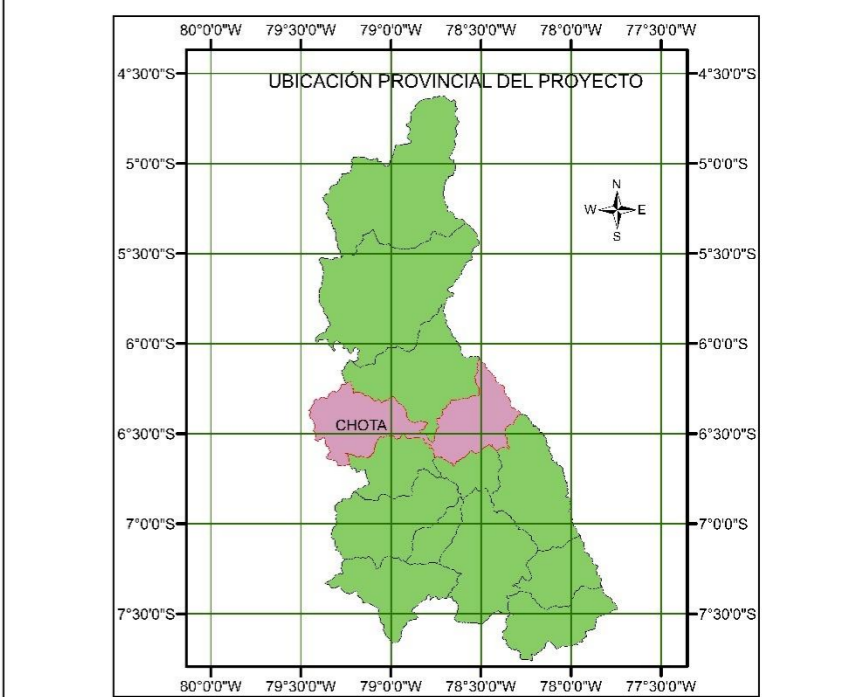
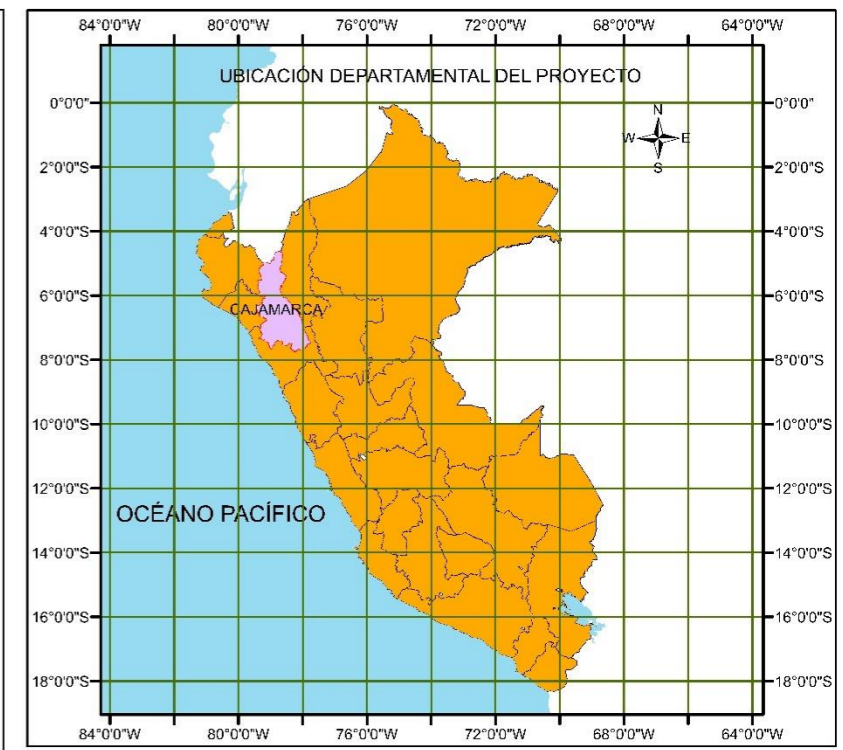




ÁREA DE INUNDACIÓN 5.654434 Ha

**LEYENDA**

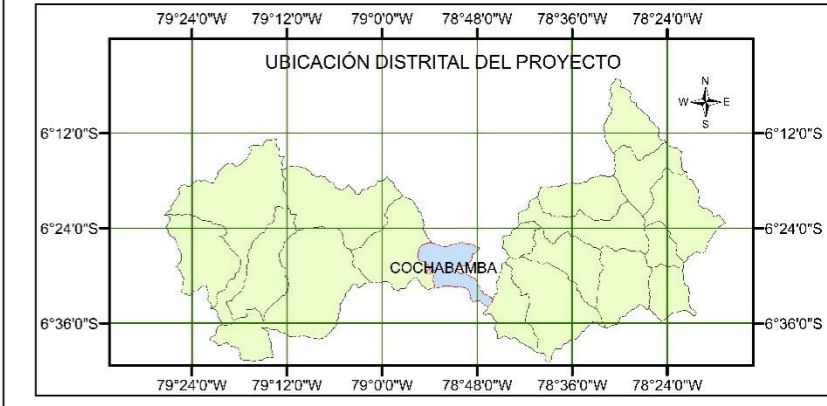
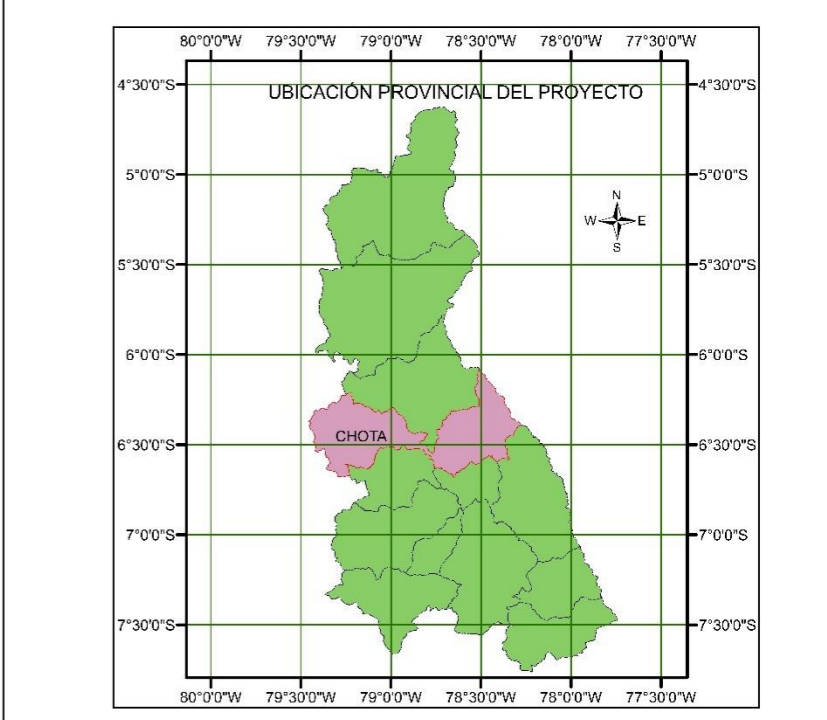
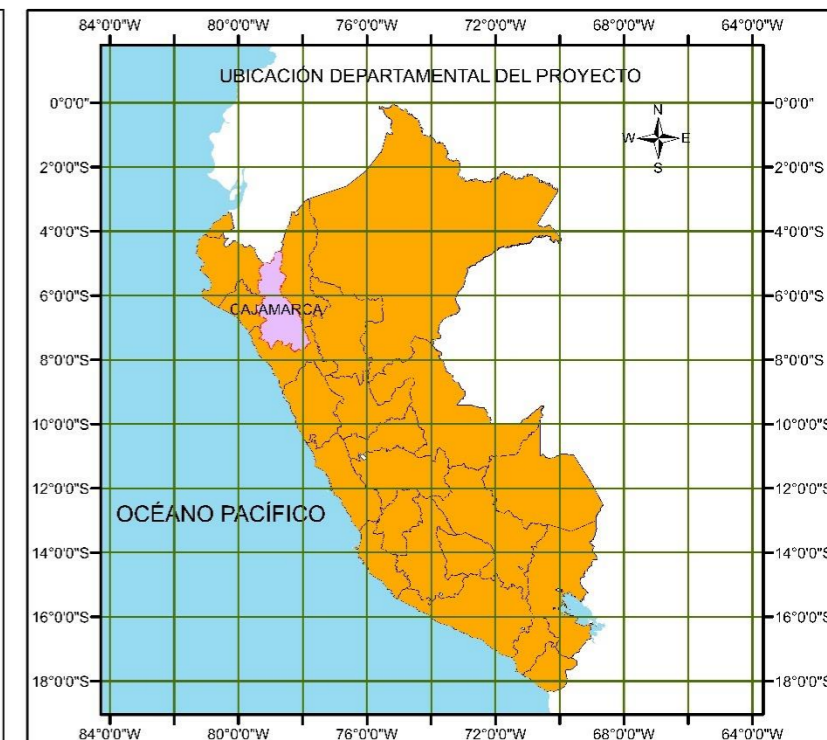
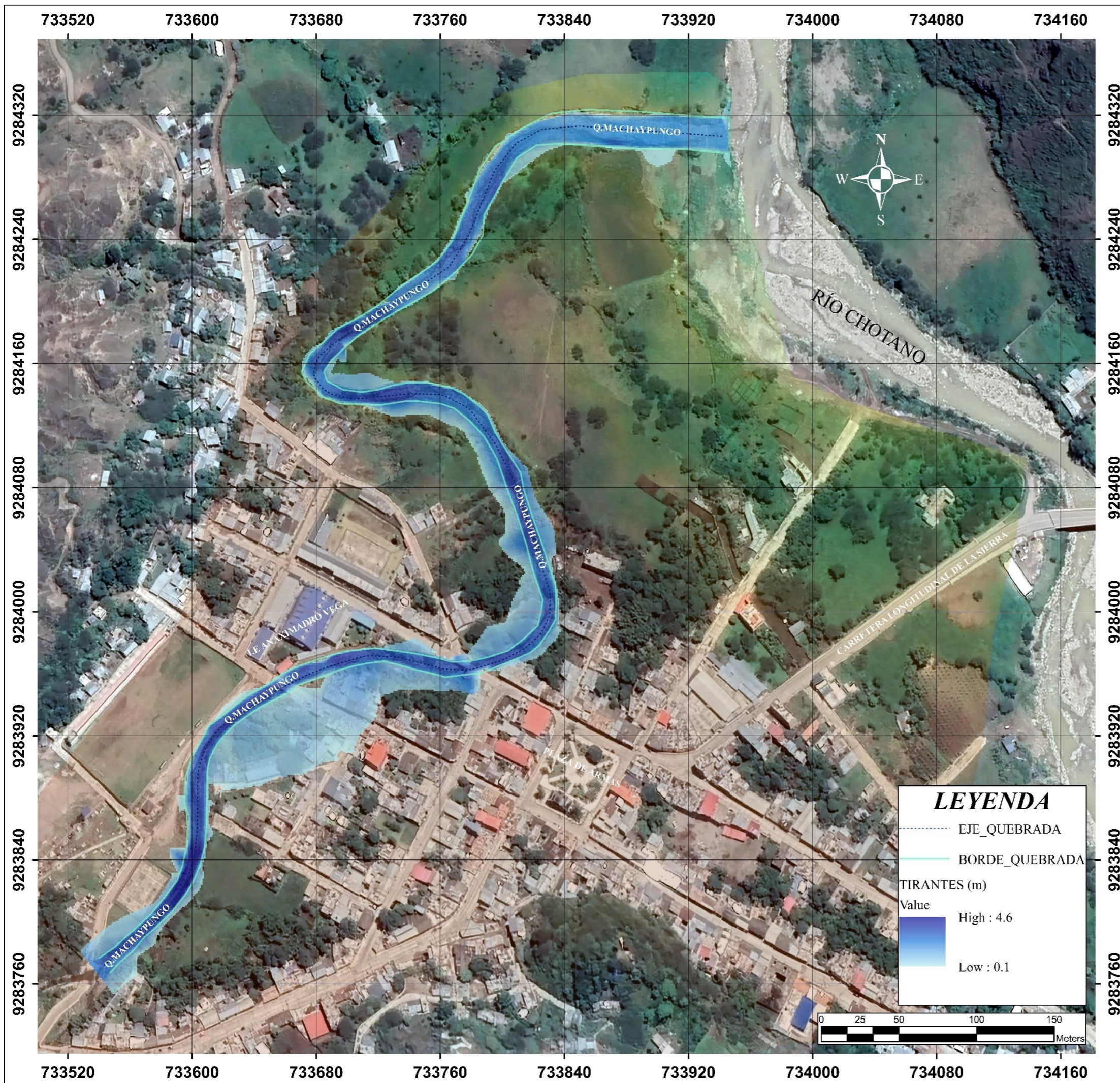
- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA
- LLANURA DE INUNDACIÓN
- Value
- High : 1682.79
- Low : 1656.29



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: ÁREA DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 200 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

PI-06



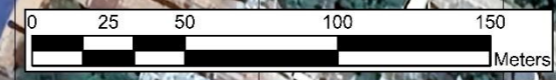


**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA

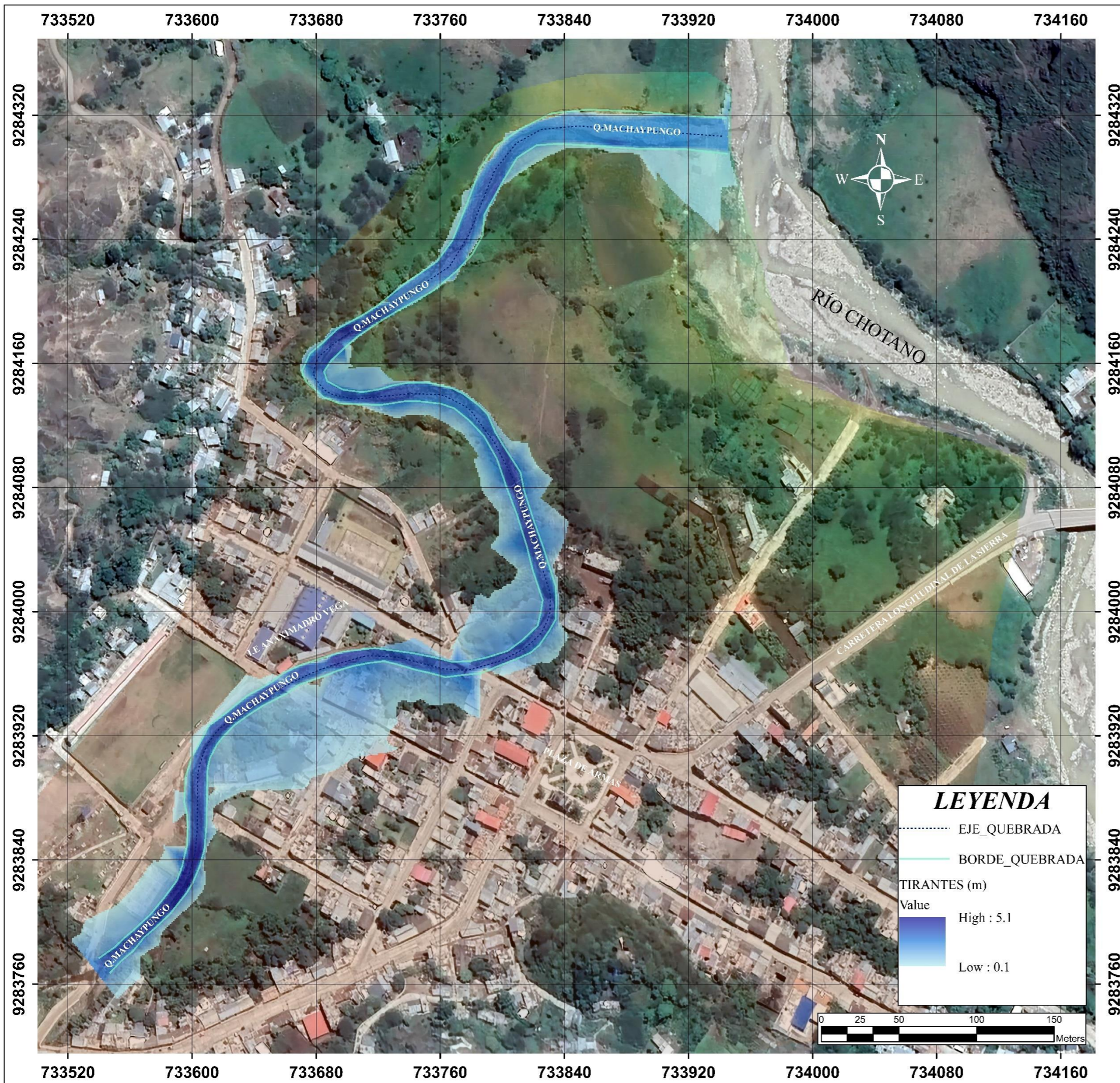
TIRANTES (m)

Value	High : 4.6
	Low : 0.1



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 05 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	<b>PT-01</b>	
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA:	AGOSTO 2023



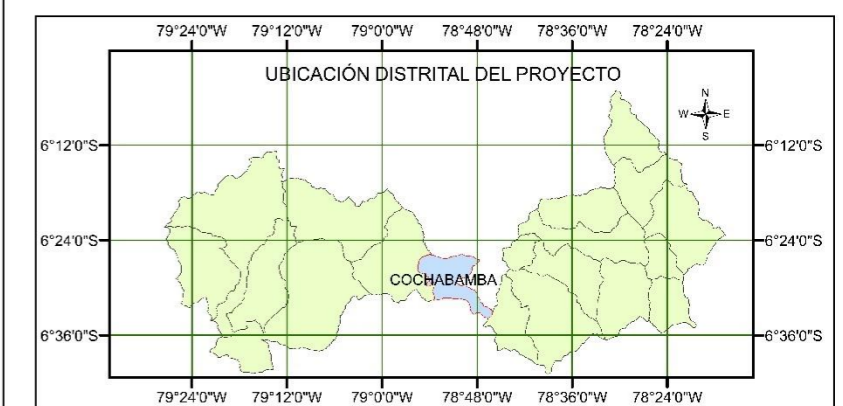
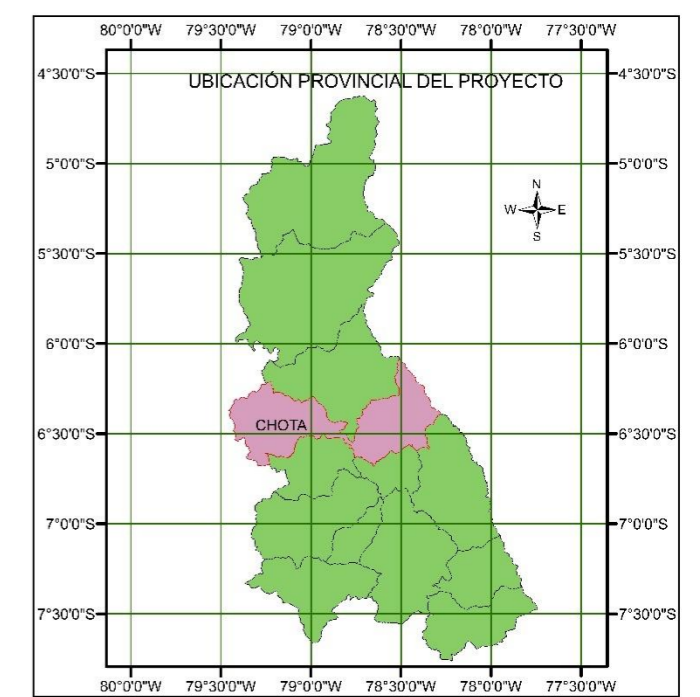
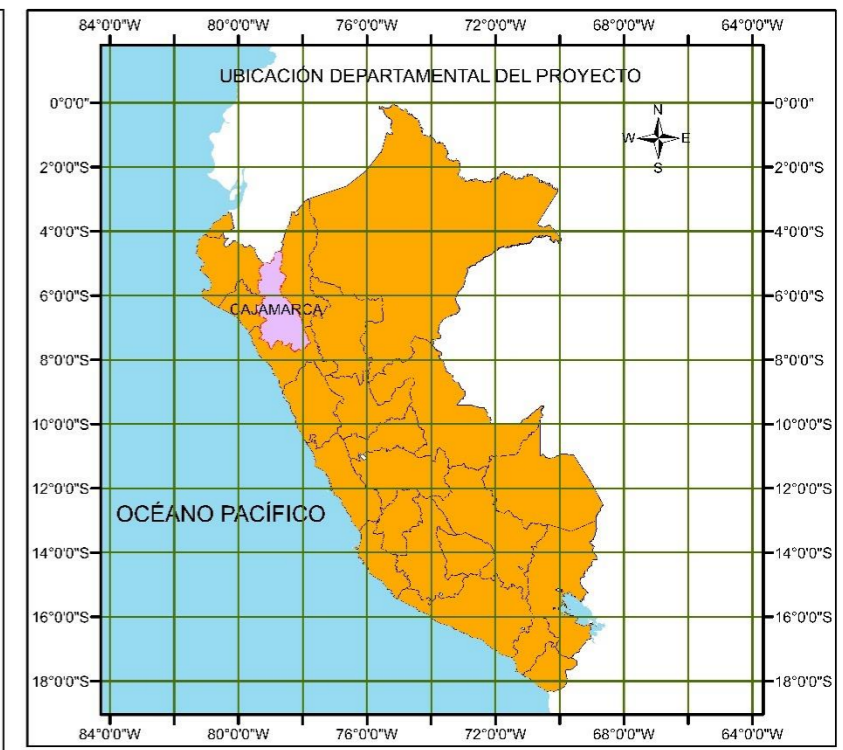


**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA

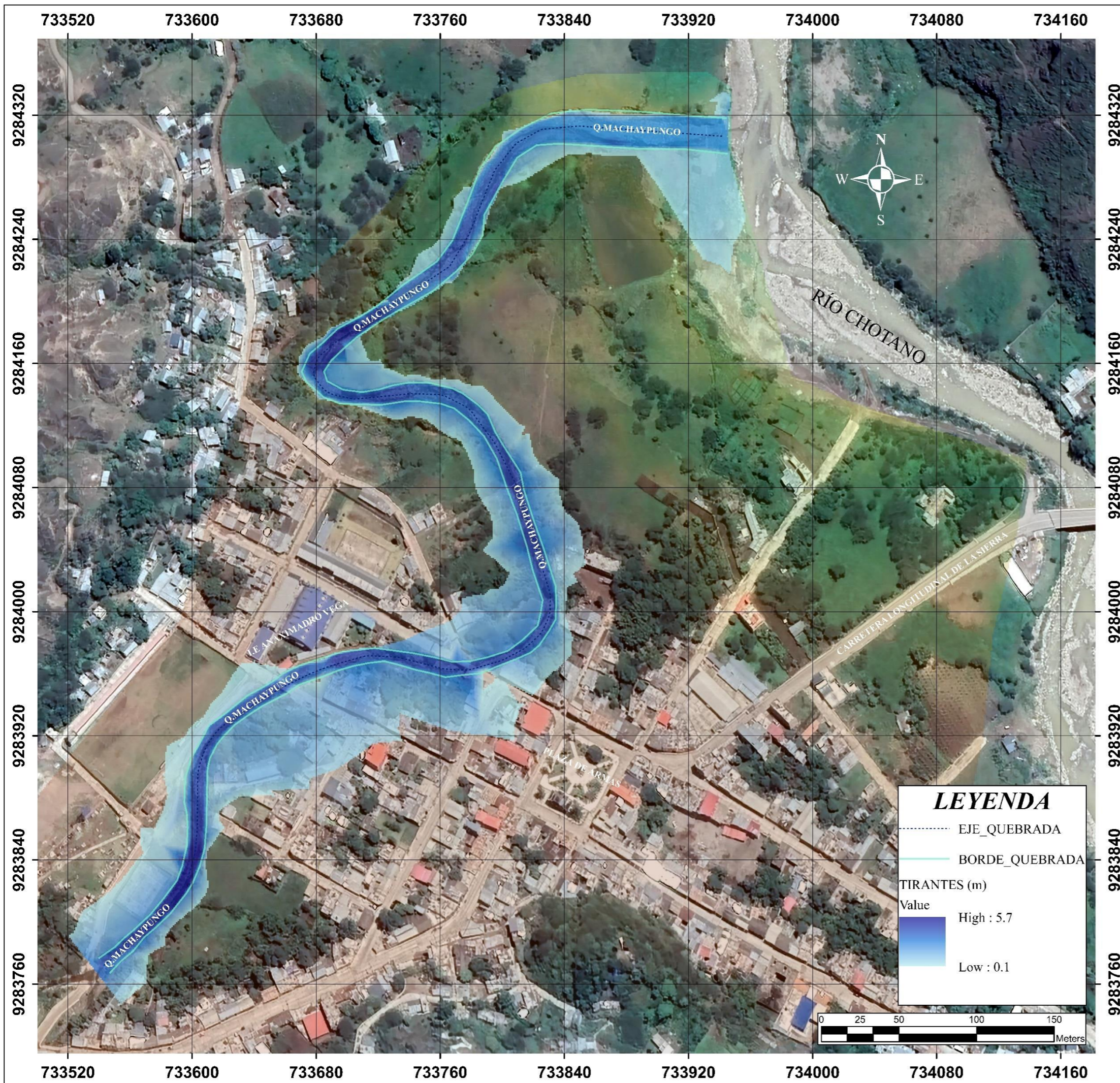
TIRANTES (m)

Value	High : 5.1
	Low : 0.1



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 10 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET		<b>PT-02</b>
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN		FECHA:



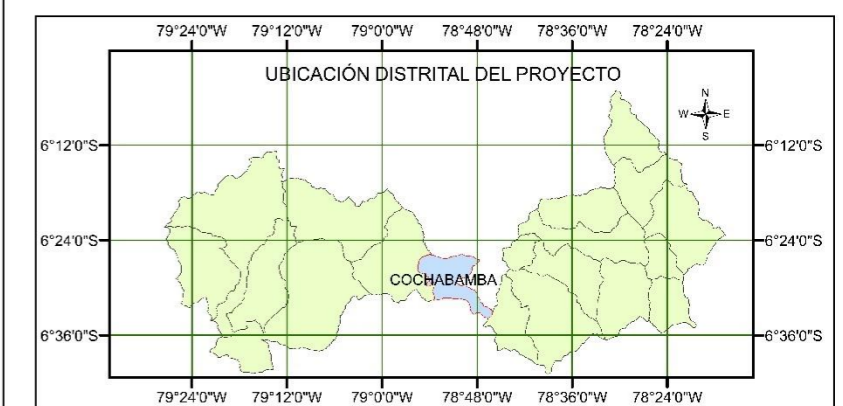
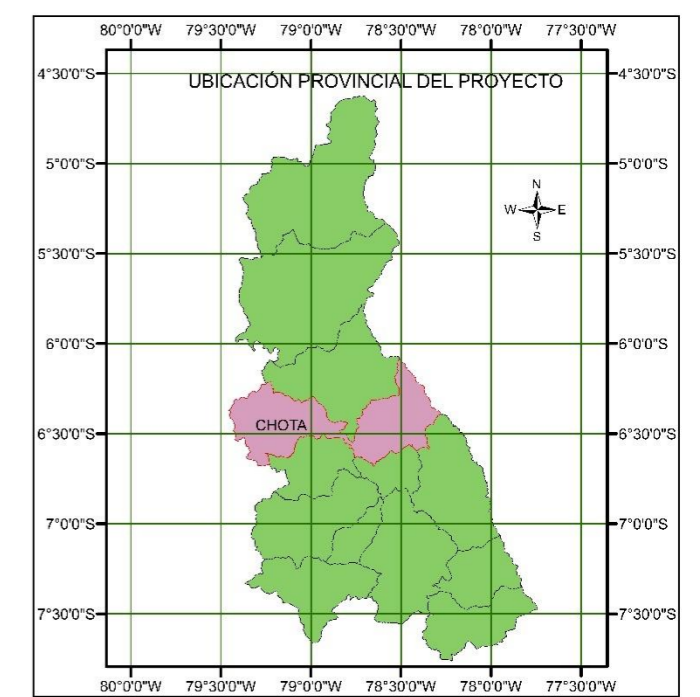
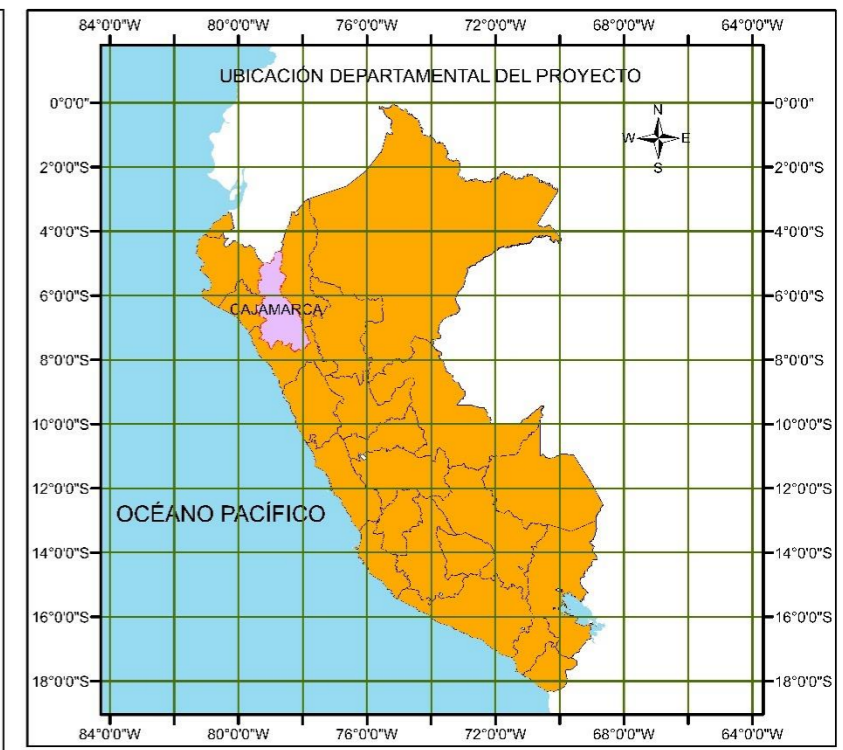


**LEYENDA**

- EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA

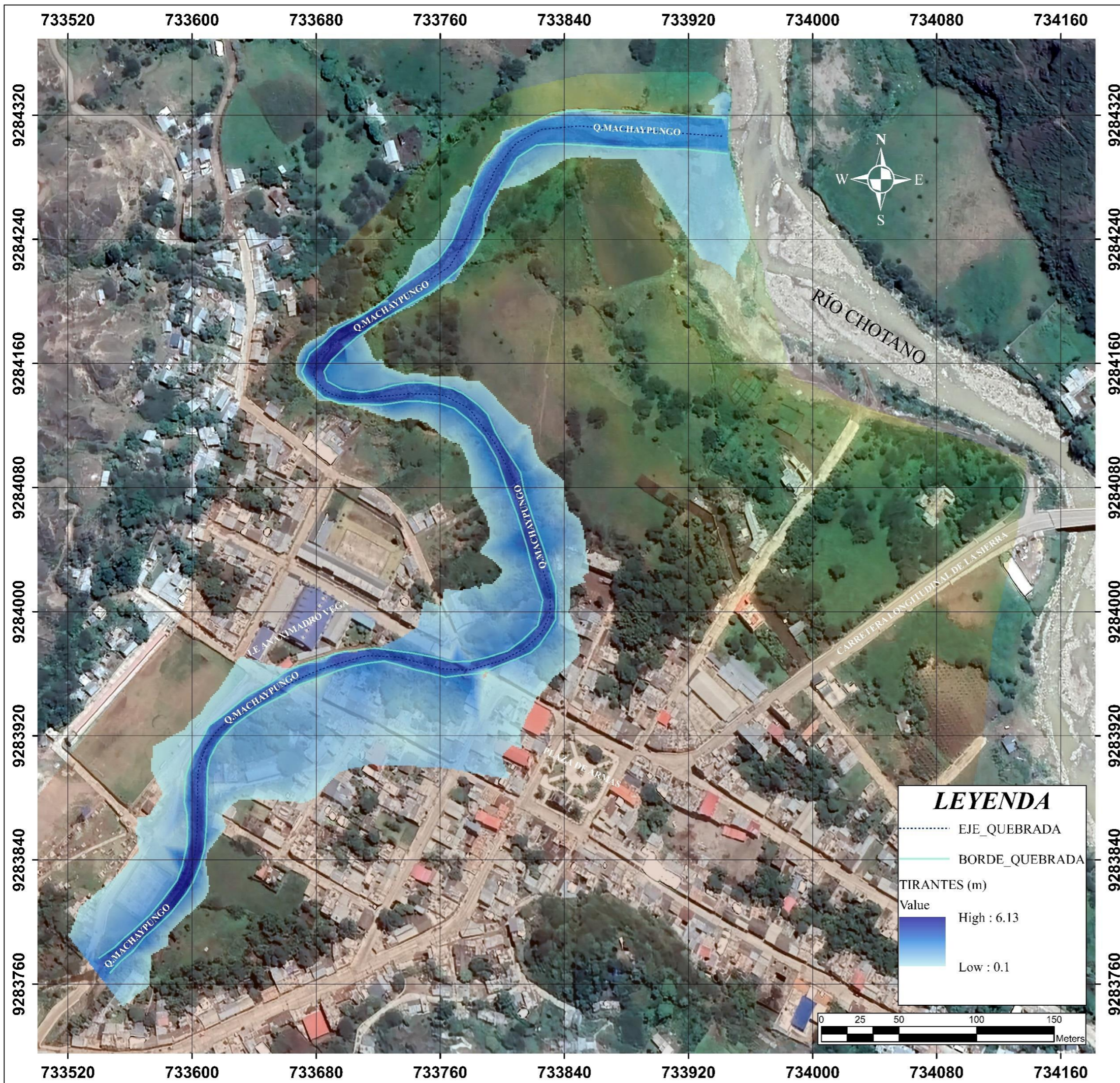
TIRANTES (m)

Value	High : 5.7
	Low : 0.1



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 25 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET		<b>PT-03</b>
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA:	AGOSTO 2023



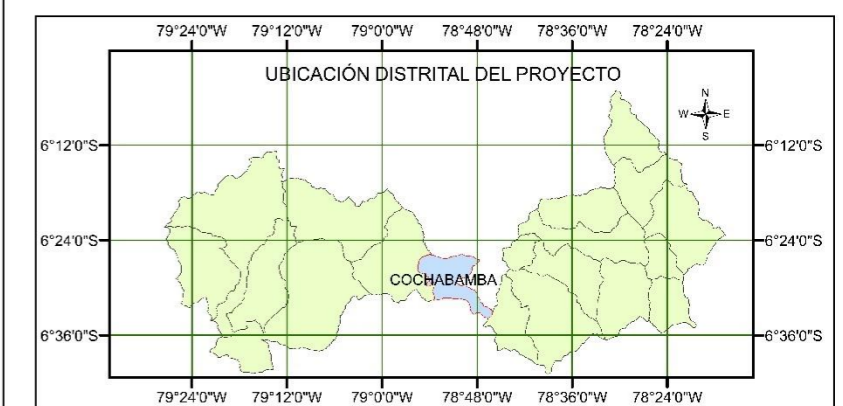
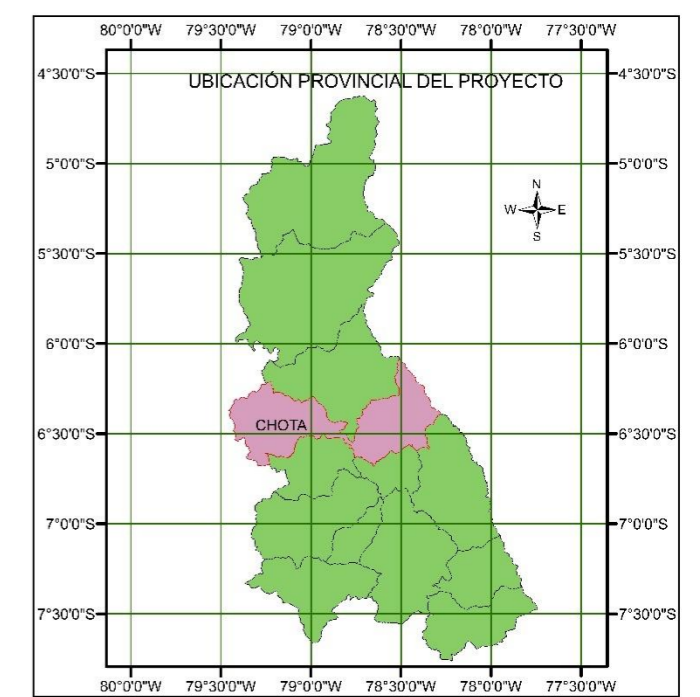
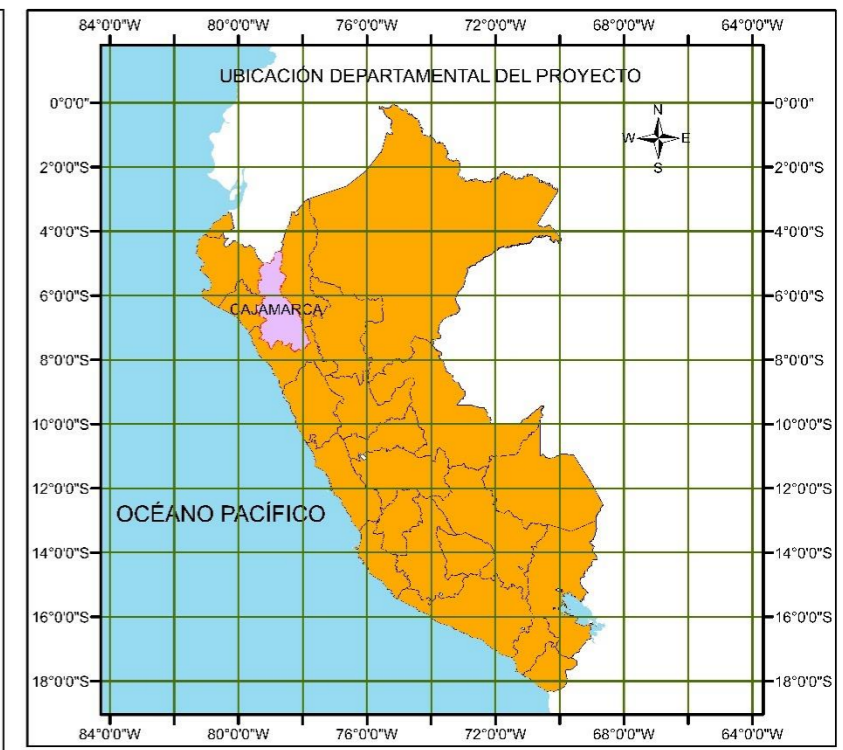


**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA

TIRANTES (m)

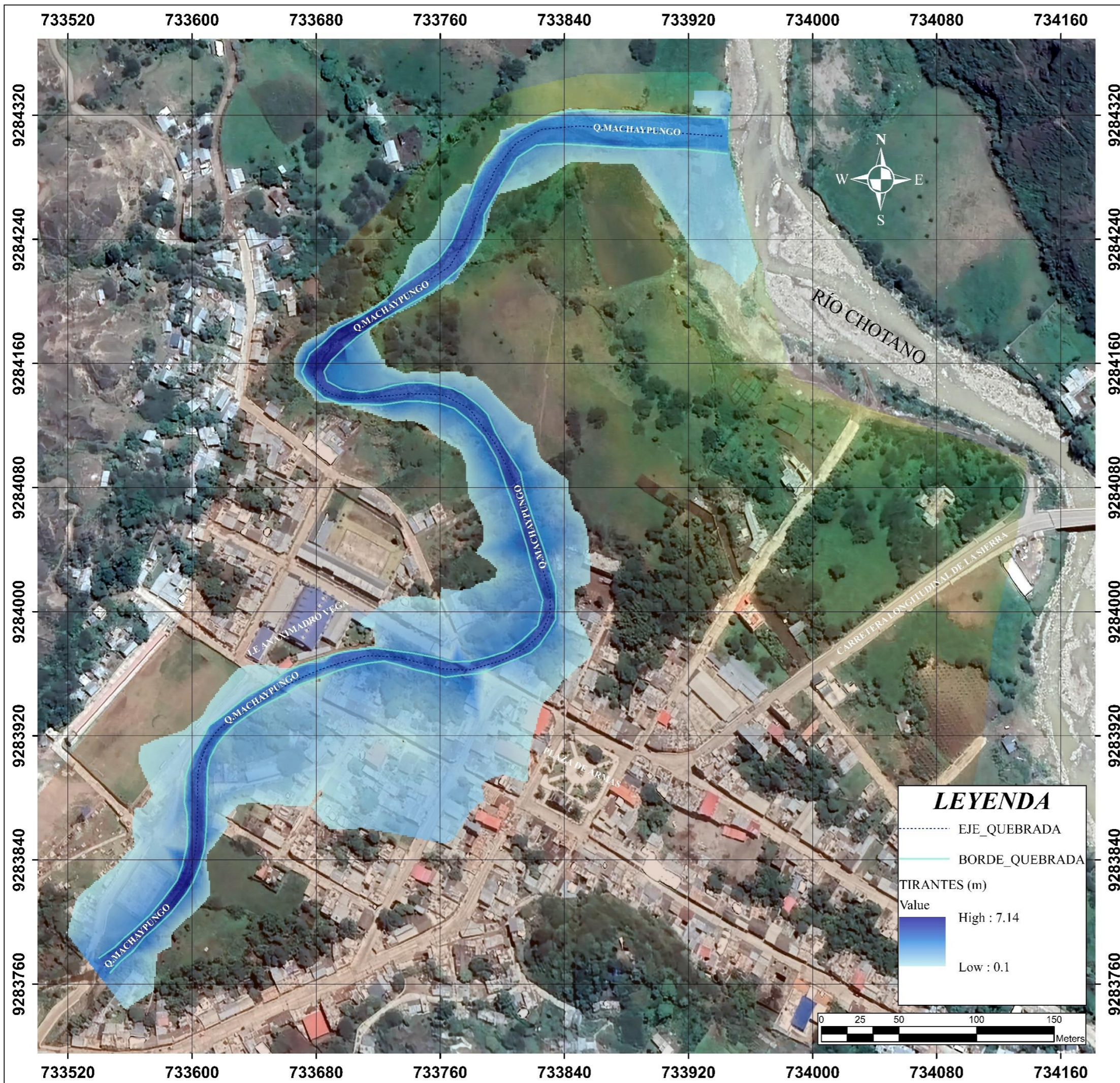
Value
High : 6.13
Low : 0.1



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 50 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

PT-04



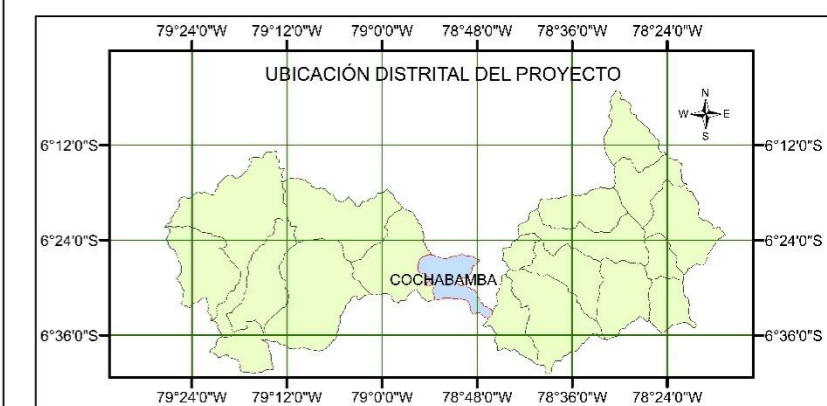
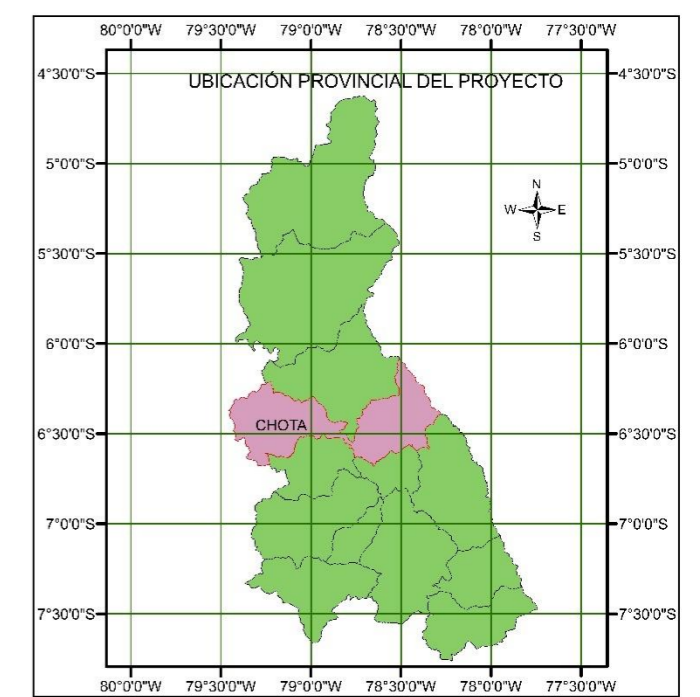
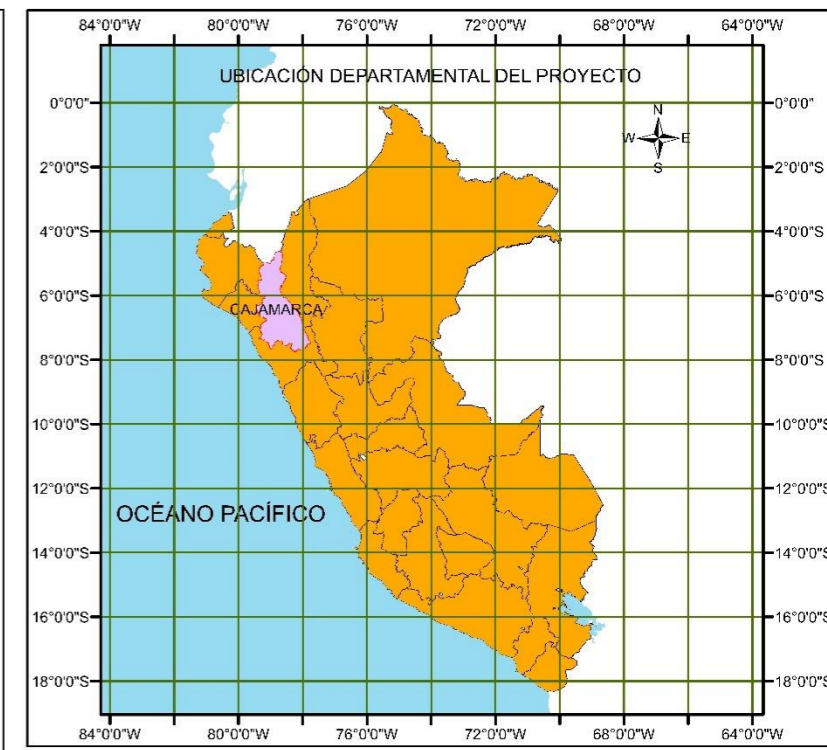


**LEYENDA**

- ..... EJE\_QUEBRADA
- BORDE\_QUEBRADA

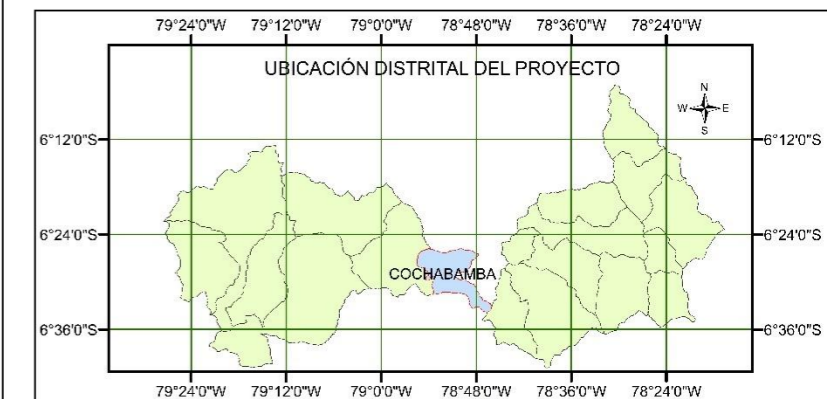
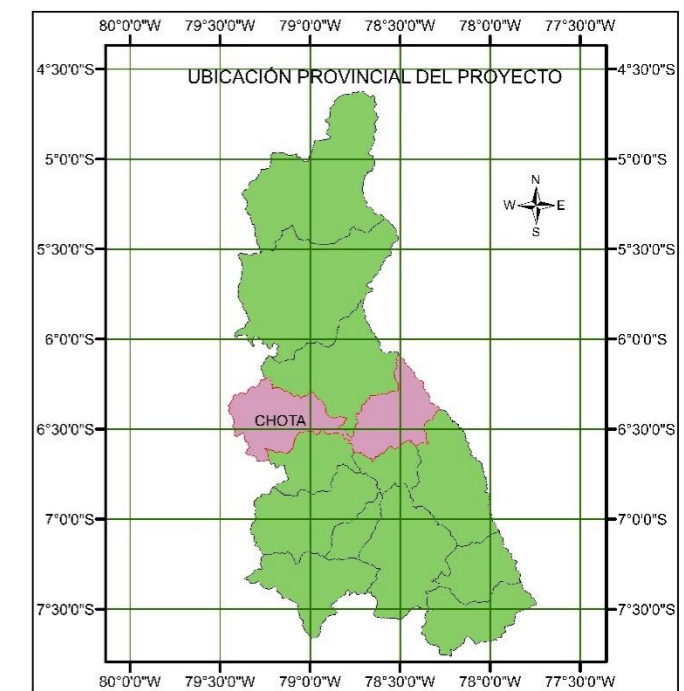
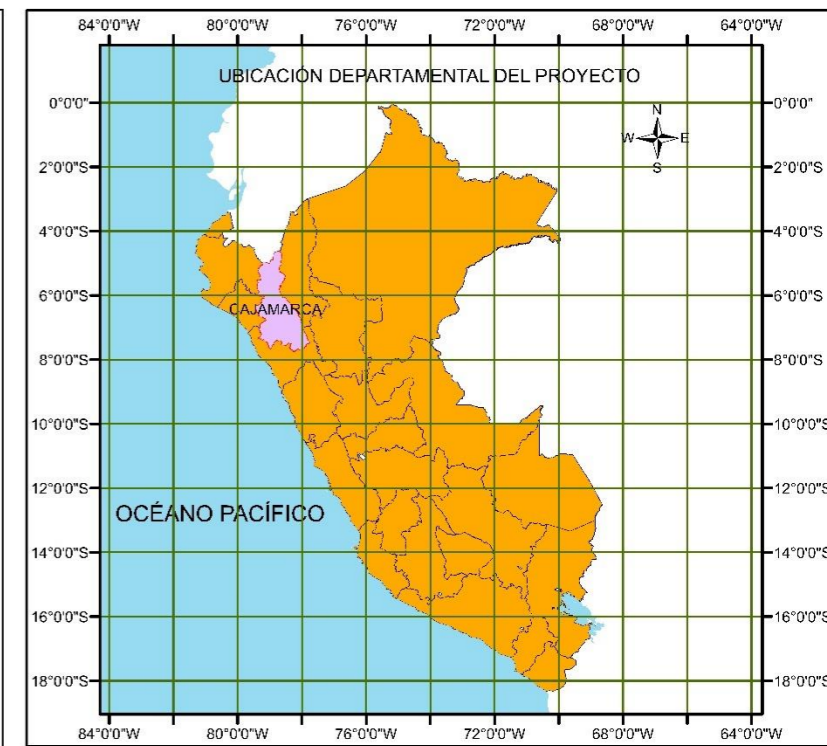
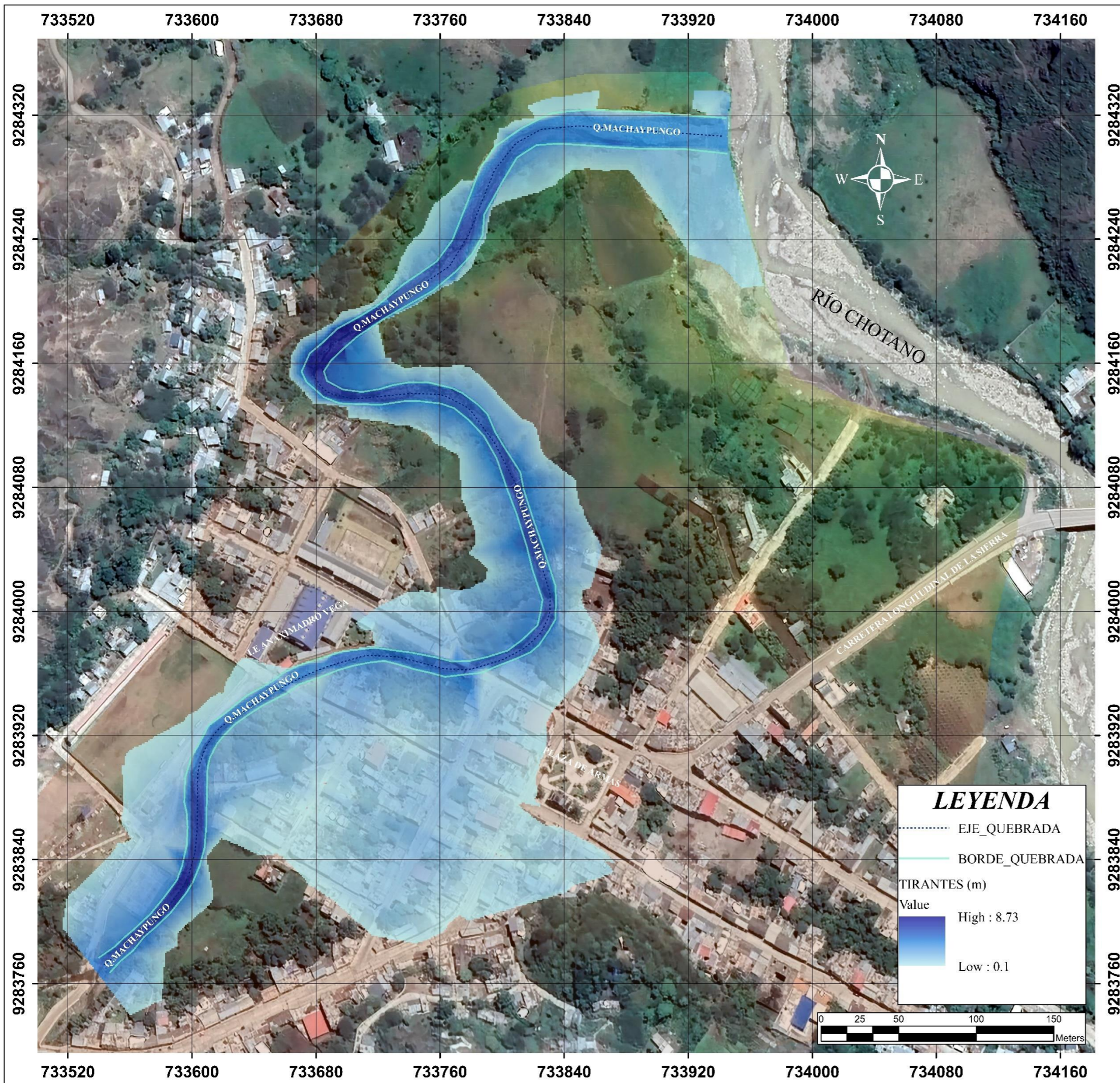
TIRANTES (m)

Value	High : 7.14
	Low : 0.1



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 100 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	<b>PT-05</b>	
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA:	AGOSTO 2023





	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	TIRANTES DE INUNDACIÓN PARA UN TR DE 200 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	<b>PT-06</b>	
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTIMAN CIEZA LEÓN	FECHA:	AGOSTO 2023



Para desarrollar los mapas de peligro se hizo uso de la matriz Saaty para así poder presentar el nivel de peligrosidad en los diferentes periodos de retorno.

Comparación de pares del parámetro de evaluación (altura de inundación), el cual se presenta a continuación.

**Tabla 23.**

*Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Altura de Inundación*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO ALTURA DE INUNDACIÓN						
PARÁMETRO	MAYOR A 1.5m	DE 1.0 m A 1.5m	DE 0.6 m A 1.0m	DE 0.2 m A 0.6m	DE 0.0 m A 0.2m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
MAYOR A 1.5m	0.49	0.51	0.52	0.44	0.39	0.472
DE 1.0 m A 1.5m	0.25	0.26	0.26	0.30	0.30	0.272
DE 0.6 m A 1.0m	0.12	0.13	0.13	0.15	0.17	0.141
DE 0.2 m A 0.6m	0.08	0.06	0.06	0.07	0.09	0.074
DE 0.0 m A 0.2m	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.041
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración propia.

Comparación de pares de los factores condicionantes (Pendiente, Geología y Geomorfología).

**Tabla 24.**

*Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Pendiente(S)*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO PENDIENTE						
PARÁMETRO	S<5°	5°≤ S<10°	10°≤ S<15°	15°≤ S<30°	S≥ 30°	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
S<5°	0.51	0.54	0.52	0.42	0.39	0.478
5°≤ S<10°	0.26	0.27	0.31	0.30	0.26	0.281
10°≤ S<15°	0.10	0.09	0.10	0.18	0.22	0.139
15°≤ S<30°	0.07	0.05	0.03	0.06	0.09	0.062
S≥ 30°	0.06	0.05	0.02	0.03	0.04	0.039
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Propia del autor.

**Tabla 25.***Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geología*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA						
PARÁMETRO	GEOMOR 1	GEOMOR 2	GEOMOR 3	GEOMOR 4	GEOMOR 5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
GEOMOR1	0.50	0.61	0.45	0.34	0.39	0.459
GEOMOR2	0.17	0.20	0.30	0.34	0.28	0.259
GEOMOR3	0.17	0.10	0.15	0.21	0.17	0.158
GEOMOR4	0.10	0.04	0.05	0.07	0.11	0.074
GEOMOR5	0.07	0.04	0.05	0.03	0.06	0.050
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 26.***Matriz de Normalización de Pares del Parámetro Geomorfología*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA						
PARÁMETRO	GEOMOR1	GEOMOR2	GEOMOR3	GEOMOR4	GEOMOR5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
GEOMOR1	0.57	0.65	0.51	0.45	0.39	0.513
GEOMOR2	0.19	0.22	0.36	0.32	0.28	0.274
GEOMOR3	0.08	0.04	0.07	0.13	0.17	0.099
GEOMOR4	0.08	0.04	0.04	0.06	0.11	0.067
GEOMOR5	0.08	0.04	0.02	0.03	0.06	0.047
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 27.***Matriz de Normalización de Pares de los Factores Condicionantes*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES				
PARÁMETRO	PENDIENTE	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
PENDIENTE	0.545	0.571	0.500	0.539
GEOLOGÍA	0.273	0.286	0.333	0.297
GEOMORFOLOGÍA	0.182	0.143	0.167	0.164
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Elaboración propia.

También se determinó la matriz de normalización de pares del parámetro desencadenante (precipitación), tal como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 28.**

*Matriz de Normalización de Pares del Parámetro de Precipitación (PP)*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE PRECIPITACION						
PARÁMETRO	PP>80 mm	50mm<PP≤80 mm	20mm<PP≤50 mm	5mm<PP≤20 mm	≤5 mm	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
PP>80mm	0.56	0.64	0.52	0.45	0.35	0.502
50mm<PP≤80 mm	0.19	0.21	0.31	0.32	0.30	0.267
20mm<PP≤50 mm	0.11	0.07	0.10	0.13	0.22	0.126
5mm<PP≤20m m	0.08	0.04	0.05	0.06	0.09	0.065
≤5mm	0.07	0.03	0.02	0.03	0.04	0.039
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	1.000

Nota. Elaboración propia.

Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados de peligro de inundación para así luego presentar los mapas de niveles de peligro.

**Tabla 29.**

*Valor de Peligro*

VALOR DEL PELIGRO						PESO DE SUSCEPTIBILIDAD	VALOR
FENOMENO NATURAL		SUSCEPTIBILIDAD		FACTORES CONDICIONANTES			
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR	PESO		
0.472		0.478		0.502			0.481
0.272		0.273		0.267			0.271
0.141	0.50	0.138	0.50	0.126	0.50	0.50	0.136
0.074		0.066		0.065			0.070
0.041		0.044		0.039			0.041

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 30.***Resultados de Nivel de Peligro*

NIVEL	RANGO	$\leq P <$	RANGO
MUY ALTO	0.271	$\leq P <$	0.481
ALTO	0.136	$\leq P <$	0.271
MEDIO	0.070	$\leq P <$	0.136
BAJO	0.041	$\leq P <$	0.070

Nota. Elaboración propia.

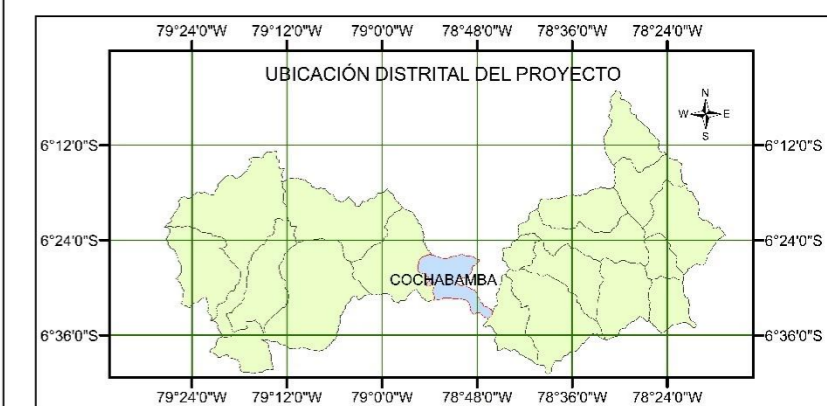
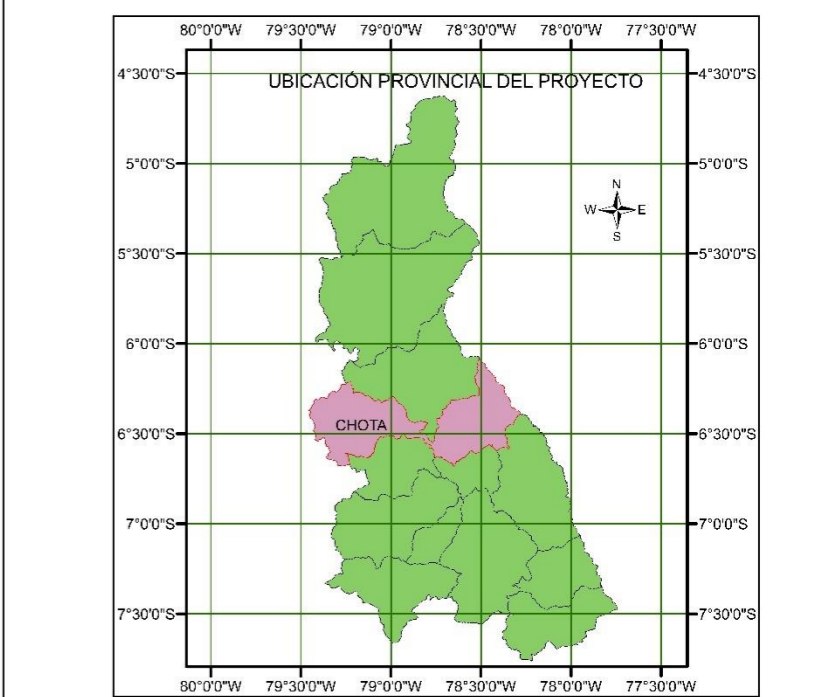
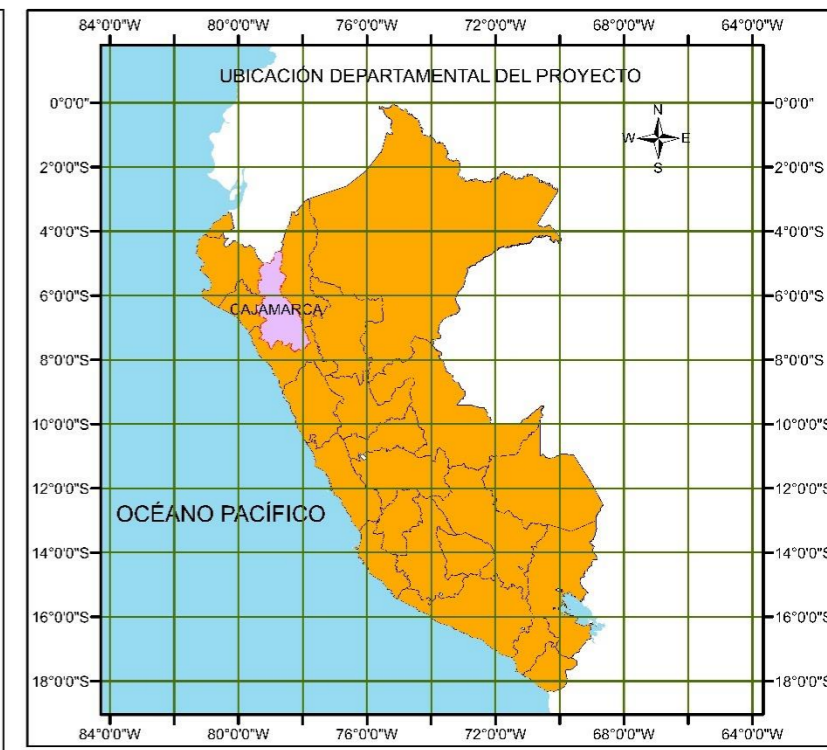
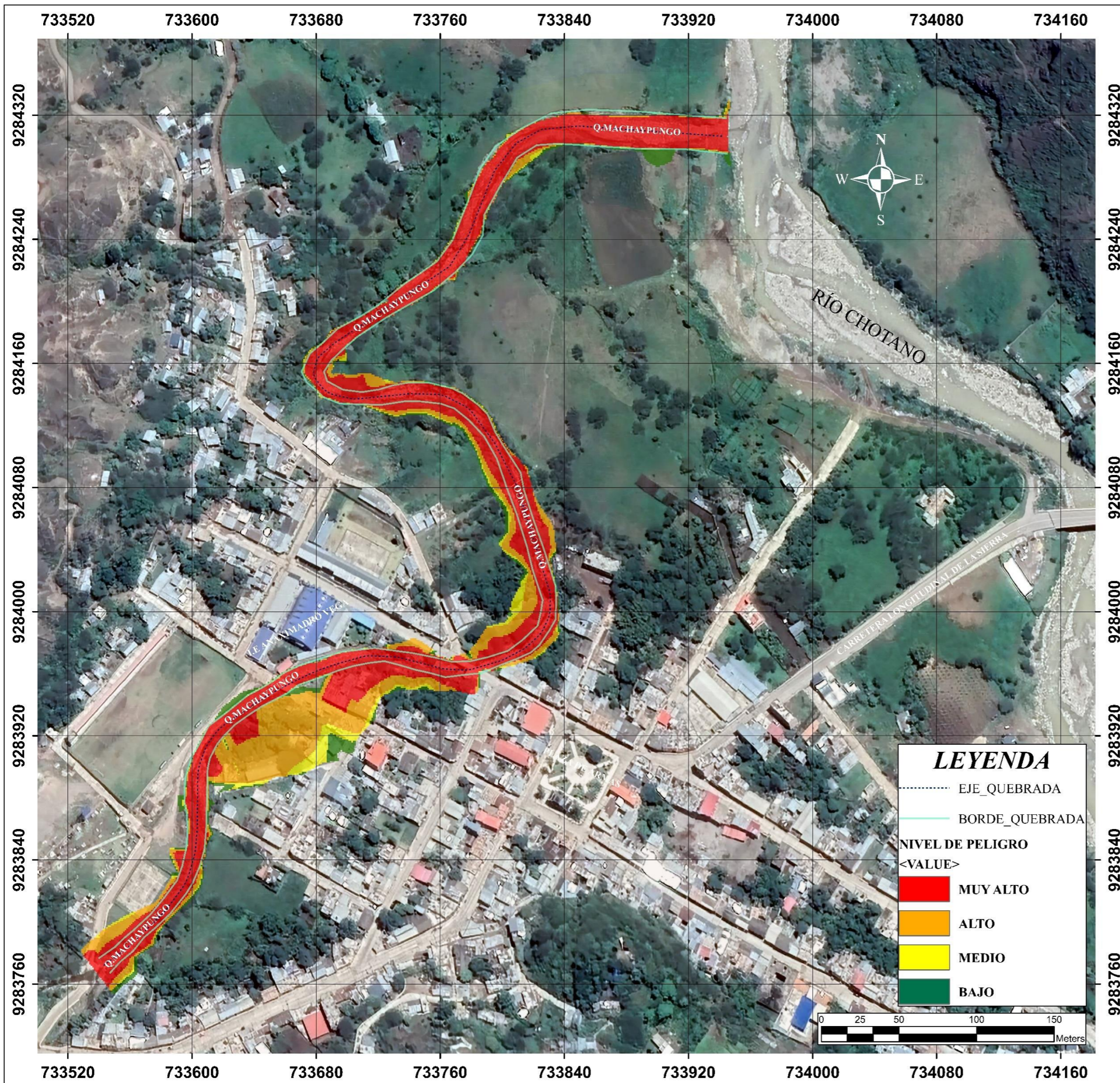
De los mapas de peligrosidad se determinó el nivel más predominante de cada periodo de retorno.

**Tabla 31.***Nivel de Peligrosidad para Determinados Periodos de Retorno*

Período de retorno años	Nivel de riesgo predominante
5 años	Alto
10 años	Alto y Muy Alto
25 años	Alto y Muy Alto
50 años	Alto y Muy Alto
100 años	Alto y Muy Alto
200 años	Alto y Muy Alto

Nota. Elaboración propia.





**LEYENDA**


----- EJE\_QUEBRADA

—— BORDE\_QUEBRADA

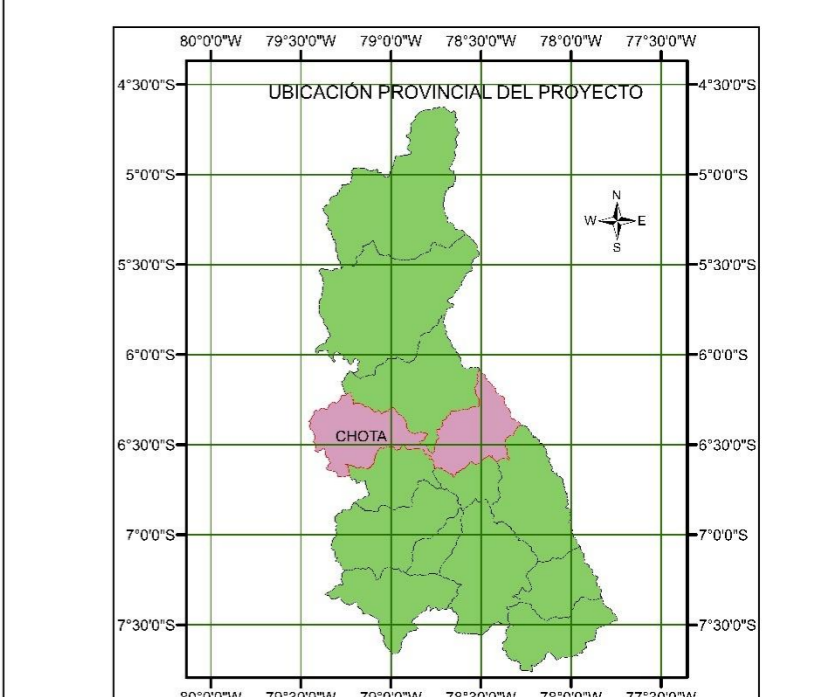
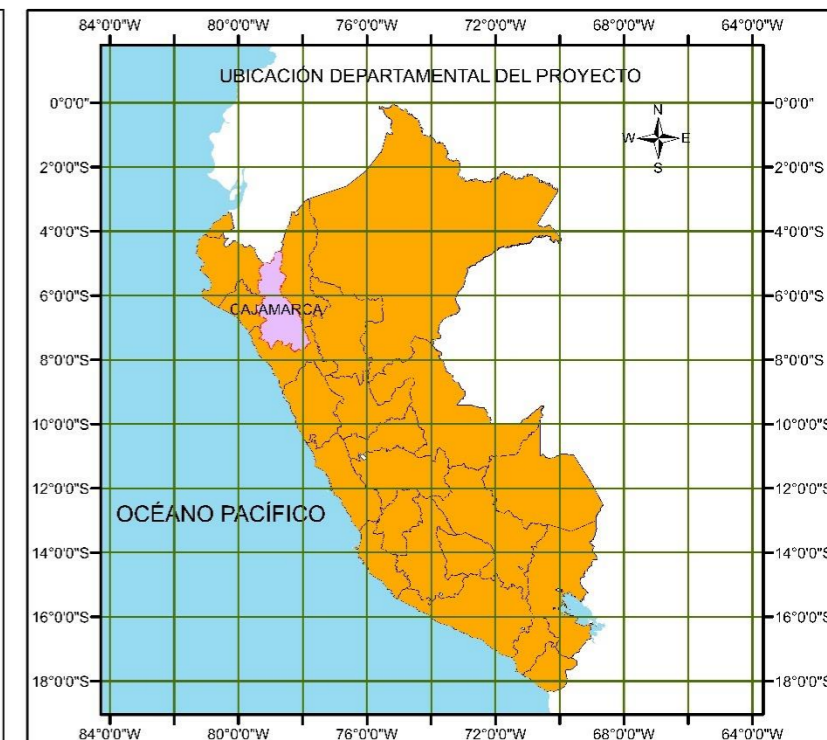
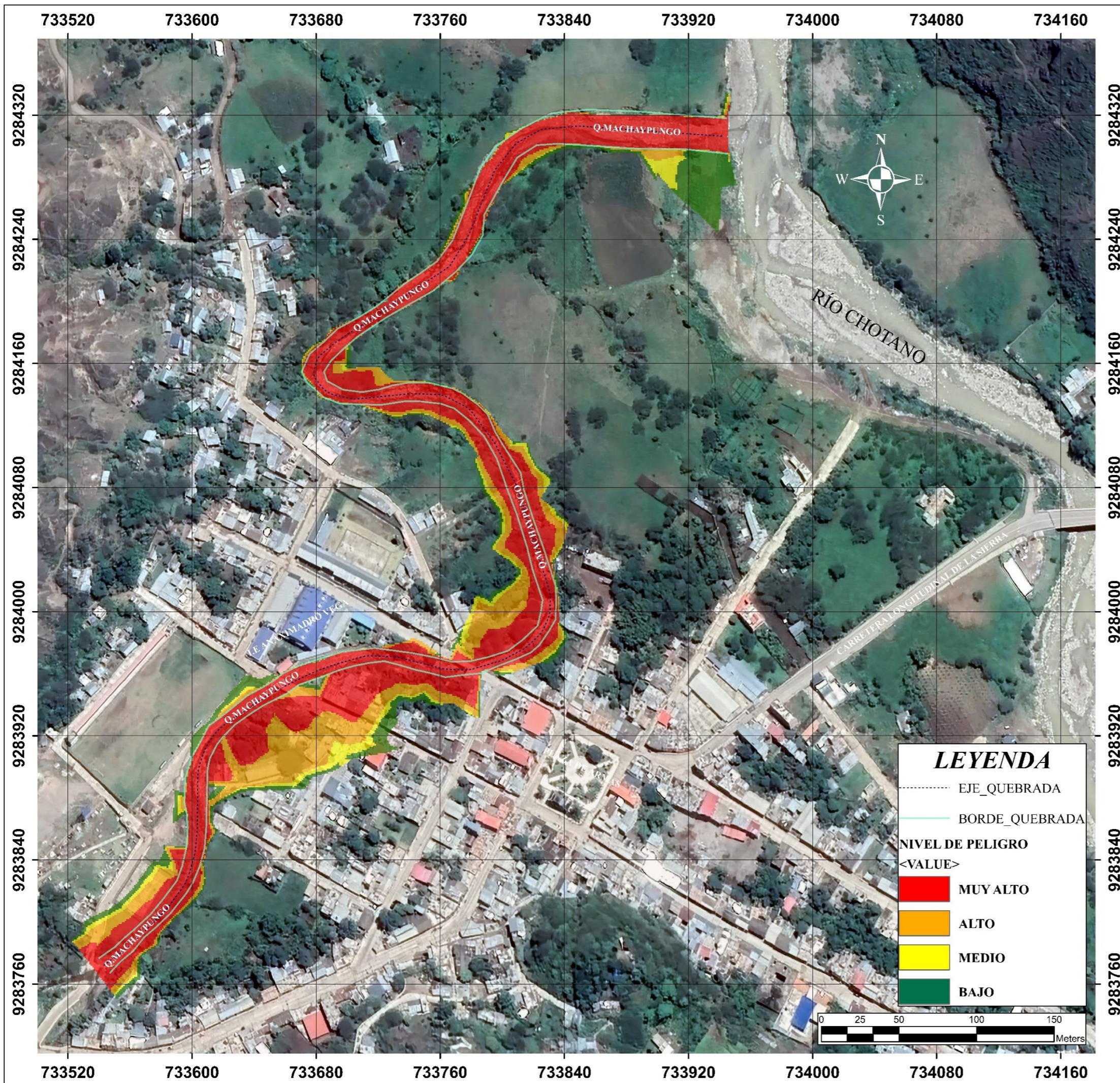
**NIVEL DE PELIGRO**

<VALUE>

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>			
	PLANO:	NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 05 AÑOS	ESCALA:	1:1750
	AUTORES:	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	PNP-01	
	ASESOR:	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA:	AGOSTO 2023





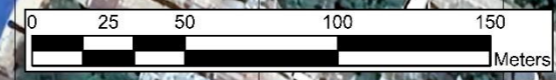
**LEYENDA**


----- EJE\_QUEBRADA

----- BORDE\_QUEBRADA

**NIVEL DE PELIGRO**  
<VALUE>

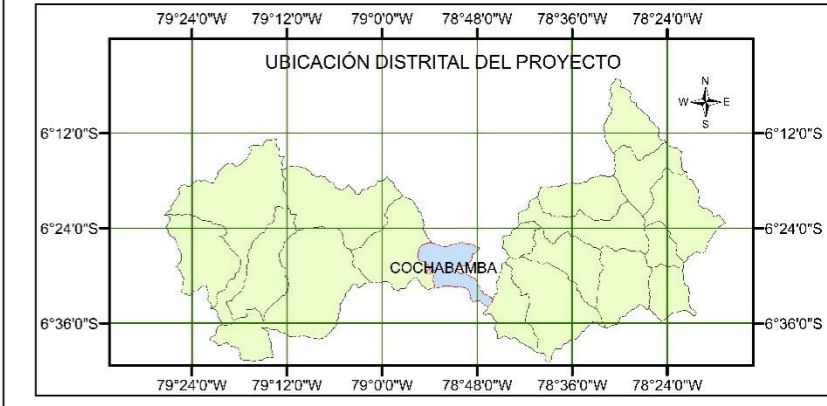
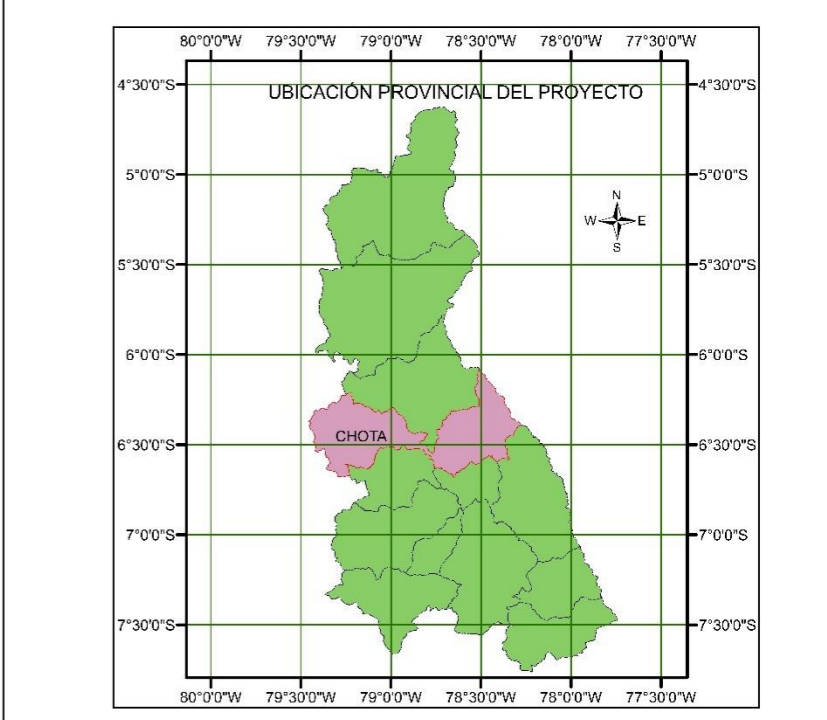
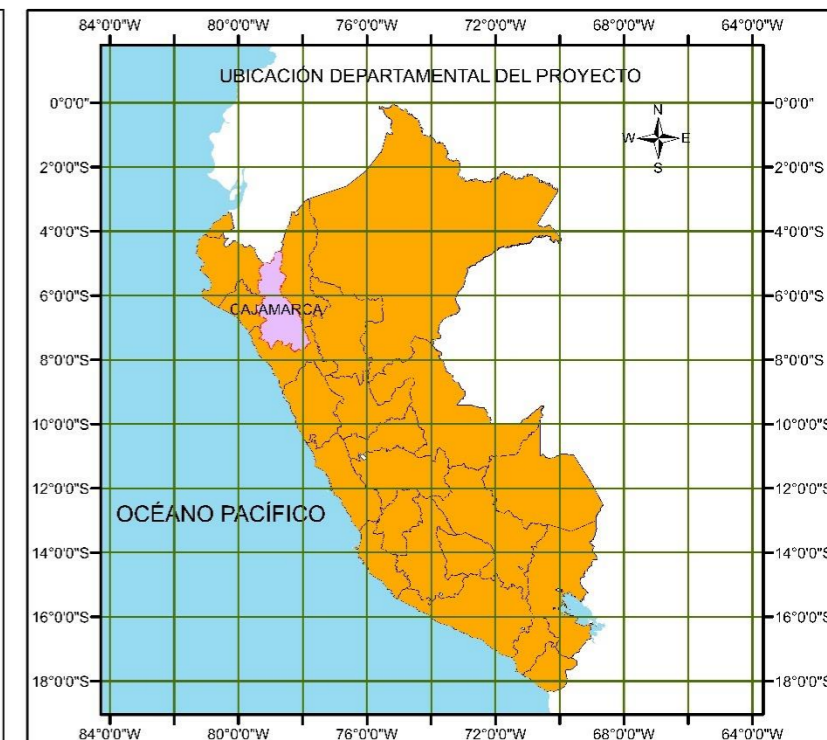
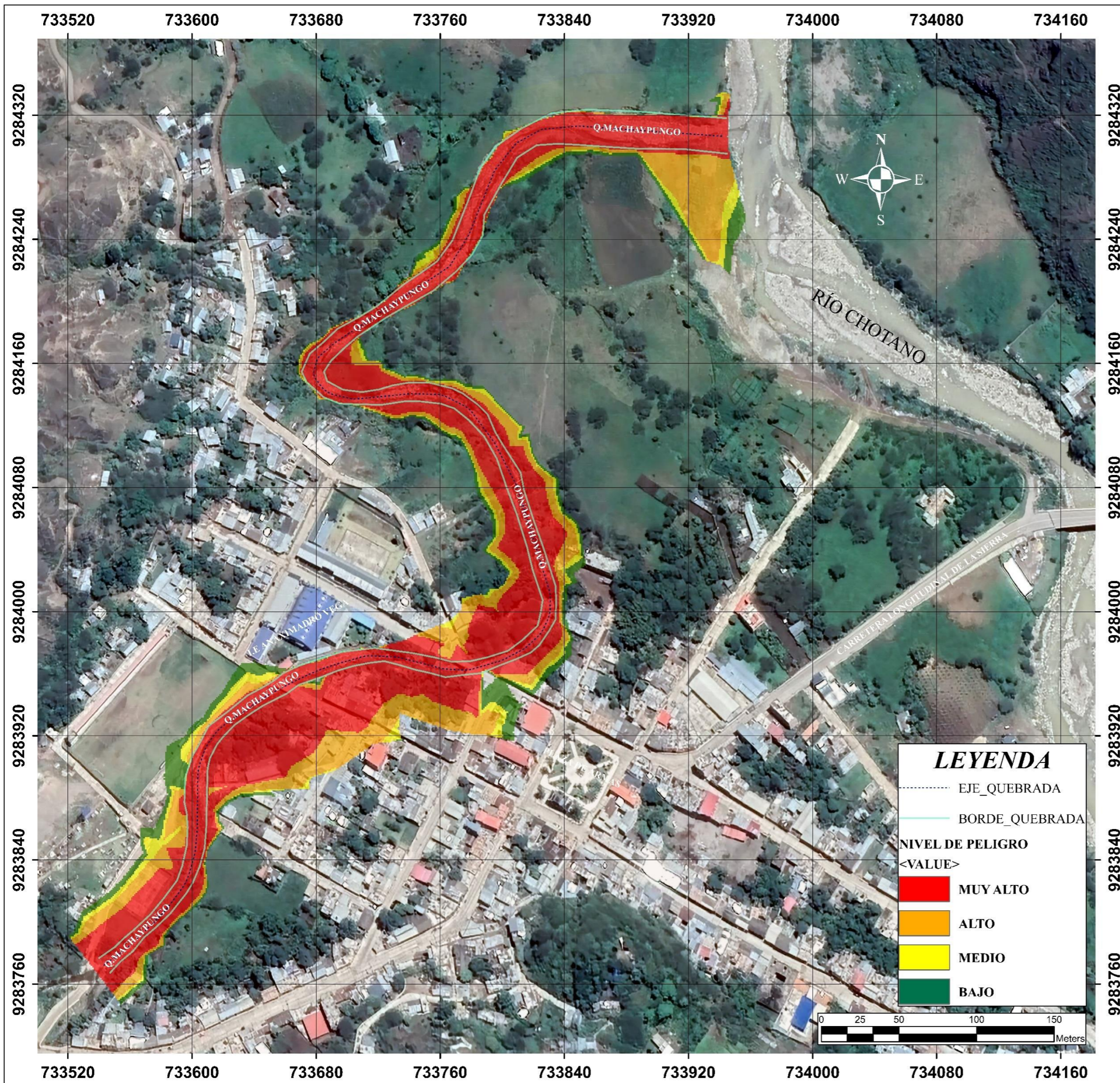
- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 10 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PNP-02**





**LEYENDA**


----- EJE\_QUEBRADA

—— BORDE\_QUEBRADA

**NIVEL DE PELIGRO**

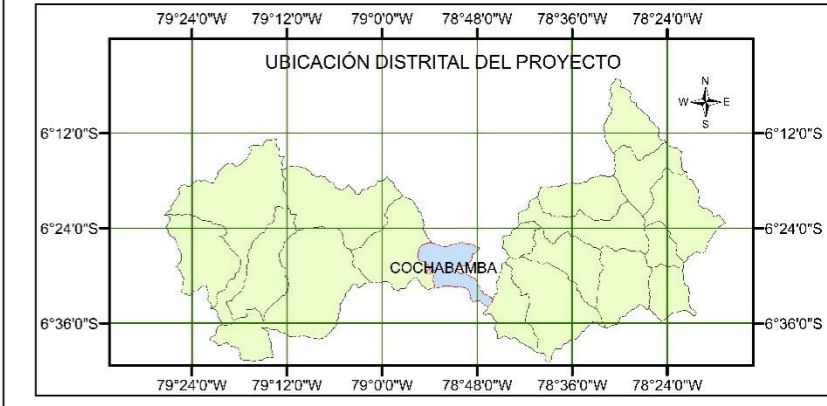
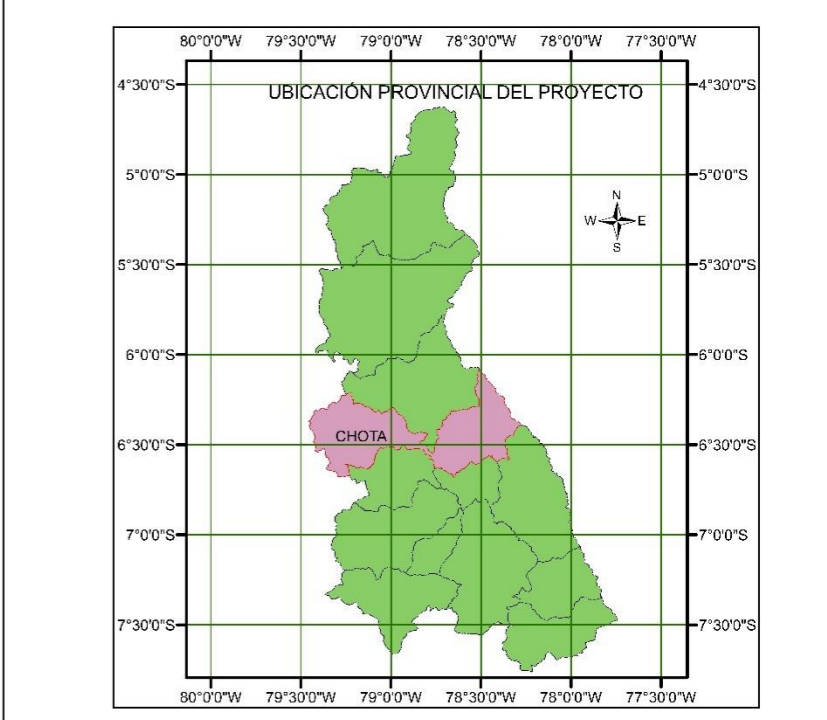
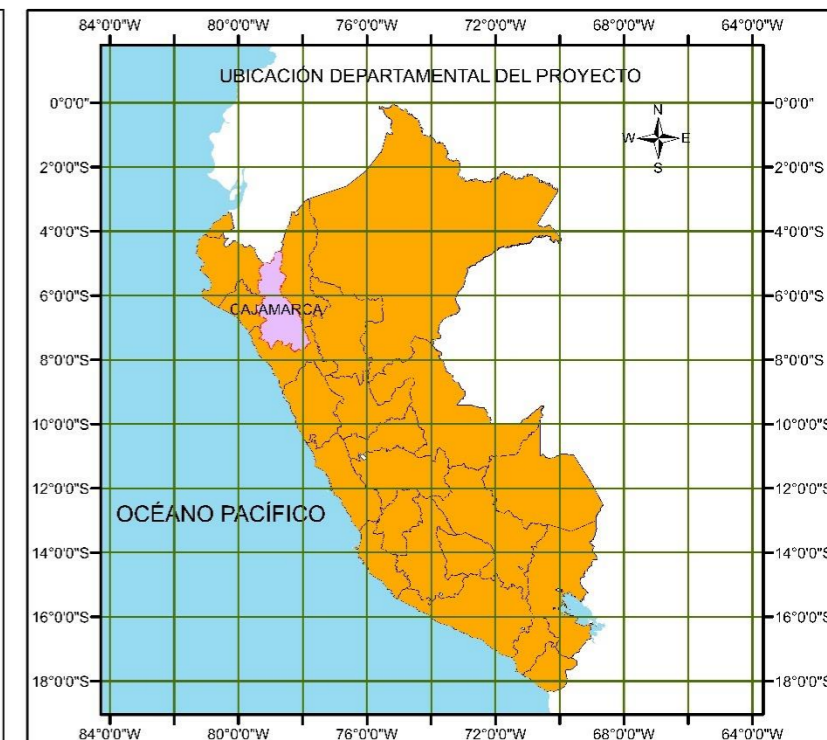
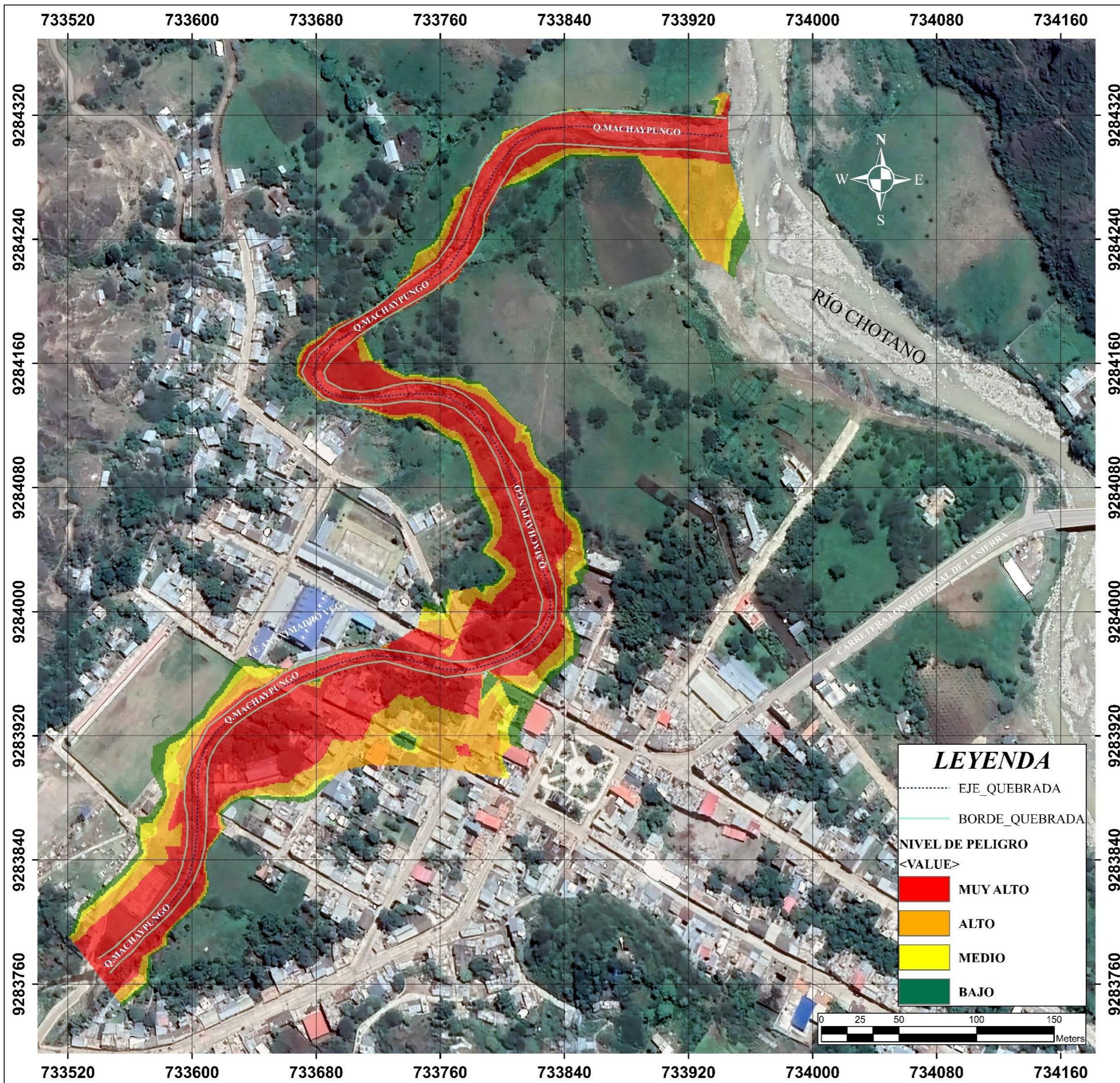
<VALUE>

<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red;"></span>	MUY ALTO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange;"></span>	ALTO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow;"></span>	MEDIO
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green;"></span>	BAJO

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 25 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PNP-03**

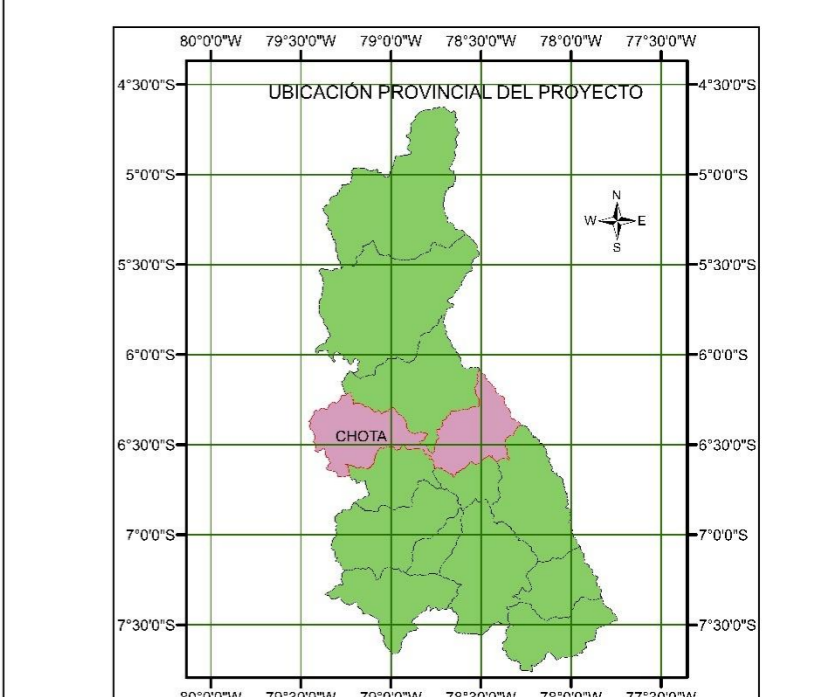
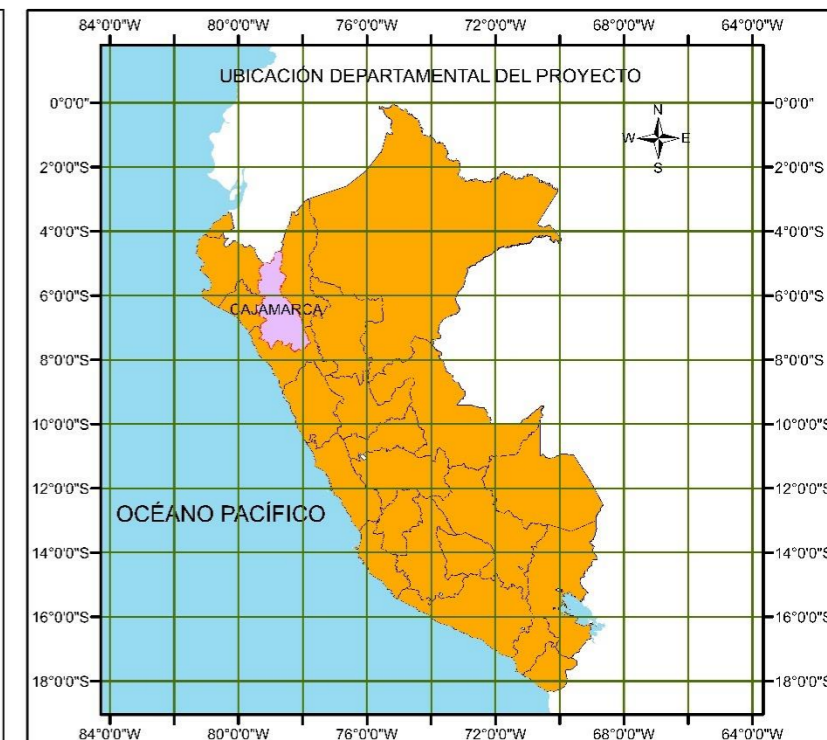
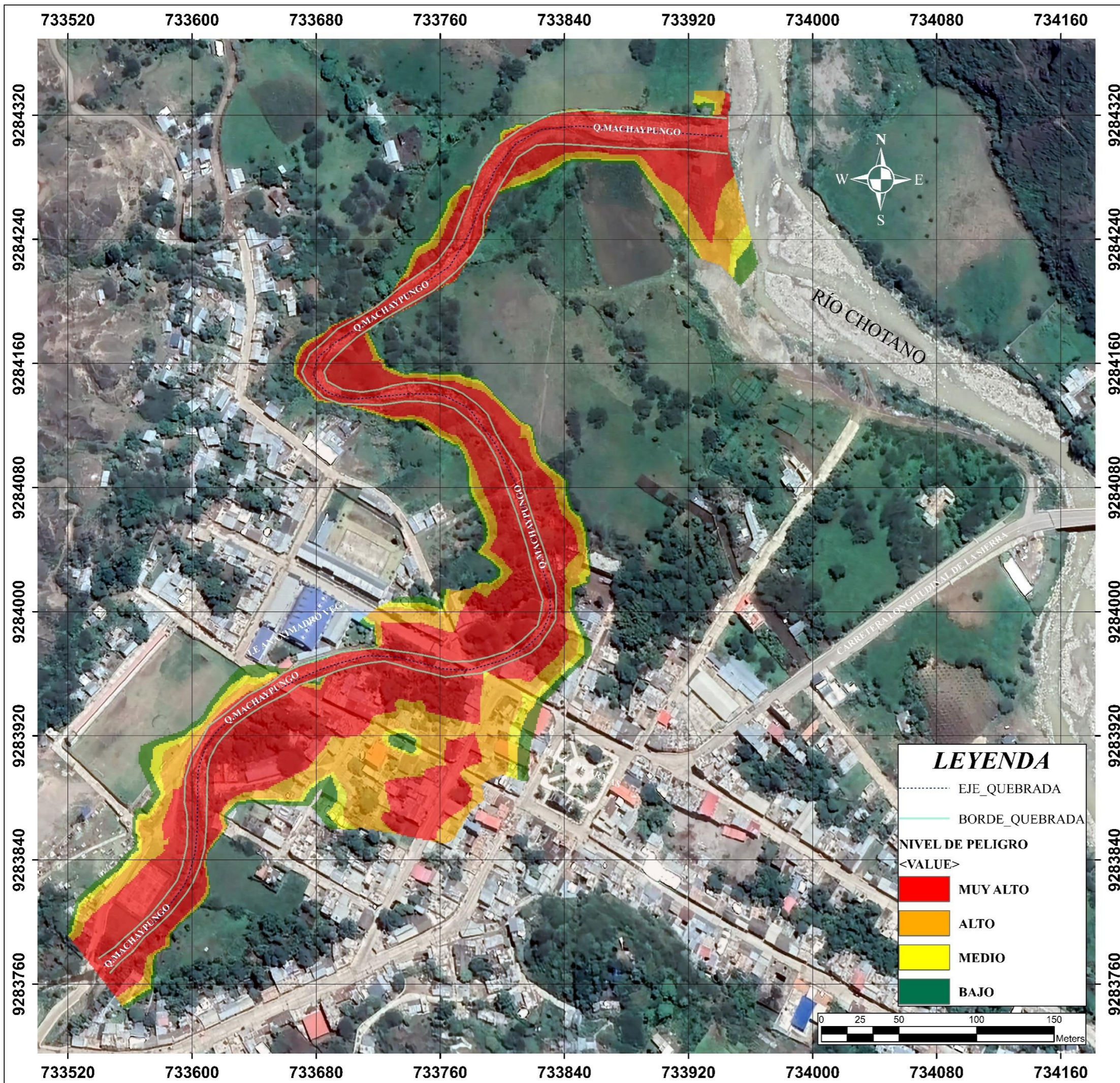




	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 50 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

PNP-04





**LEYENDA**

----- EJE\_QUEBRADA

—— BORDE\_QUEBRADA

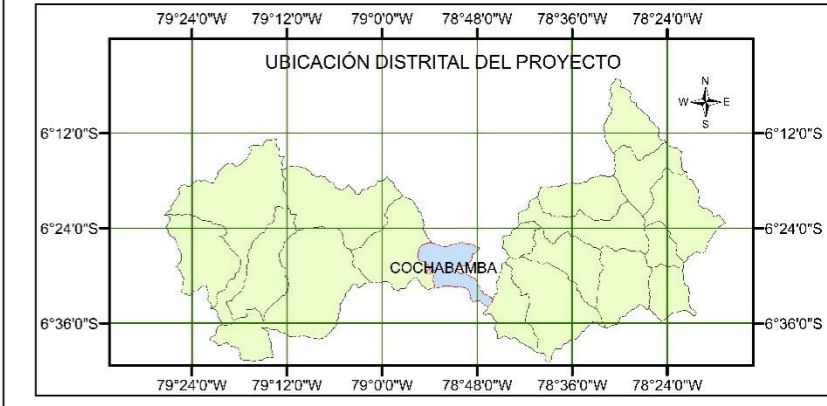
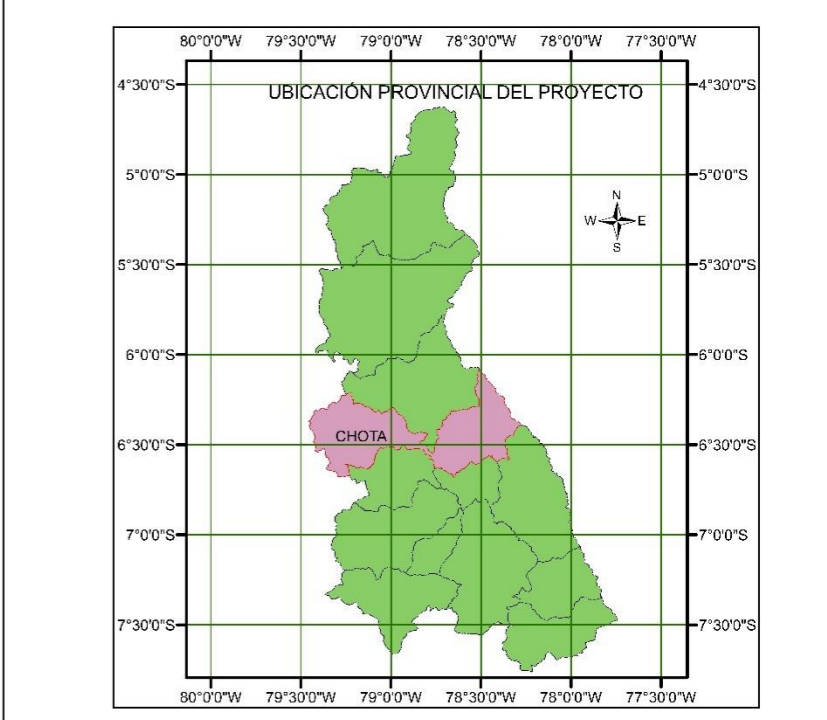
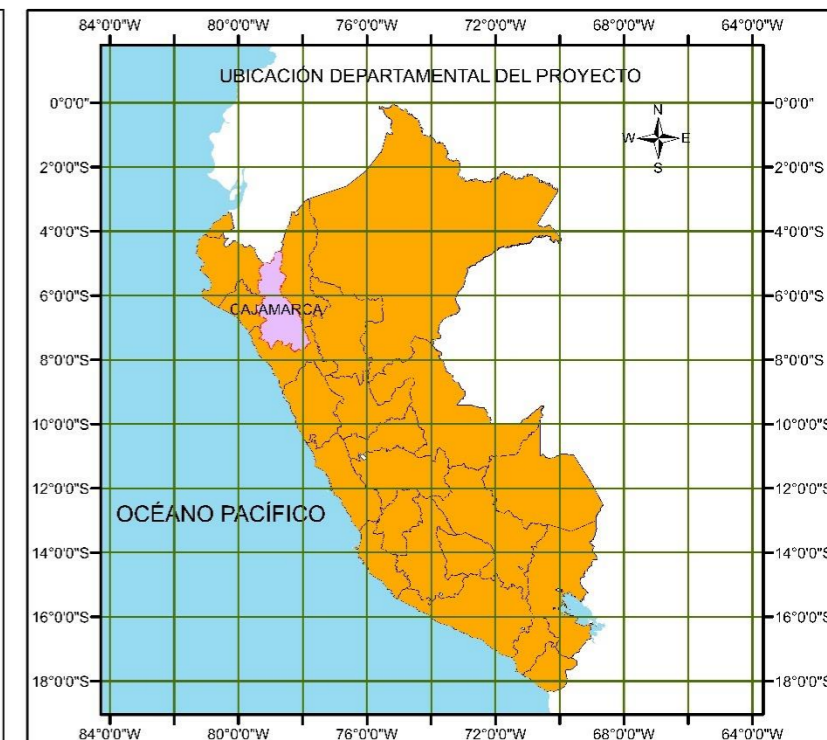
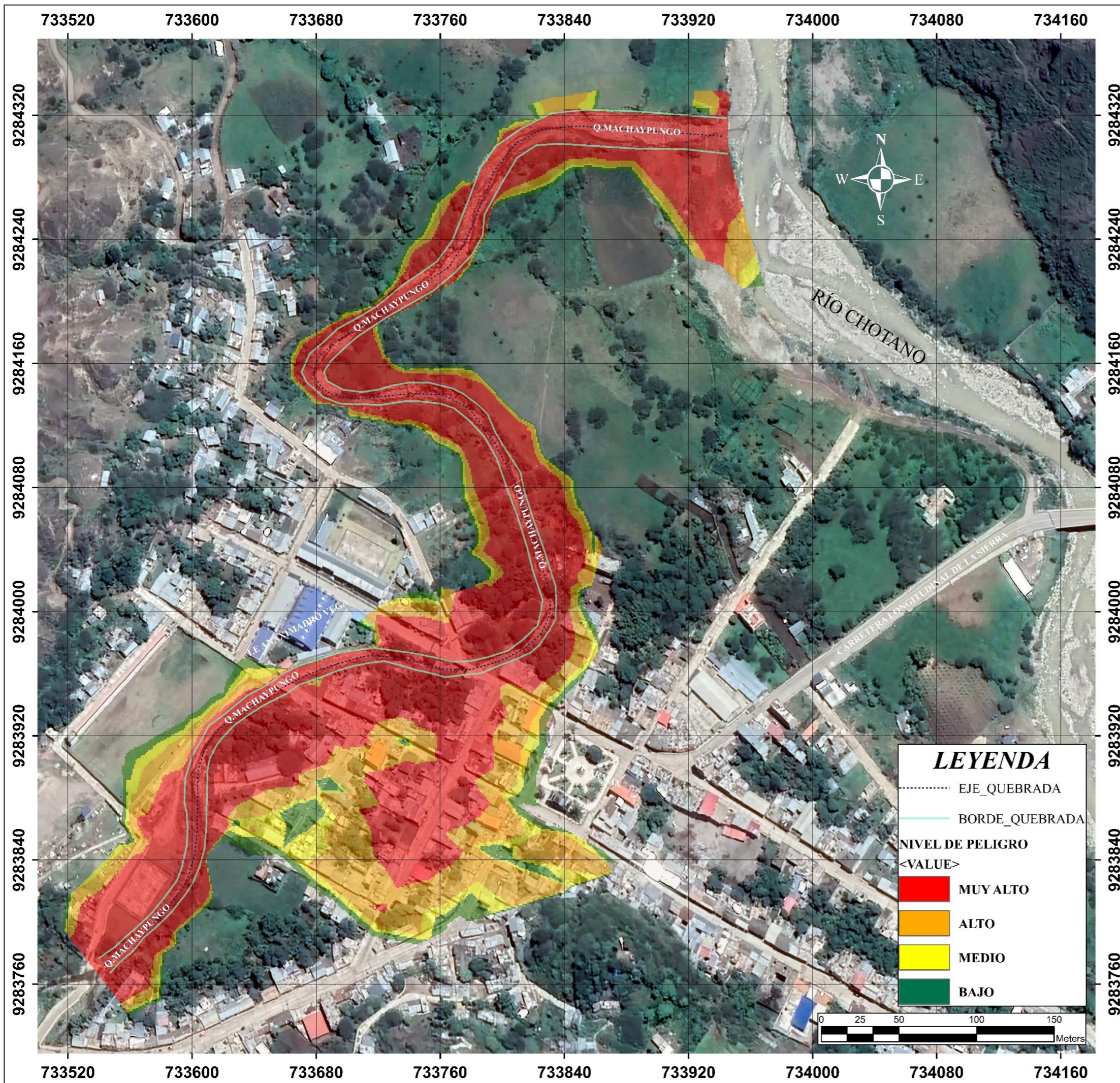
**NIVEL DE PELIGRO**

<VALUE>

<span style="color: red;">■</span>	MUY ALTO
<span style="color: orange;">■</span>	ALTO
<span style="color: yellow;">■</span>	MEDIO
<span style="color: green;">■</span>	BAJO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>		
<b>PLANO:</b>	NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 100 AÑOS	<b>ESCALA:</b>
<b>AUTORES:</b>	- Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	<b>PNP-05</b>
<b>ASESOR:</b>	- Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	<b>FECHA:</b>
		AGOSTO 2023





	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>	
	PLANO: NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN PARA UN TR DE 200 AÑOS	ESCALA: 1:1750
	AUTORES: - Bach., Ing. CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN - Bach., Ing. FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET	
	ASESOR: - Mg. Ing. DANTE HARTMAN CIEZA LEÓN	FECHA: AGOSTO 2023

**PNP-06**



#### **4.1.6. Medidas de mitigación frente a las inundaciones**

Las inundaciones pueden ocasionar numerosos impactos negativos tanto sociales, como económicos y ambientales; pues el cambio climático asociado al crecimiento poblacional desordenado, el uso incorrecto del suelo y la ausencia de las autoridades frente al cuidado y preservación de los cauces naturales aumentan de manera directa la magnitud de dichos impactos negativos.

En consecuencia, es fundamental implementar medidas de mitigación con el objetivo de reducir y/o erradicar los daños frente a posibles inundaciones, estas medidas pueden ser de carácter estructural y no estructural. Determinadas las áreas inundables por el desborde de la Quebrada Machaypungo y en función de las condiciones actuales de la misma, se plantean las siguientes medidas de mitigación.

##### ***4.1.6.1. Objetivo***

El objetivo principal de estas medidas de mitigación es reducir el impacto socio económico que podría generar las inundaciones a la población asentada en los alrededores de la quebrada Machaypungo.

##### ***4.1.6.2. Medidas estructurales***

###### **Construcción de muros de contención**

Debido a que la ciudad de Cochabamba presenta un nivel de inundación muy alto por desborde de la Quebrada Machaypungo es necesaria la construcción de estructuras que permitan canalizar el flujo del agua de dicha quebrada en las áreas con mayor probabilidad a desbordarse.

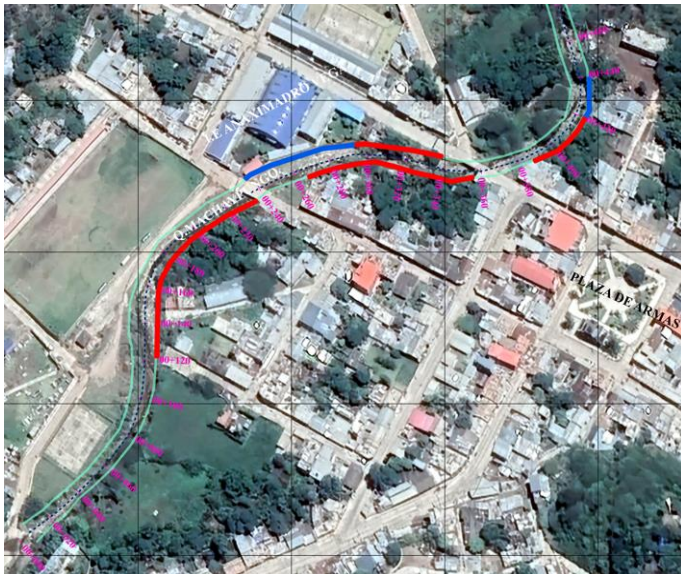
Es por ello que se plantea la construcción de muros de contención de concreto en los siguientes tramos, por ser estos los más propensos a desborde:

- Primer tramo, desde la progresiva 00+122 hasta la progresiva 00+235, en la margen derecha de la quebrada aguas abajo.

- Segundo tramo, desde la progresiva 00+265 hasta la progresiva 00+355 en la margen derecha de la quebrada aguas abajo.
- Tercer tramo, desde la progresiva 00+292 hasta la progresiva 00+338 en la margen izquierda de la quebrada aguas abajo.
- Cuarto tramo, desde la progresiva 00+387 hasta la progresiva 00+420 en la margen derecha de la quebrada aguas abajo.

**Figura 65.**

*Muros Proyectados y Muros Existentes en la Quebrada Machaypungo*



Nota. Elaboración propia.

Los muros existentes se encuentran en dos tramos a lo largo de la quebrada; el primero se encuentra entre las progresivas 00+235 y 00+292 en la margen izquierda de la quebrada aguas abajo y el segundo tramo se encuentra entre las progresivas 00+420 y 00+440 en la margen derecha de la quebrada aguas abajo.

### **Conservación y mejoramiento del cauce**

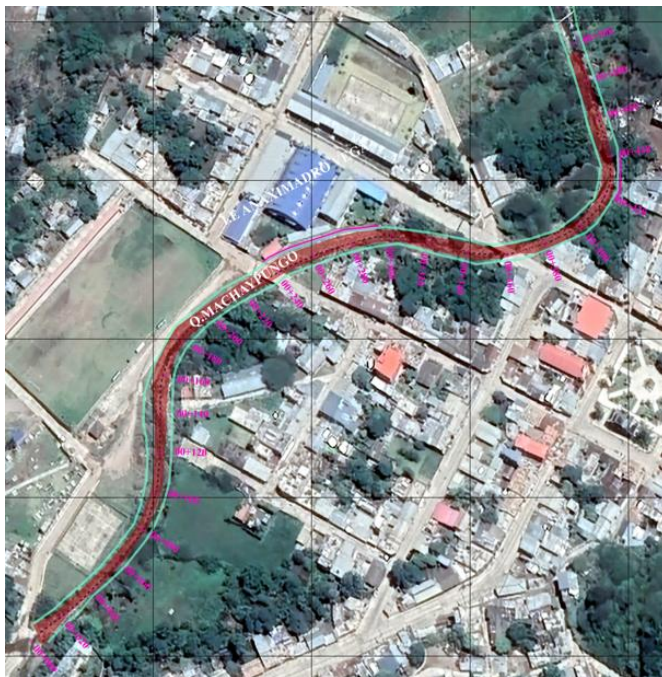
Para la conservación y mejoramiento del cauce de la Quebrada Machaypungo se plantea ejecutar las siguientes actividades:

**Descolmatación:** Realizar la descolmatación de la Quebrada Machaypungo como parte de un plan de gestión de riesgo a inundación es muy importante, ya que permitirá limpiar y remover las obstrucciones, sedimentos y basura que se hayan acumulado, con el propósito de mantener y restaurar el flujo natural del agua; en consecuencia, disminuir y/o mitigar el riesgo a inundaciones.

Por ello se plantea la descolmatación de la Quebrada Machaypungo entre las progresivas 00+00 y 00+495.

**Figura 66.**

*Área de Descolmatación de la Quebrada Machaypungo*



Nota. Elaboración propia.

**Desbroce:** En el desbroce se realizará la eliminación de la vegetación presente en el lecho y márgenes a lo largo de la quebrada, pues la vegetación no controlada puede obstaculizar el flujo del agua y contribuir a la acumulación de escombros y sedimentos. Estos trabajos lo podrían realizar las autoridades competentes involucrando a la población local.

#### **4.1.6.3. Medidas no estructurales**

##### **Ordenamiento territorial urbanístico**

Regulación y monitoreo por las autoridades correspondientes, respecto al crecimiento urbano en las áreas cercanas a la quebrada que aún no están pobladas y que además están en un nivel de peligro muy alto y alto, lo cual permitirá reducir los impactos socio-económicos frente a posibles eventos de inundación.

Esto se podría realizar mediante ordenanzas municipales, las cuales contemplen los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que en la actualidad no se cuenta con dichas normativas.

##### **Educación y sensibilización a la comunidad**

En la zona de estudio se logró apreciar que la población arroja basura y desmonte de construcción a la quebrada. Frente a esta situación es necesario informar y capacitar a la comunidad local sobre prácticas sostenibles en cuanto a la disposición adecuada de residuos e involucrarlos en la toma de decisiones, pues dicha quebrada es parte importante de la vida y el entorno de la comunidad.

#### **4.2. Contrastación de hipótesis**

En el software Minitab 21 se ha llegado a verificar los resultados de los caudales para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años que fueron 116.3 m<sup>3</sup>/s, 149.5 m<sup>3</sup>/s, 202.8 m<sup>3</sup>/S, 251.4 m<sup>3</sup>/s, 308.0 m<sup>3</sup>/s y 373.5 m<sup>3</sup>/s respectivamente, en donde se presenta una tendencia normal por lo que se ha realizado una prueba correlacional de Pearson si se acepta o no la hipótesis, en donde se ha obtenido un valor p al 95% de 0.058 lo cual es mayor y se acepta la hipótesis, además si el coeficiente de Pearson es 0.996 la correlación viene a ser muy buena. Por tanto, se llega aceptar la hipótesis general, en donde presenta una correlación directa, positiva y buena. A continuación, se presenta un cuadro resumen del análisis de varianza y la gráfica de

línea ajustada donde es la comparación de caudales menores iguales a 25 años con los mayores e iguales de 50 hasta 200 años.

**Tabla 32.**

*Análisis de Varianza*

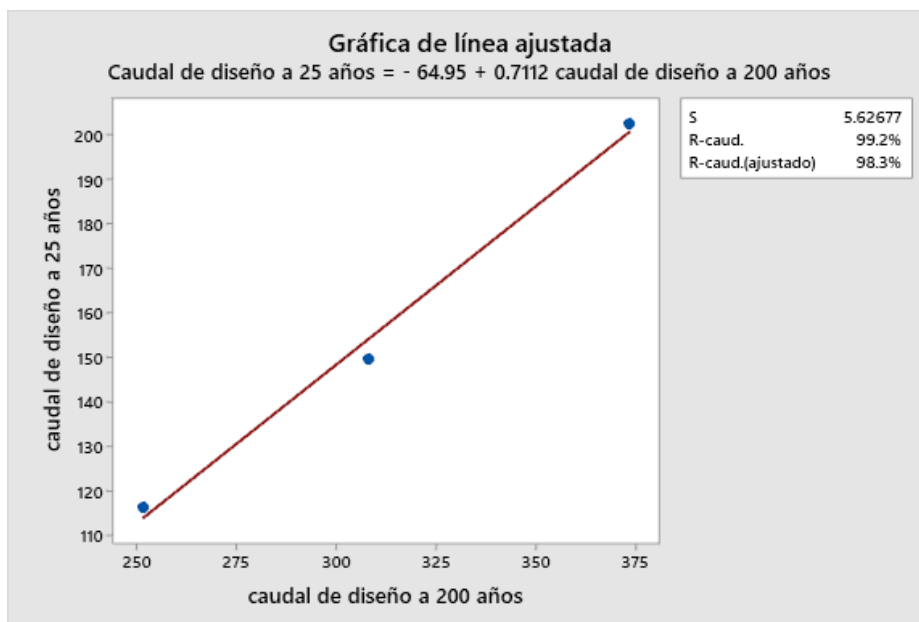
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	3776.80	3776.80	119.29	0.058
Error	1	31.66	31.66		
Total	2	3808.46			

Nota. Elaboración propia.

La grafica muestra la comparación de los caudales hasta los 25 años con la comparación de los caudales desde los 50 hasta los 200 años.

**Figura 67.**

*Gráfica de Línea Ajustada*



Nota. Elaboración propia.

#### 4.3. Discusión de resultados

Para determinar los parámetros geomorfológicos de una cuenca se puede realizar mediante las Cartas Topográficas Nacionales o mediante los Modelos de Elevación Digital (DEM). Aguirre (2021) menciona que para el estudio de la cuenca del Rio Namballe se utilizó

un DEM obtenido del sitio web de la NASA, logrando determinar que dicha cuenca tiene un área de 479.50 km<sup>2</sup>, un perímetro 114.47 km, factor de forma 0.21, índice de Gravelius de 1.47, una pendiente del cauce principal de 2.22 % y la longitud de cauce principal de 51.26 km. También Villalobos y Diaz (2021) indican que para el estudio de la cuenca del Río Amuju se hizo uso de las Cartas Nacionales para determinar sus características geomorfológicas, obteniendo como resultados un área de 150.51 km<sup>2</sup>, una longitud del cauce principal 11.44 km, tiempo de concentración de 1.26 hr. Si bien es cierto que tanto con los DEMs como con las Cartas Nacionales se puede obtener las características geomorfológicas de una cuenca, diversos estudios demuestran que los DEM cuentan con mayor precisión como fuente de información sobre relieve y topografía. Empleando un DEM de 12.5 m se logró obtener que la cuenca de la Quebrada Machaypungo tiene un área de 39.39 km<sup>2</sup>, un perímetro de 32.61 km, tipo de forma amplia y montañosa, un tiempo de concentración de 45.61, un factor de forma de 0.56 y una longitud del cauce principal de 8386.01 m con pendiente de 12.48%. Esto permitió contar los datos pertinentes y adecuados para realizar el estudio hidrológico. Por tanto, es importante conocer los parámetros geomorfológicos de una cuenca, cauce o subcuenca para así poder contar con una base para la gestión de los recursos hídricos.

En cuanto al estudio hidrológico Gulam et al. (2021) indica que para realizar este estudio toma precipitaciones desde el año 1975 hasta el 2017 siendo un total de años de 43 para estimar caudales en los Tr de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Como también (Chavez & Tucto, 2021) para realizar su investigación tomaron un registro pluviométrico de 52 años desde 1968 hasta 2019, considerando Tr de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años. Adicionalmente, el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones sugiere disponer de un historial de datos de al menos 25 años, de manera que a partir de este archivo de información a lo largo del tiempo, se pueda prever de manera precisa eventos futuros, garantizando así la confiabilidad de los resultados (MTC, 2014). Es por ello que para esta investigación se consideró datos desde



el año 1964 hasta el 2022 tomando un total de 54 años de la estación meteorológica Cochabamba, en donde mediante el software HEC-HMS y el método de la Curva Número (CN) se obtuvo caudales de 116.3 m<sup>3</sup>/s, 149.5 m<sup>3</sup>/s, 202.8 m<sup>3</sup>/s, 251.4 m<sup>3</sup>/s, 308.0 m<sup>3</sup>/s y 373.5 m<sup>3</sup>/s para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 respectivamente. Por tanto, es importante que la data obtenida de la estación elegida sea consistente, ya que esta influye de manera directa en la obtención de caudales y por ende en la cantidad de área de inundación en los diferentes Tr.

A lo largo de los años, HEC-RAS ha sido utilizado con éxito en una amplia variedad de proyectos de ingeniería civil e hidráulica en todo el mundo, lo que respalda su eficacia y utilidad. Gulam et al. (2021) para su investigación utilizaron HEC-RAS para obtener mediante HEC-GeoRAS los mapas de las llanuras de inundación aluvial en diferentes Tr. Es por ello que basados en las investigaciones que respaldan el uso de este software, las necesidades de nuestra investigación y la experiencia en el uso del mismo, se empleó para obtener los mapas de inundación mediante el ingreso de datos como el coeficiente de rugosidad de Manning, las líneas de muestreo y los caudales obtenidos del estudio hidrológico, permitiendo determinar las áreas de inundación y tirantes máximos para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años. Por tanto, el programa Hec-Ras es una herramienta práctica que mediante el ingreso de algunas características del área de estudio se puede definir el área inundable.

Los mapas de inundación son muy importantes para la gestión de riesgos y la planificación urbana puesto que representan las posibles áreas inundables en diferentes periodos de retorno. Peña y Núñez (2020) mencionan que mediante el programa HEC-RAS obtuvieron para los Tr de 25, 50, 100 y 200 años las áreas de inundación de 18058.055 m<sup>2</sup>, 20512.277 m<sup>2</sup>, 21760.196 m<sup>2</sup> y 24488.547 m<sup>2</sup> respectivamente. En esta investigación se obtuvo que, para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años, las áreas de inundación son de 1.27 ha, 2.09 ha, 3.13ha, 3.81 ha, 4.74 ha, 5.65 ha respectivamente, las cuales se obtuvieron del modelamiento hidráulico realizado en el programa HEC-RAS. Además, mediante la matriz

Saaty se logró definir los niveles de peligro, encontrando que para un Tr de 05 años predomina un nivel de peligro alto, mientras que, para los Tr de 10, 25, 50, 100, 200 años predominan los niveles de peligro alto y muy alto.

Por último, respecto a las medidas de mitigación frente a un riesgo por inundación mencionan Planas et al. (2020) que una medida puede ser la reforestación alrededor de la cuenca de 204 ha como un muro de contención natural. También Peña (2022) muestra que se deben proponer medidas de mitigación de riesgos como la elaboración de un plan de contingencia por parte de las autoridades en la zona en el cauce del Río Corral. Teniendo en cuenta las condiciones del lugar de estudio se proponen como medidas de mitigación la construcción de muros de contención de concreto, también la conservación y mejoramiento del cauce mediante la descolmatación y desbroce, el ordenamiento territorial urbanístico y la sensibilización a la comunidad.



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La cuenca de la quebrada Machaypungo presenta las siguientes características geomorfológicas, un área de 39.39 km<sup>2</sup>, un perímetro de 32.61 km, tipo de forma amplia y montañosa, un tiempo de concentración de 45.61, un índice de compacidad de 1.46, una longitud de cauce principal de 8386.01 m con una pendiente de 12.48%, un factor de forma de 0.56 y orden de red de drenaje 5, lo cual permitió contar con los datos pertinentes y adecuados para realizar el estudio hidrológico.
- En el estudio hidrológico se tomaron un total de 54 años dentro de 1964 hasta 2022 de la estación meteorológica Cochabamba, de donde se obtuvo los caudales para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años, los cuales fueron 116.3 m<sup>3</sup>/s, 149.5 m<sup>3</sup>/s, 202.8 m<sup>3</sup>/s, 251.4 m<sup>3</sup>/s, 308.0 m<sup>3</sup>/s y 373.5 m<sup>3</sup>/s.
- El modelamiento hidráulico se realizó en el software Hec-Ras teniendo en cuenta la información previamente tratada y obteniendo como resultado los tirantes máximos y áreas de inundación para los años Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años; los tirantes obtenidos son de 4.6 m, 5.1 m, 5.7 m, 6.13 m, 7.14 m y 8.73 m respectivamente.
- Los mapas de inundación obtenidos presentaron para los Tr de 05, 10, 25, 50, 100 y 200 años las áreas de inundación de 1.27ha, 2.09ha, 3.13ha, 3.81ha, 4.74ha, 5.65ha respectivamente, los cuales se obtuvieron del modelamiento hidráulico de los caudales en el programa Hec-Ras. Las inundaciones presentan un nivel de peligro alto para el Tr de 05 años y un nivel de peligro alto y muy alto en los Tr de 10, 25, 50, 100 y 200 años.
- Como medidas de mitigación se propone la construcción de muros de contención de concreto en función a las áreas de inundación, también la conservación y mejoramiento del cauce mediante la descolmatación y desbroce, el ordenamiento territorial urbanístico, y la educación y sensibilización lo cual permitirá reducir los impactos socio-económicos frente a posibles inundaciones.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para futuras investigaciones se recomienda profundizar o complementar los resultados obtenidos con un análisis y determinación de transporte de sedimentos en dicha quebrada, para así establecer los periodos de descolmatación necesarios.
- Se recomienda que esta información pueda ser usada por entidades públicas y privadas para poder realizar el diseño de una red de drenaje, elaboración de nuevas ordenanzas municipales y/o planes de gestión con la finalidad de mitigar los daños ante futuras inundaciones.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Agonafir, C., Lakhankar, T., Khanbilvardi, R., & Krakauer, N. (2022). A machine learning approach to evaluate the spatial variability of New York City's 311 street flooding complaints. *Computers, Environment and Urban Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.125985>
- Aguirre, M. (2021). *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por inundación en la ciudad de Naballes como consecuencia del desborde del Río Naballes en épocas de fuertes lluvias mediante el uso de modelos matemáticos*. Chiclayo: Universidad Católica Toribio de Mogrovejo. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3732/1/TL\\_AguirreSeguraMaxAnderson.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3732/1/TL_AguirreSeguraMaxAnderson.pdf)
- Alarcon, D., & Gonzáles, o. (2022). *Determinar las zonas de inundación por máxima avenida de la quebrada zanja honda en el Asentamiento Humano de Fila - Alta, Distrito Jaén, Provincia Jaén - Cajamarca*. Cajamarca: universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/442>
- Alemán-Sancheschülz, G., Solano, E., Terrazas, T., & López-Portillo, J. (2019). La arquitectura hidráulica de las plantas vasculares terrestres, una revisión. *Madera y bosques*, 25(3), 17. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v25n3/2448-7597-mb-25-03-e2531828.pdf>
- Belette, O., Maceo, A., & Batista, Y. (2020). Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico con estación total para el cálculo de volumen. *Revista de Topografía Azimut*, 12(1), 08-17. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/13091/16473>
- Betanzos-Vega, A., Capetillo-Piñar, N., Lopeztegui-Castillo, A., Garcés-Rodríguez, Y., & Tripp-Quezada, A. (2019). Parámetros meteorológicos, represamiento fluvial y huracanes. Variaciones en la hidrología del golfo de Batabanó, Cuba. *Biología Marina y Oceanografía*, 54(3), 11. <https://www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v54n3/0718-1957-revbiolmar-54-03-308.pdf>
- Castañeda, M., Camacho, C., & Rativa, J. (2021). Análisis de las variables que influyen en el desbordamiento del río Frío en el municipio de Campoalegre, Huila (Colombia). *Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO*, 16(30), 9. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2627/2175>
- Cavalcante, G., Paiva, A., Pyrrho, L., Coelho, T., & Rayane, a. (2019). Uso de métodos acelerados para el análisis de la precipitación intenso en la ciudad de Santa Cruz do Capibaribe-pe. *Abrhidro*, 10. <http://abr.h.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0280-1-20200816-203047.pdf>
- CENEPRED. (2018). *Informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial del sector A-Norte, Distrito de Llama, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://bit.ly/3Yh1IEk>
- Chavez, E., & Tucto, J. (2021). *Identificación de zonas inundables por la quebrada Ingamayo, Caserío Agopampa - Propuesta de mejoras estructurales"*. Cajamarca: Universidad privada del Norte. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29247/Chavez%20Villaneuva%20Ernesto\\_Tucto%20Chuquilin%20John%20Willam.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29247/Chavez%20Villaneuva%20Ernesto_Tucto%20Chuquilin%20John%20Willam.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Coelho, J., Rolim, F., & Oliveira, J. (2020). *Topografía*. Digital. [https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/3377/1/Livro\\_topografiageral2ed.pdf](https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/3377/1/Livro_topografiageral2ed.pdf)



- Corredor, J., & Peñaranda, V. (2012). IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DEL NÚMERO DE CURVA Y SU INCERTIDUMBRE MENSUAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ. 22. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702012000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702012000100005&script=sci_arttext)
- Deeptija, P., Deep, A., & Mishra, V. (2022). *On the occurrence of the observed worst flood in Mahanadi River basin under the warming climate*. Weather and Climate Extremes. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100520>
- Del Valle, J., Gil, M., Figueroa, R., Parra, O., González, A., & Stehr, A. (2019). Modelos de gestión, conflictos y mediación en cuencas hidrográficas: los casos de España y Brasil y su aplicabilidad a Chile. *Aqua-LAC*, 11(1), 11. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368917>
- Enrique, L., Maron, L., & Tacora, S. (2018). Análisis del riesgo por inundación a causa del desborde de río Ilave, Distrito de Ilave – Collao. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 10-14. <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1067>
- Espinosa-Rodríguez, M., Ruiz-Sánchez, T., Hidalgo-Millán, A., & Delgado-Delgado, R. (2019). Efecto de la carga hidráulica de un filtro percolador en el proceso de nitrificación. *Mexicana de ingeniería química*, 18(1), 107-113. <http://www.rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/125/100>
- Fernández, C., León, A., & Rodríguez, Y. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. 41(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382020000100115&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382020000100115&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2491-2509.
- Goicochea, A. (2021). *Estimación del nivel de riesgo por inundación de la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana-Cajamarca, 2020*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Gori, A., Russel, B., Andrew, J., Brody, S., & Philip, B. (2019). Characterizing urbanization impacts on floodplain through integrated land use, hydrologic, and hydraulic modeling. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.053>
- Guerrero, C., Herrera-Rodríguez, D., & Forero-Buitrago, G. (2021). Hidrología e hidráulica computacional aplicada al suministro de agua lluvia de la vereda el Tunal en Paipa, Boyacá Colombia. *Ingeniería y competitividad*, 23(2). [https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria\\_y\\_competitividad/issue/view/881](https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/issue/view/881)
- Gulam, M., Bin, J., Uddin, M., & Islam, N. (2021). Runoff prediction of Surma basin by curve number (CN) method using ARC-GIS and HEC-RAS. *Environmental and Sustainability Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100129>
- Gutiérrez-López, A., & Aparicio, J. (2019). Las seis reglas de la regionalización en hidrología. *Aqua-LAC*, 12(1), 9. <http://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/255>
- Hanni, Y., & Rojali, E. (2023). Development of flood-prone area classification program using linear classifier method based on geomorphic flood index and land cover. *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.151>
- Hernandez, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Granw Hill.
- Ho, H., Park, E., & Chitwatksiri, D. (2020). Local rainfall or river overflow? Re-evaluating the cause of the Great 2011 Thailand flood. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125368>

- Huu, H., Park, E., & Detchphol, C. (2020). *Local rainfall or river overflow? Re-evaluating the cause of the Great 2011 Thailand flood*. Journal of Hydrology. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125368>
- INDECI. (2021). *Precipitaciones pluviales en el Distrito de Cochabamba - Cajamarca*. Cajamarca. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/03/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-1400-16MAR2021-PRECIPITACIONES-PLUVIALES-EN-EL-DISTRITO-DE-COCHABAMBA-CAJAMARCA-3.pdf>
- Jiménez-Segura, L., & Lasso, C. (2020). *Aspectos físicos de la cuenca del río Magdalena, Colombia: geología, hidrología, sedimentos, conectividad, ecosistemas acuáticos e implicaciones para la biota*. Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia— Instituto de Investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt. 351262732\_DIAGNOSTICO\_DEL\_GRADO\_DE\_AMENAZA\_Y\_MEDIDAS\_DE\_MANEJO\_PARA\_LOS\_PECES\_DEL\_RIO\_MAGDALENA\_COLOMBIA
- Junk, W., Fernandez, M., Wittmann, F., & Schöngart, J. (2020). *Hidrología*. Instituto nacional de investigaciones de la Amazonia. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/4682/1/3241.pdf>
- López, I. (2021). *Amenaza, vulnerabilidad, riesgo y estrategias*. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/1717/1696/5522-1>
- Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad*. Lima: Universidad César Vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31347/loyola\\_mj.pdf?sequence](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31347/loyola_mj.pdf?sequence)
- Machuca, Y. (03 de Marzo de 2022). *Cajamarca: desborde del río Chotano inunda colegio, casas y destruye plataforma de la vía a Chiclayo*. <https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/03/cajamarca-desborde-del-rio-chotano-inunda-colegio-casas-y-destruye-plataforma-de-la-via-a-chiclayo-lrnd/>
- Mazzitelli, M. (2021). ¿De quién es la topografía? el plan cartográfico de la dirección de minas, geología e hidrología. *Geograficando*, 16(2), 18. <https://www.geograficando.fahce.unlp.edu.ar/article/view/GEOe085/12929>
- Mendoza, J. (2020). *Topografía y geodesia*. Lima: Maraucano E.I.R.L. <https://ingnovando.com/wp-content/uploads/2020/06/MUESTRA-LIBRO-DE-TOPOGRAF%C3%8DA.pdf>
- Ministerio de defensa. (06 de Marzo de 2022). *Gobierno declara en emergencia 20 distritos de Cajamarca afectados por intensas lluvias*. Ministerio de defensa: <https://www.gob.pe/institucion/mindef/noticias/588260-gobierno-declara-en-emergencia-20-distritos-de-cajamarca-afectados-por-intensas-lluvias>
- Moreira, A., Mirandola, H., Pinto, A., & Salinas, E. (2019). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades. *Revista Colombiana de Geografía*, 29, 17. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v29n1/2256-5442-rcdg-29-01-69.pdf>
- Morote, Á., & Souto, X. (2020). Educar para convivir con el riesgo de inundación. *Estudios geográficos*, 81(288), 14. <https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/774/913>
- MTC. (2008). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. MTC.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima.
- MTC. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.

- [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)
- Ndidi, F., Innocent, E., & Ganiy, I. (2022). Flood risk mapping and urban infrastructural susceptibility assessment using a GIS and analytic hierarchical raster fusion approach in the Ona River Basin, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103097>
- Ñaupas, H., & Valdivia, M. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.
- Olcina, J., & Oliva, A. (2019). Medidas estructurales versus cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España). *Cuadernos geográficos*, 52(2), 199-220. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/106913/1/Olcina\\_Oliva\\_2020\\_CuadGeo.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/106913/1/Olcina_Oliva_2020_CuadGeo.pdf)
- Peña, J., & Núñez, D. (2020). *Áreas de inundación de la quebrada Pindo, al centro poblado Perico, Distrito Chirinos, Provincia San Ignacio - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/273>
- Peña, N. (2022). *Evaluación del riesgo por inundación debido al desborde del Río Corral del medio en los centros poblados ingenio de Buenos Aires y Pampa Flores del Distrito de Buenos Aires Morropon - Piura*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4960>
- Peralta, J., Cordero, M., & Jaramillo, J. (2020). *Topografía*. Área de innovación y desarrollo, S.L.
- Pineda, B. (2019). Aplicación de la distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles en Colombia. *Ingeniería y desarrollo*, 37(2), 21. <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v37n2/2145-9371-inde-37-02-212.pdf>
- Planas, J., Alberto, B., Alvarez, L., & Luckner, N. (2020). *Causas y soluciones para mitigar las inundaciones en la ciudad de port de paix, departamento del noreste, Republica de Haiti*. Cuba: Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181365138004/html/>
- Roa, J., & Kearney, M. (2013). Acumulación y dirección de la escorrentía superficial a través del método del Número de Curva (nc) y SIG en una vertiente urbana de la ciudad de Trujillo - Venezuela. 54(2). <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347731126007.pdf>
- Sarfraz, G., & Kreibich, H. (2016). An evaluation of disaster risk reduction (DRR) approaches for coastal delta cities: a comparative analysis. *Natural Hazards*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-016-2388-8>
- SIGRID. (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CENEPRED/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CENEPRED/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)
- Timuro, H., & Dinka, M. (2021). Application of ANN and HEC-RAS model for flood inundation. *Elsevier*, 36, 14. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100855>
- Vargas-Garay, L., Torres-Goyeneche, O., & Carrillo-Soto, G. (2019). Evaluación del modelo de hidrograma unitario SCS en la determinación de caudales máximos en cuencas de Norte de Santander. *Respuestas*, 24(1), 16-13. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/1323/1250>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas*. Quito: Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>



- Vega, V., Yelandi, M., & Batista, N. (2023). Aplicación del proceso analítico jerárquico difuso en la gestión estratégica: Un análisis de caso en un hotel cubano de la cadena IBEROSTAR. *15(S2)*. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3873>
- Villalobos, P., & Díaz, A. (2021). *Estudio de inundación por efectos del desborde del río Amojú, aplicando los modelos matemáticos HEC-RAS Y HEC-HMS en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén provincia de Jaén, departamento de Cajamarca*. Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4312>
- Villon, M. (2000). *Hidrología*.
- Yang, W., Lihuan, C., & Xu, C. (2022). Sub-daily precipitation-streamflow modelling of the karst-dominated basin using an improved grid-based distributed Xinanjiang hydrological model. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101125>

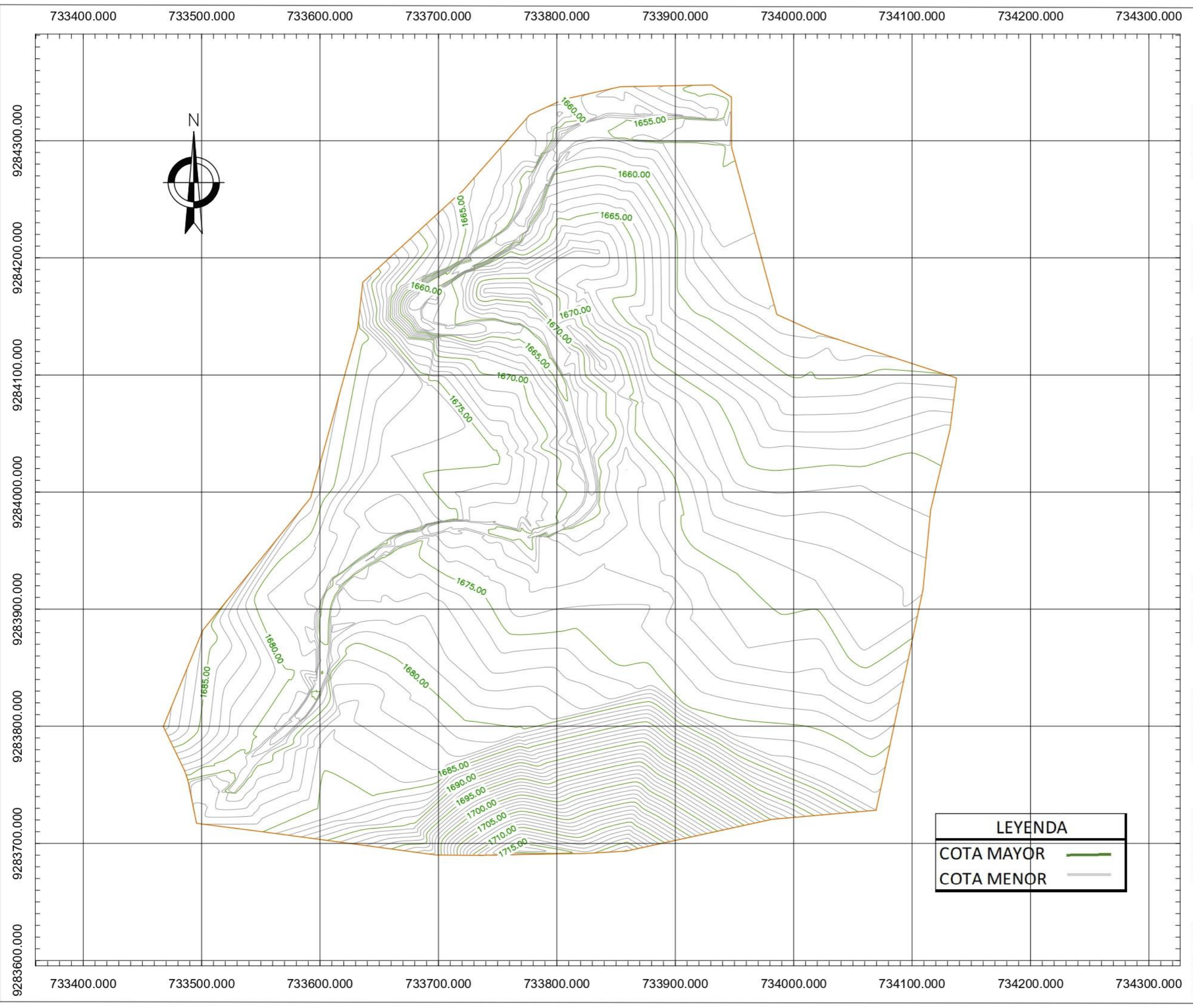
## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### Anexo 01. Levantamiento Topográfico - Quebrada Machaypungo.

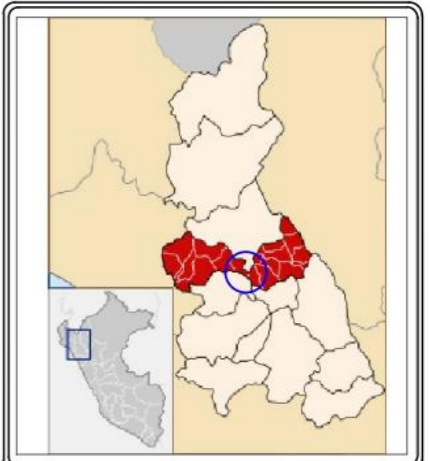


### Anexo 02. Plano Topográfico Del Lugar De Estudio





**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**

**AUTORES:**  
CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN  
FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

**ASESOR:**  
CIEZA LEÓN DANTE HARTMAN

**CARRERA:**  
INGENIERÍA CIVIL

**FACULTAD:**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA

**ESCUELA:**  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**NOMBRE DEL PLANO:**  
PLANO TOPOGRÁFICO  
QUEBRADA MACHAYPUNGO

**ÁREA:**

**ESCALA:**  
1/3000

**ACOTACIÓN:**


**FECHA:**  
08-08-23


**No. DE PLANO:**  
**PT-01**





### Anexo 03. Recepción de Datos de Precipitaciones del SENAMHI

Respondió el Vie 14/07/2023 15:27.

 Rosa Lorena Chavesta Lluen (DZ2) <rchavesta@senamhi.gob.pe>  
Para: JEREMY JORDHAN CIEZA RAFAEL 😊 ↶ ↷ ↲ ⌨ ⋮  
Mié 12/07/2023 17:03

 COCHABAMBA HR TMAX TM...  
22 KB

2 archivos adjuntos (45 KB)  Guardar todo en OneDrive - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Descargar todo

Iniciar respuesta con:

Buenas tardes estimado adjunto la información solicitada, por favor confirmar recepción.

Anexo 04. Data de precipitaciones del SENAMHI.

ESTACIÓN : COCHABAMBA												
Departamento : CAJAMARCA			Provincia : CHOTA			Distrito : COCHABAMBA			Altitud : 1653 msnm.			
Latitud : 6°27'36.32"			Longitud : 78°53'18.97"			Tipo : Meteorológica			Código : 106058			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964	37	20	21	29	11	13	8	21.5	16	38	21	28.5
1965	15	15.5	26.5	16.5	20	6	8.5	3.3	33.8	33.7	28.5	19.9
1966	15.2	9.8	54.5	25	15	7	0.5	17	7.5	35	28	8
1967	31	50	43	22	17	3	10	4	8	24.5	11.5	8
1968	12	39	15	13	3	11	6	27	22	27	23	9
1969	12	30	36	52	12	9	0	5	14	35	61	18
1970	22	22	9	26	31	14	5	9	14	26	26	20
1971	22.5	18	72	31	33	11	9.5	26.5	10.5	18	21.5	21
1972	9	21	28	24	11	12.5	6	7	10.5	34	25	26
1973	11.5	17.5	12	38.5	21	12	15	32	30	25	13	19
1974	10	42.5	16	34.5	19	10.5	6	17	60	34	13.5	14
1975	15.5	31.5	30	33	22	9	35	29.5	34	36	54	3
1976	14	35	34	29.5	13.5	7.5	0	1.5	6	43	19	12
1977	14.5	35	18	32	6.5	15	5	0	36	43	23	10
1978	5	0	26	16	14	0	20	7	29	3	27	22
1979	31	19	30	14	32	3	3	47	25	21	45	19
1980	9	4	34	11.5	11	15	1.5	10	0	39	23	7.5
1981	4.5	27	22	49	5	14	11	21	12	17	14	15
1982	17.5	19.5	14	40	34.5	7	2.5	1.5	22	18	0	29
1983	21	28	17.9	27	10	0	0	0	22	0	0	0
1987	21.3	35	7	24	5	0	9	0	23.8	14	9.8	8
1988	12.8	10.8	15.2	30.8	102	8.2	14	22.2	24.2	18.6	11.4	12.6
1989	36.4	26	50.4	49	10.8	67.2	8	10	35.2	29	10	7.6
1990	11	25	11	18.2	19.2	10.8	2.4	1	4	45	24.2	2.8
1991	4.2	6	20.8	31	0	0	4	1.5	34	9.6	24	16
1992	19.2	28.5	11.2	58	24.2	6.4	4	4.8	31	28	14	5.6
1993	12	30	48.6	22.8	7.2	0.5	23	8	14	17.2	11	7
1994	8.5	23.4	60	27	17.6	2	0	0	45	29	22	10
1995	41	20	8	12	22	0.5	13	3.8	3.5	12	27.5	12.5
1996	11	29	83	42.5	39	18	0	32	13	32	11	0.2
1997	16	50.5	11	26	6	11.5	6	0	0	5.5	11	34
1998	10	45	29	36	25.5	5.5	0	20	29	17	12.2	7
1999	11.5	10.5	17	0	0	71.4	11.7	8.9	63.5	31.1	9.2	26.7
2000	14.5	23.1	31	35.1	83	17.9	3.9	30.5	31.7	32.7	35.1	22
2001	24.5	21.1	21.3	80.2	39.9	2.3	0.8	1.4	79.3	13.8	16.3	48.8
2002	19.7	52.4	14.2	80.5	28.5	9.5	7.4	0	41.6	31.3	21.8	9.8
2003	22	53	28.2	34.2	18.5	27.5	5.4	3.5	11.7	32.8	45.4	9.6
2004	13.1	20	12.2	46.7	36.5	1.9	15	0.9	27.3	18.1	19.2	15.6
2005	7.9	35.1	23.3	28.7	4.7	15.4	1.3	9	15.4	30.3	22.2	16
2006	14.2	19	42.6	21.2	14	26.7	24.6	2.8	38.1	17.5	19.4	24
2007	18.2	22	26.7	25.4	60.6	0	21.8	16.7	21.2	26.8	32.6	17.2
2008	35.2	50.6	102.2	33.1	30.1	22.4	3.1	61.3	45.3	73.9	16.8	7.3
2009	25.9	23.4	55.8	10.8	16.4	8	5.8	24	1.6	15.6	16.9	41.9
2010	22.2	82.2	40	53.2	20.8	11.4	21	4.5	57.5	20.6	23.4	15.4
2011	29	19.1	14.2	28.9	20.4	3.8	2.7	10.2	49.2	13.3	12.3	36.9
2012	24.3	21.6	74.4	61.4	27.2	0	0	0	41.4	41.4	20.6	57.6
2013	24.7	8.3	59.5	25.5	38.6	7	0	9.8	3.5	44	13.2	23.3
2014	24	38.2	34.6	31.2	12.2	1.5	0	42.4	16.2	19.6	25.8	16.4
2015	36	33	35	19.6	66.4	0	1.5	0	0	56.3	35.2	0
2016	9.3	9.5	39.7	51.5	12.2	12	0	0	16.1	27.6	40.2	36.7
2017	31.8	32.2	34.8	23.3	23.5	21	0	21.7	21.3	28.8	32.2	6.8
2018	26.4	17	23.2	37.4	43.7	11.8	2	0	34.5	44.2	39.7	11
2019	14.2	43.9	49.7	34.9	19.4	8.4	8.5	0	5.7	23.2	49	23.9
2022	SD	SD	SD	SD	32.8	21.6	20.9	10.9	25.2	36.4	13.8	8.8

Nota. Obtenido del SENAMHI.

Anexo 05. Precipitaciones máximas de 24 horas.

<b>PRECIPITACIÓN MÁX. DE 24 HORAS</b>		
<b>N°</b>	<b>Año</b>	<b>PPmáx (mm)</b>
1	1964	38
2	1965	33.8
3	1966	54.5
4	1967	50
5	1968	39
6	1969	61
7	1970	31
8	1971	72
9	1972	34
10	1973	38.5
11	1974	60
12	1975	54
13	1976	43
14	1977	43
15	1978	29
16	1979	47
17	1980	39
18	1981	49
19	1982	40
20	1983	28
21	1987	35
22	1988	102
23	1989	67.2
24	1990	45
25	1991	34
26	1992	58
27	1993	48.6
28	1994	60
29	1995	41
30	1996	83
31	1997	50.5
32	1998	45
33	1999	71.4
34	2000	83
35	2001	80.2
36	2002	80.5
37	2003	53
38	2004	46.7
39	2005	35.1
40	2006	42.6
41	2007	60.6
42	2008	102.2
43	2009	55.8
44	2010	82.2
45	2011	49.2
46	2012	74.4
47	2013	59.5
48	2014	42.4
49	2015	66.4
50	2016	51.5
51	2017	34.8
52	2018	44.2
53	2019	49.7
54	2022	36.4

Nota. Elaboración propia.



Anexo 06. Prueba de datos dudosos.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS			
Nº	Año	PP 24hr	Log(P 24hr)
1	1964	38	1.580
2	1965	33.8	1.529
3	1966	54.5	1.736
4	1967	50	1.699
5	1968	39	1.591
6	1969	61	1.785
7	1970	31	1.491
8	1971	72	1.857
9	1972	34	1.531
10	1973	38.5	1.585
11	1974	60	1.778
12	1975	54	1.732
13	1976	43	1.633
14	1977	43	1.633
15	1978	29	1.462
16	1979	47	1.672
17	1980	39	1.591
18	1981	49	1.690
19	1982	40	1.602
20	1983	28	1.447
21	1987	35	1.544
22	1988	102	2.009
23	1989	67.2	1.827
24	1990	45	1.653
25	1991	34	1.531
26	1992	58	1.763
27	1993	48.6	1.687
28	1994	60	1.778
29	1995	41	1.613
30	1996	83	1.919
31	1997	50.5	1.703
32	1998	45	1.653
33	1999	71.4	1.854
34	2000	83	1.919
35	2001	80.2	1.904
36	2002	80.5	1.906
37	2003	53	1.724
38	2004	46.7	1.669
39	2005	35.1	1.545
40	2006	42.6	1.629
41	2007	60.6	1.782
42	2008	102.2	2.009
43	2009	55.8	1.747
44	2010	82.2	1.915
45	2011	49.2	1.692
46	2012	74.4	1.872
47	2013	59.5	1.775
48	2014	42.4	1.627
49	2015	66.4	1.822
50	2016	51.5	1.712
51	2017	34.8	1.542
52	2018	44.2	1.645
53	2019	49.7	1.696
54	2022	36.4	1.561

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P 24hr	Log(P 24hr)
Número de datos (N)	54	54
Sumatoria	2854.9	91.8582
Valor Máximo	102.2	2.009
Valor Mínimo	28	1.447
Media:	52.8685	1.7011
Varianza:	316.098	0.019
Desviación Estándar:	17.7791	0.1378
Coefficiente Variación:	0.3363	0.081
Coefficiente de Sesgo:	1.0031	0.3506
Coefficiente de Curtosis:	3.6984	2.6314

n= 54  
 Kn= 2.794  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.09$$

Precipitación máxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 121.93 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTOS DE LA MUESTRA**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.32$$

Precipitación mínima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 20.71 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MÍNIMOS DE LA MUESTRA**

Nota. Elaboración propia.

Anexo 07. Distribuciones teóricas.

**DISTRIB. NORMAL**

<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0809	0.0628
2	29	0.0364	0.0897	0.0534
3	31	0.0545	0.1093	0.0548
4	33.8	0.0727	0.1417	0.069
5	34	0.0909	0.1443	0.0534
6	34	0.1091	0.1443	0.0352
7	34.8	0.1273	0.1547	0.0275
8	35	0.1455	0.1574	0.012
9	35.1	0.1636	0.1588	0.0048
10	36.4	0.1818	0.1771	0.0047
11	38	0.2	0.2015	0.0015
12	38.5	0.2182	0.2095	0.0087
13	39	0.2364	0.2177	0.0187
14	39	0.2545	0.2177	0.0369
15	40	0.2727	0.2346	0.0381
16	41	0.2909	0.2522	0.0387
17	42.4	0.3091	0.278	0.0311
18	42.6	0.3273	0.2818	0.0455
19	43	0.3455	0.2894	0.056
20	43	0.3636	0.2894	0.0742
21	44.2	0.3818	0.3129	0.0689
22	45	0.4	0.329	0.071
23	45	0.4182	0.329	0.0891
24	46.7	0.4364	0.3643	0.0721
25	47	0.4545	0.3707	0.0839
26	48.6	0.4727	0.4051	0.0676
27	49	0.4909	0.4139	0.077
28	49.2	0.5091	0.4183	0.0908
29	49.7	0.5273	0.4293	0.098
30	50	0.5455	0.4359	0.1095
31	50.5	0.5636	0.447	0.1166
32	51.5	0.5818	0.4693	0.1125
33	53	0.6	0.503	0.097
34	54	0.6182	0.5254	0.0928
35	54.5	0.6364	0.5366	0.0998
36	55.8	0.6545	0.5655	0.0891
37	58	0.6727	0.6136	0.0592
38	59.5	0.6909	0.6454	0.0455
39	60	0.7091	0.6558	0.0533
40	60	0.7273	0.6558	0.0714
41	60.6	0.7455	0.6682	0.0773
42	61	0.7636	0.6763	0.0873
43	66.4	0.7818	0.7767	0.0051
44	67.2	0.8	0.7899	0.0101
45	71.4	0.8182	0.8514	0.0332
46	72	0.8364	0.8591	0.0227
47	74.4	0.8545	0.8871	0.0325
48	80.2	0.8727	0.9379	0.0652
49	80.5	0.8909	0.9399	0.049
50	82.2	0.9091	0.9505	0.0414
51	83	0.9273	0.9549	0.0277
52	83	0.9455	0.9549	0.0095
53	102	0.9636	0.9971	0.0335
54	102.2	0.9818	0.9972	0.0154
<b><math>\Delta</math>Teórico</b>	<b>0.1166</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución normal mediante un 5% de nivel de significancia.</b>		
<b><math>\Delta</math>Tabular</b>	<b>0.1851</b>			

<b>DISTRIB. LOGNORMAL 2 PARÁMETROS</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0327	0.0145
2	29	0.0364	0.0417	0.0053
3	31	0.0545	0.0641	0.0095
4	33.8	0.0727	0.1058	0.0331
5	34	0.0909	0.1093	0.0184
6	34	0.1091	0.1093	0.0002
7	34.8	0.1273	0.1236	0.0037
8	35	0.1455	0.1273	0.0181
9	35.1	0.1636	0.1292	0.0344
10	36.4	0.1818	0.1549	0.0269
11	38	0.2	0.1894	0.0106
12	38.5	0.2182	0.2008	0.0174
13	39	0.2364	0.2124	0.024
14	39	0.2545	0.2124	0.0422
15	40	0.2727	0.2363	0.0365
16	41	0.2909	0.2609	0.03
17	42.4	0.3091	0.2964	0.0127
18	42.6	0.3273	0.3015	0.0257
19	43	0.3455	0.3119	0.0336
20	43	0.3636	0.3119	0.0517
21	44.2	0.3818	0.3432	0.0386
22	45	0.4	0.3642	0.0358
23	45	0.4182	0.3642	0.054
24	46.7	0.4364	0.4089	0.0275
25	47	0.4545	0.4167	0.0378
26	48.6	0.4727	0.4583	0.0144
27	49	0.4909	0.4685	0.0224
28	49.2	0.5091	0.4736	0.0354
29	49.7	0.5273	0.4863	0.0409
30	50	0.5455	0.4939	0.0516
31	50.5	0.5636	0.5064	0.0572
32	51.5	0.5818	0.531	0.0508
33	53	0.6	0.5668	0.0332
34	54	0.6182	0.5899	0.0283
35	54.5	0.6364	0.6011	0.0352
36	55.8	0.6545	0.6295	0.0251
37	58	0.6727	0.6745	0.0018
38	59.5	0.6909	0.7029	0.012
39	60	0.7091	0.712	0.0029
40	60	0.7273	0.712	0.0153
41	60.6	0.7455	0.7226	0.0229
42	61	0.7636	0.7295	0.0342
43	66.4	0.7818	0.8102	0.0284
44	67.2	0.8	0.8202	0.0202
45	71.4	0.8182	0.8659	0.0477
46	72	0.8364	0.8715	0.0352
47	74.4	0.8545	0.8919	0.0374
48	80.2	0.8727	0.9297	0.057
49	80.5	0.8909	0.9313	0.0404
50	82.2	0.9091	0.9396	0.0305
51	83	0.9273	0.9431	0.0159
52	83	0.9455	0.9431	0.0023
53	102	0.9636	0.9872	0.0235
54	102.2	0.9818	0.9874	0.0055
<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0572</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución Log Normal de dos parámetros mediante un 5% de nivel de significancia.</b>		
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>			



<b>DISTRIB. LOGNORMAL 3 PARÁMETROS</b>					
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>Z</b>	<b>F(Z)</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	-2.1051	0.0176	0.0005
2	29	0.0364	-1.9476	0.0257	0.0106
3	31	0.0545	-1.662	0.0483	0.0063
4	33.8	0.0727	-1.3144	0.0943	0.0216
5	34	0.0909	-1.2915	0.0983	0.0074
6	34	0.1091	-1.2915	0.0983	0.0108
7	34.8	0.1273	-1.2022	0.1147	0.0126
8	35	0.1455	-1.1804	0.1189	0.0265
9	35.1	0.1636	-1.1695	0.1211	0.0425
10	36.4	0.1818	-1.0333	0.1507	0.0311
11	38	0.2	-0.8762	0.1905	0.0095
12	38.5	0.2182	-0.8292	0.2035	0.0147
13	39	0.2364	-0.7832	0.2167	0.0196
14	39	0.2545	-0.7832	0.2167	0.0378
15	40	0.2727	-0.6939	0.2439	0.0289
16	41	0.2909	-0.608	0.2716	0.0193
17	42.4	0.3091	-0.493	0.311	0.0019
18	42.6	0.3273	-0.477	0.3167	0.0106
19	43	0.3455	-0.4454	0.328	0.0174
20	43	0.3636	-0.4454	0.328	0.0356
21	44.2	0.3818	-0.3531	0.362	0.0198
22	45	0.4	-0.2936	0.3845	0.0155
23	45	0.4182	-0.2936	0.3845	0.0337
24	46.7	0.4364	-0.1721	0.4317	0.0047
25	47	0.4545	-0.1514	0.4398	0.0147
26	48.6	0.4727	-0.0437	0.4826	0.0099
27	49	0.4909	-0.0175	0.493	0.0021
28	49.2	0.5091	-0.0046	0.4982	0.0109
29	49.7	0.5273	0.0275	0.511	0.0163
30	50	0.5455	0.0466	0.5186	0.0269
31	50.5	0.5636	0.0779	0.5311	0.0326
32	51.5	0.5818	0.1394	0.5554	0.0264
33	53	0.6	0.2286	0.5904	0.0096
34	54	0.6182	0.2862	0.6126	0.0056
35	54.5	0.6364	0.3144	0.6234	0.013
36	55.8	0.6545	0.3863	0.6503	0.0042
37	58	0.6727	0.5029	0.6925	0.0198
38	59.5	0.6909	0.5791	0.7187	0.0278
39	60	0.7091	0.6039	0.7271	0.018
40	60	0.7273	0.6039	0.7271	0.0002
41	60.6	0.7455	0.6334	0.7368	0.0087
42	61	0.7636	0.6528	0.7431	0.0206
43	66.4	0.7818	0.9	0.816	0.0341
44	67.2	0.8	0.9345	0.825	0.025
45	71.4	0.8182	1.1072	0.8659	0.0477
46	72	0.8364	1.1308	0.8709	0.0346
47	74.4	0.8545	1.2229	0.8893	0.0348
48	80.2	0.8727	1.4313	0.9238	0.0511
49	80.5	0.8909	1.4415	0.9253	0.0344
50	82.2	0.9091	1.4989	0.933	0.024
51	83	0.9273	1.5254	0.9364	0.0091
52	83	0.9455	1.5254	0.9364	0.009
53	102	0.9636	2.0779	0.9811	0.0175
54	102.2	0.9818	2.083	0.9814	0.0004

<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0511</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución Log Normal de tres parámetros mediante un 5% de nivel de significancia.</b>
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>	

<b>DISTRIB. GAMMA 2 PARÁMETROS</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0441	0.0259
2	29	0.0364	0.0532	0.0168
3	31	0.0545	0.0751	0.0205
4	33.8	0.0727	0.1139	0.0412
5	34	0.0909	0.117	0.0261
6	34	0.1091	0.117	0.008
7	34.8	0.1273	0.1301	0.0028
8	35	0.1455	0.1334	0.012
9	35.1	0.1636	0.1351	0.0285
10	36.4	0.1818	0.1583	0.0235
11	38	0.2	0.1893	0.0107
12	38.5	0.2182	0.1995	0.0187
13	39	0.2364	0.21	0.0264
14	39	0.2545	0.21	0.0446
15	40	0.2727	0.2315	0.0413
16	41	0.2909	0.2538	0.0371
17	42.4	0.3091	0.2861	0.023
18	42.6	0.3273	0.2908	0.0365
19	43	0.3455	0.3003	0.0452
20	43	0.3636	0.3003	0.0633
21	44.2	0.3818	0.3292	0.0526
22	45	0.4	0.3488	0.0512
23	45	0.4182	0.3488	0.0694
24	46.7	0.4364	0.3908	0.0456
25	47	0.4545	0.3983	0.0563
26	48.6	0.4727	0.4381	0.0346
27	49	0.4909	0.448	0.0429
28	49.2	0.5091	0.453	0.0561
29	49.7	0.5273	0.4653	0.0619
30	50	0.5455	0.4727	0.0727
31	50.5	0.5636	0.485	0.0786
32	51.5	0.5818	0.5094	0.0725
33	53	0.6	0.5452	0.0548
34	54	0.6182	0.5686	0.0496
35	54.5	0.6364	0.58	0.0563
36	55.8	0.6545	0.6092	0.0453
37	58	0.6727	0.6562	0.0165
38	59.5	0.6909	0.6863	0.0046
39	60	0.7091	0.696	0.0131
40	60	0.7273	0.696	0.0312
41	60.6	0.7455	0.7074	0.0381
42	61	0.7636	0.7148	0.0488
43	66.4	0.7818	0.8029	0.0211
44	67.2	0.8	0.814	0.014
45	71.4	0.8182	0.8648	0.0467
46	72	0.8364	0.8711	0.0347
47	74.4	0.8545	0.8938	0.0393
48	80.2	0.8727	0.9353	0.0626
49	80.5	0.8909	0.937	0.0461
50	82.2	0.9091	0.9459	0.0368
51	83	0.9273	0.9497	0.0224
52	83	0.9455	0.9497	0.0043
53	102	0.9636	0.9925	0.0288
54	102.2	0.9818	0.9926	0.0108
<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0786</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución Gamma 2 parámetros mediante un 5% de nivel de significancia.</b>		
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>			

<b>DISTRIB. GAMMA 3 PARÁMETROS</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>G(Y) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0337	0.0156
2	29	0.0364	0.0444	0.008
3	31	0.0545	0.0705	0.016
4	33.8	0.0727	0.1175	0.0448
5	34	0.0909	0.1213	0.0304
6	34	0.1091	0.1213	0.0122
7	34.8	0.1273	0.1369	0.0096
8	35	0.1455	0.1409	0.0045
9	35.1	0.1636	0.143	0.0207
10	36.4	0.1818	0.1703	0.0115
11	38	0.2	0.2062	0.0062
12	38.5	0.2182	0.2179	0.0003
13	39	0.2364	0.2297	0.0067
14	39	0.2545	0.2297	0.0249
15	40	0.2727	0.2537	0.019
16	41	0.2909	0.2782	0.0127
17	42.4	0.3091	0.3131	0.0041
18	42.6	0.3273	0.3182	0.0091
19	43	0.3455	0.3282	0.0172
20	43	0.3636	0.3282	0.0354
21	44.2	0.3818	0.3585	0.0233
22	45	0.4	0.3786	0.0214
23	45	0.4182	0.3786	0.0395
24	46.7	0.4364	0.4212	0.0152
25	47	0.4545	0.4286	0.0259
26	48.6	0.4727	0.4678	0.0049
27	49	0.4909	0.4775	0.0134
28	49.2	0.5091	0.4823	0.0268
29	49.7	0.5273	0.4942	0.0331
30	50	0.5455	0.5013	0.0441
31	50.5	0.5636	0.513	0.0506
32	51.5	0.5818	0.5361	0.0457
33	53	0.6	0.5696	0.0304
34	54	0.6182	0.5912	0.027
35	54.5	0.6364	0.6017	0.0346
36	55.8	0.6545	0.6284	0.0262
37	58	0.6727	0.6707	0.002
38	59.5	0.6909	0.6977	0.0067
39	60	0.7091	0.7063	0.0028
40	60	0.7273	0.7063	0.021
41	60.6	0.7455	0.7164	0.0291
42	61	0.7636	0.7229	0.0407
43	66.4	0.7818	0.8009	0.0191
44	67.2	0.8	0.8108	0.0108
45	71.4	0.8182	0.8562	0.038
46	72	0.8364	0.8619	0.0255
47	74.4	0.8545	0.8827	0.0281
48	80.2	0.8727	0.922	0.0493
49	80.5	0.8909	0.9237	0.0328
50	82.2	0.9091	0.9325	0.0235
51	83	0.9273	0.9364	0.0091
52	83	0.9455	0.9364	0.0091
53	102	0.9636	0.9854	0.0218
54	102.2	0.9818	0.9856	0.0038
<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0506</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución Gamma 3 parámetros mediante un 5% de nivel de significancia.</b>		
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>			



<b>DISTRIB. LOGPEARSON TIPO III</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>G(Y) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0212	0.0031
2	29	0.0364	0.0296	0.0067
3	31	0.0545	0.0523	0.0022
4	33.8	0.0727	0.0978	0.025
5	34	0.0909	0.1016	0.0107
6	34	0.1091	0.1016	0.0075
7	34.8	0.1273	0.1177	0.0096
8	35	0.1455	0.1219	0.0236
9	35.1	0.1636	0.124	0.0396
10	36.4	0.1818	0.153	0.0288
11	38	0.2	0.192	0.008
12	38.5	0.2182	0.2048	0.0134
13	39	0.2364	0.2178	0.0185
14	39	0.2545	0.2178	0.0367
15	40	0.2727	0.2445	0.0282
16	41	0.2909	0.2719	0.0191
17	42.4	0.3091	0.3108	0.0017
18	42.6	0.3273	0.3164	0.0108
19	43	0.3455	0.3276	0.0178
20	43	0.3636	0.3276	0.036
21	44.2	0.3818	0.3613	0.0205
22	45	0.4	0.3837	0.0163
23	45	0.4182	0.3837	0.0345
24	46.7	0.4364	0.4306	0.0058
25	47	0.4545	0.4387	0.0158
26	48.6	0.4727	0.4813	0.0086
27	49	0.4909	0.4917	0.0008
28	49.2	0.5091	0.4969	0.0122
29	49.7	0.5273	0.5096	0.0176
30	50	0.5455	0.5172	0.0282
31	50.5	0.5636	0.5297	0.0339
32	51.5	0.5818	0.554	0.0278
33	53	0.6	0.589	0.011
34	54	0.6182	0.6112	0.007
35	54.5	0.6364	0.622	0.0144
36	55.8	0.6545	0.649	0.0056
37	58	0.6727	0.6911	0.0184
38	59.5	0.6909	0.7174	0.0265
39	60	0.7091	0.7257	0.0166
40	60	0.7273	0.7257	0.0016
41	60.6	0.7455	0.7354	0.01
42	61	0.7636	0.7417	0.0219
43	66.4	0.7818	0.8146	0.0327
44	67.2	0.8	0.8236	0.0236
45	71.4	0.8182	0.8644	0.0462
46	72	0.8364	0.8694	0.0331
47	74.4	0.8545	0.8878	0.0332
48	80.2	0.8727	0.9222	0.0495
49	80.5	0.8909	0.9237	0.0328
50	82.2	0.9091	0.9314	0.0223
51	83	0.9273	0.9348	0.0075
52	83	0.9455	0.9348	0.0107
53	102	0.9636	0.9798	0.0162
54	102.2	0.9818	0.98	0.0018

<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0495</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución LogPearson Tipo III mediante un 5% de nivel de significancia.</b>
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>	

<b>DISTRIB. GUMBEL</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>G(Y) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0342	0.016
2	29	0.0364	0.0432	0.0069
3	31	0.0545	0.0659	0.0114
4	33.8	0.0727	0.1084	0.0357
5	34	0.0909	0.1119	0.021
6	34	0.1091	0.1119	0.0028
7	34.8	0.1273	0.1265	0.0007
8	35	0.1455	0.1303	0.0151
9	35.1	0.1636	0.1323	0.0314
10	36.4	0.1818	0.1585	0.0233
11	38	0.2	0.1938	0.0062
12	38.5	0.2182	0.2054	0.0128
13	39	0.2364	0.2172	0.0192
14	39	0.2545	0.2172	0.0373
15	40	0.2727	0.2416	0.0312
16	41	0.2909	0.2667	0.0242
17	42.4	0.3091	0.3028	0.0063
18	42.6	0.3273	0.308	0.0193
19	43	0.3455	0.3185	0.027
20	43	0.3636	0.3185	0.0451
21	44.2	0.3818	0.3502	0.0316
22	45	0.4	0.3714	0.0286
23	45	0.4182	0.3714	0.0468
24	46.7	0.4364	0.4164	0.02
25	47	0.4545	0.4243	0.0303
26	48.6	0.4727	0.4658	0.0069
27	49	0.4909	0.4761	0.0148
28	49.2	0.5091	0.4812	0.0279
29	49.7	0.5273	0.4938	0.0335
30	50	0.5455	0.5013	0.0441
31	50.5	0.5636	0.5137	0.0499
32	51.5	0.5818	0.5381	0.0437
33	53	0.6	0.5734	0.0266
34	54	0.6182	0.596	0.0221
35	54.5	0.6364	0.6071	0.0293
36	55.8	0.6545	0.6348	0.0197
37	58	0.6727	0.6786	0.0059
38	59.5	0.6909	0.7061	0.0152
39	60	0.7091	0.7149	0.0058
40	60	0.7273	0.7149	0.0124
41	60.6	0.7455	0.7251	0.0203
42	61	0.7636	0.7318	0.0319
43	66.4	0.7818	0.8093	0.0275
44	67.2	0.8	0.819	0.019
45	71.4	0.8182	0.8629	0.0447
46	72	0.8364	0.8683	0.0319
47	74.4	0.8545	0.888	0.0335
48	80.2	0.8727	0.9248	0.0521
49	80.5	0.8909	0.9264	0.0354
50	82.2	0.9091	0.9346	0.0255
51	83	0.9273	0.9381	0.0109
52	83	0.9455	0.9381	0.0073
53	102	0.9636	0.9839	0.0203
54	102.2	0.9818	0.9841	0.0023
<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0521</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución Gumbel mediante un 5% de nivel de significancia.</b>		
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>			

<b>DISTRIB. LOGGUMBEL</b>				
<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>G(Y) Ordinario</b>	<b>Delta</b>
1	28	0.0182	0.0026	0.0156
2	29	0.0364	0.0057	0.0307
3	31	0.0545	0.0192	0.0353
4	33.8	0.0727	0.0616	0.0111
5	34	0.0909	0.0658	0.0251
6	34	0.1091	0.0658	0.0433
7	34.8	0.1273	0.084	0.0433
8	35	0.1455	0.0889	0.0565
9	35.1	0.1636	0.0914	0.0722
10	36.4	0.1818	0.1268	0.055
11	38	0.2	0.1763	0.0237
12	38.5	0.2182	0.1927	0.0254
13	39	0.2364	0.2096	0.0268
14	39	0.2545	0.2096	0.045
15	40	0.2727	0.244	0.0288
16	41	0.2909	0.2789	0.012
17	42.4	0.3091	0.328	0.0189
18	42.6	0.3273	0.3349	0.0077
19	43	0.3455	0.3488	0.0033
20	43	0.3636	0.3488	0.0148
21	44.2	0.3818	0.3897	0.0079
22	45	0.4	0.4162	0.0162
23	45	0.4182	0.4162	0.0019
24	46.7	0.4364	0.4702	0.0339
25	47	0.4545	0.4794	0.0248
26	48.6	0.4727	0.5261	0.0534
27	49	0.4909	0.5373	0.0463
28	49.2	0.5091	0.5427	0.0336
29	49.7	0.5273	0.5562	0.0289
30	50	0.5455	0.5641	0.0186
31	50.5	0.5636	0.5769	0.0133
32	51.5	0.5818	0.6016	0.0198
33	53	0.6	0.6361	0.0361
34	54	0.6182	0.6574	0.0392
35	54.5	0.6364	0.6675	0.0311
36	55.8	0.6545	0.6925	0.0379
37	58	0.6727	0.7303	0.0576
38	59.5	0.6909	0.7531	0.0622
39	60	0.7091	0.7603	0.0512
40	60	0.7273	0.7603	0.033
41	60.6	0.7455	0.7685	0.0231
42	61	0.7636	0.7739	0.0102
43	66.4	0.7818	0.8336	0.0518
44	67.2	0.8	0.8408	0.0408
45	71.4	0.8182	0.8731	0.0549
46	72	0.8364	0.8771	0.0407
47	74.4	0.8545	0.8915	0.0369
48	80.2	0.8727	0.9187	0.0459
49	80.5	0.8909	0.9198	0.0289
50	82.2	0.9091	0.9261	0.017
51	83	0.9273	0.9288	0.0015
52	83	0.9455	0.9288	0.0166
53	102	0.9636	0.9684	0.0048
54	102.2	0.9818	0.9686	0.0132

<b>ΔTeórico</b>	<b>0.0722</b>	<b>Los datos se adecúan a una distribución LogGumbel mediante un 5% de nivel de significancia.</b>
<b>ΔTabular</b>	<b>0.1851</b>	

Nota. Elaboración propia.



Anexo 08. Coeficiente de rugosidad Manning.

Consideraciones del canal		Valores	
<b>Material considerado</b>	Tierra	n0	0.0200
	Roca cortada		0.0250
	Grava fina		0.0240
	Grava gruesa		0.0280
<b>Grado de irregularidad</b>	Liso	n1	0.0000
	Menor		0.0050
	Moderado		0.0100
	Severo		0.0200
<b>Variaciones de la sección transversal del canal</b>	Gradual	n2	0.0000
	Ocasionalmente alternante		0.0050
	Frecuentemente alternante		0.0100 - 0.0150
<b>Efecto relativo de obstrucciones</b>	Despreciable	n3	0.0000
	Menor		0.0100 - 0.0150
	Apreciable		0.0200 - 0.030
	Severo		0.0400 - 0.0600
<b>Vegetación</b>	Baja	n4	0.0050 - 0.0100
	Media		0.0100 - 0.0250
	Alta		0.0250 - 0.0500
	Muy alta		0.0500 - 0.1000
<b>Cantidad de meandros</b>	Menor	m5	1.0000
	Apreciable		1.1500
	Severa		1.3000

Consideraciones de la Quebrada Machaypungo		Valores	
Material considerado	Grava fina	n0	0.0240
Grado de irregularidad	Moderado	n1	0.0100
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n2	0.0000
Efecto relativo de obstrucciones	Menor	n3	0.0130
Vegetación	Baja	n4	0.0080
Cantidad de meandros	Apreciable	m5	1.1500
<b>Coeficiente de rugosidad</b>	$n=(n0+n1+n2+n3+n4)/m5$	<b>n</b>	<b>0.0620</b>

Nota. Tomado de Ven Te Chow, Hidraulica de los canales abiertos (1985)

Anexo 09. Escala Numérica de la Matriz Saaty.

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

Nota. Saaty (1980).

Anexo 10. Matriz Saaty.

FENOMENO NATURAL POR INUNDACIÓN										
PARAMETRO DE EVALUACIÓN										
ALTURA DE INUNDACIÓN										
HI										
INUNDACIÓN										
DESCRIPTORES DE PARÁMETROS DE ALTURA DE INUNDACIÓN										
PARÁMETRO		ALTURA DE INUNDACIÓN				PESO PONDERADO:				
DESCRIPTORES	HI1	MAYOR A 1.5m				PESO HI1	0.472			
	HI2	DE 1.0 m A 1.5m				PESO HI2	0.272			
	HI3	DE 0.6 m A 1.0m				PESO HI3	0.141			
	HI4	DE 0.2 m A 0.6m				PESO HI4	0.074			
	HI5	DE 0.0 m A 0.2m				PESO HI5	0.041			
					Σ	1.00				
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE ALTURA DE INUNDACIÓN										
PARÁMETRO	MAYOR A 1.5m	DE 1.0 m A 1.5m	DE 0.6 m A 1.0m	DE 0.2 m A 0.6m	DE 0.0 m A 0.2m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA	
MAYOR A 1.5m	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00	0.472	2.393	5.072	IC=	0.008
DE 1.0 m A 1.5m	1/2	1.00	2.00	4.00	7.00	0.272	1.373	5.040	RC=	0.007
DE 0.6 m A 1.0m	1/4	1/2	1.00	2.00	4.00	0.141	0.707	5.029	RC<0.10	CUMPLE
DE 0.2 m A 0.6m	1/6	1/4	1/2	1.00	2.00	0.074	0.373	5.016		
DE 0.0 m A 0.2m	1/9	1/7	1/4	1/2	1.00	0.041	0.205	5.006		
SUMA	2.03	3.89	7.75	13.50	23.00	1.000		λ máx	5.03	
I/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04					
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO ALTURA DE INUNDACIÓN										
PARÁMETRO	MAYOR A 1.5m	DE 1.0 m A 1.5m	DE 0.6 m A 1.0m	DE 0.2 m A 0.6m	DE 0.0 m A 0.2m	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)				
MAYOR A 1.5m	0.49	0.51	0.52	0.44	0.39	0.472				
DE 1.0 m A 1.5m	0.25	0.26	0.26	0.30	0.30	0.272				
DE 0.6 m A 1.0m	0.12	0.13	0.13	0.15	0.17	0.141				
DE 0.2 m A 0.6m	0.08	0.06	0.06	0.07	0.09	0.074				
DE 0.0 m A 0.2m	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.041				
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				
CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN										
DESCRIPCIÓN		NIVELES		RANGO						
ALTURA DE INUNDACIÓN MAYOR A 1.5m		MUY ALTO		0.272 < P ≤ 0.472						
ALTURA DE INUNDACIÓN DE 1.0 m A 1.5m		ALTO		0.141 < P ≤ 0.272						
ALTURA DE INUNDACIÓN DE 0.6 m A 1.0m		MEDIO		0.074 < P ≤ 0.141						
ALTURA DE INUNDACIÓN DE 0.2 m A 0.6m		BAJO		0.041 ≤ P ≤ 0.074						

NIVEL	RANGO	≤ P <	RANGO
MUY ALTO	0.272	< P ≤	0.472
ALTO	0.141	< P ≤	0.272
MEDIO	0.074	< P ≤	0.141
BAJO	0.041	≤ P ≤	0.074



FACTOR CONDICIONANTE							
PARÁMETRO 01							
PENDIENTE							
S							
DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO PENDIENTE							
PARÁMETRO		PENDIENTE				PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	S1	MENOR A 5 GRADOS (PENDIENTE SUAVE)				PESO S1	0.478
	S2	DE 5 GRADOS A MÁS Y MENOR A 10 GRADOS (PENDIENTE MODERADA)				PESO S2	0.281
	S3	DE 10 GRADOS A MÁS Y MENOR A 15 GRADOS (PENDIENTE FUERTE)				PESO S3	0.139
	S4	DE 15 GRADOS A 30 GRADOS (PENDIENTE MUY FUERTE)				PESO S4	0.062
	S5	DE 30 GRADOS A MÁS (PENDIENTE MUY ESCARPADA)				PESO S5	0.039
					Σ	1.00	
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO PENDIENTE							
PARÁMETRO	S1	S2	S3	S4	S5		
S1	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00		
S2	1/2	1.00	3.00	5.00	6.00		
S3	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00		
S4	1/7	1/5	1/3	1.00	2.00		
S5	1/9	1/6	1/5	1/2	1.00		
SUMA	1.95	3.70	9.53	16.50	23.00		
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04		
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO PENDIENTE							
PARÁMETRO	S1	S2	S3	S4	S5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	
S1	0.51	0.54	0.52	0.42	0.39	0.478	
S2	0.26	0.27	0.31	0.30	0.26	0.281	
S3	0.10	0.09	0.10	0.18	0.22	0.139	
S4	0.07	0.05	0.03	0.06	0.09	0.062	
S5	0.06	0.05	0.02	0.03	0.04	0.039	
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA				
0.478	2.524	5.276	IC=	0.037			
0.281	1.484	5.281	RC=	0.033			
0.139	0.711	5.105	RC<0.10	CUMPLE			
0.062	0.312	5.031					
0.039	0.198	5.038					
1.000		λ máx	5.15				

FACTOR CONDICIONANTE							
PARÁMETRO 02							
GEOLOGÍA							
GEO							
DESCRIPTORES DEL PARAMETRO GEOLOGÍA							
PARÁMETRO		GEOLOGÍA				PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	GEO1	CUERPO DE AGUA				PESO GEO1	0.459
	GEO2	DEPÓSITOS ALUVIALES				PESO GEO2	0.259
	GEO3	ÁREA URBANA				PESO GEO3	0.158
	GEO4	VOLCÁNICO LLAMA				PESO GEO4	0.074
	GEO5	BRECHAS PIROCLÁSTICAS				PESO GEO5	0.050
					Σ	1.00	
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA							
PARÁMETRO	GEO1	GEO2	GEO3	GEO4	GEO5		
GEO1	1.00	3.00	3.00	5.00	7.00		
GEO2	1/3	1.00	2.00	5.00	5.00		
GEO3	1/3	1/2	1.00	3.00	3.00		
GEO4	1/5	1/5	1/3	1.00	2.00		
GEO5	1/7	1/5	1/3	1/2	1.00		
SUMA	2.01	4.90	6.67	14.50	18.00		
1/SUMA	0.50	0.20	0.15	0.07	0.06		
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOLOGÍA							
PARÁMETRO	GEO1	GEO2	GEO3	GEO4	GEO5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	
GEO1	0.50	0.61	0.45	0.34	0.39	0.459	
GEO2	0.17	0.20	0.30	0.34	0.28	0.259	
GEO3	0.17	0.10	0.15	0.21	0.17	0.158	
GEO4	0.10	0.04	0.05	0.07	0.11	0.074	
GEO5	0.07	0.04	0.05	0.03	0.06	0.050	
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA				
0.459	2.432	5.302	IC=	0.039			
0.259	1.350	5.224	RC=	0.035			
0.158	0.814	5.141	RC<0.10	CUMPLE			
0.074	0.371	5.009					
0.050	0.257	5.109					
1.000		λ máx	5.16				

FACTOR CONDICIONANTE						
PARÁMETRO 03						
GEOMORFOLOGÍA						
GEOMOR						
DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA						
PARÁMETRO	GEOMORFOLOGÍA			PESO PONDERADO:		
DESCRIPTORES	GEOMOR1	LLANURA O PLANICIE			PESO GEOMOR1	0.513
	GEOMOR2	ABANICO DE PIE DE MONTE			PESO GEOMOR2	0.274
	GEOMOR3	MONTAÑA EN ROCA VOLCÁNICA			PESO GEOMOR3	0.099
	GEOMOR4	MONTAÑAS Y COLINAS EN ROCA VOLCÁNICA			PESO GEOMOR4	0.067
	GEOMOR5	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EN ROCA SEDIMENTARIA			PESO GEOMOR5	0.047
				Σ	1.00	
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA						
PARÁMETRO	GEOMOR1	GEOMOR2	GEOMOR3	GEOMOR4	GEOMOR5	
GEOMOR1	1.00	3.00	7.00	7.00	7.00	
GEOMOR2	1/3	1.00	5.00	5.00	5.00	
GEOMOR3	1/7	1/5	1.00	2.00	3.00	
GEOMOR4	1/7	1/5	1/2	1.00	2.00	
GEOMOR5	1/7	1/5	1/3	1/2	1.00	
SUMA	1.76	4.60	13.83	15.50	18.00	
1/SUMA	0.57	0.22	0.07	0.06	0.06	
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA						
PARÁMETRO	GEOMOR1	GEOMOR2	GEOMOR3	GEOMOR4	GEOMOR5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
GEOMOR1	0.57	0.65	0.51	0.45	0.39	0.513
GEOMOR2	0.19	0.22	0.36	0.32	0.28	0.274
GEOMOR3	0.08	0.04	0.07	0.13	0.17	0.099
GEOMOR4	0.08	0.04	0.04	0.06	0.11	0.067
GEOMOR5	0.08	0.04	0.02	0.03	0.06	0.047
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA			
0.513	2.826	5.506	IC=	0.064		
0.274	1.510	5.518	RC=	0.058		
0.099	0.503	5.106	RC<0.10	CUMPLE		
0.067	0.339	5.042				
0.047	0.242	5.113				
1.000		λ máx	5.26			



FACTORES CONDICIONANTES				
PARÁMETRO 01	PARÁMETRO 02			PARÁMETRO 03
PENDIENTE	GEOLOGÍA			GEOMORFOLOGÍA
S	GEO			GEOMOR
0.539	0.297			0.164
<b>MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES</b>				
PARÁMETRO	PENDIENTE	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
PENDIENTE	1.00	2.00	3.00	0.539
GEOLOGÍA	1/2	1.00	2.00	0.297
GEOMORFOLOGÍA	1/3	1/2	1.00	0.164
SUMA	1.83	3.50	6.00	1.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17	
<b>MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES</b>				
PARÁMETRO	PENDIENTE	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)
PENDIENTE	0.545	0.571	0.500	0.539
GEOLOGÍA	0.273	0.286	0.333	0.297
GEOMORFOLOGÍA	0.182	0.143	0.167	0.164
$\Sigma$	1.000	1.000	1.000	1.000
VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	$\lambda$ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA	
0.539	1.625	3.015	IC=	0.005
0.297	0.894	3.008	RC=	0.01
0.164	0.492	3.004	RC<0.10	CUMPLE
1.000		$\lambda$ máx	3.009	

NIVEL FACTORES CONDICIONANTES						
PARÁMETRO 01		PARÁMETRO 02		PARÁMETRO 03		VALOR FC
PENDIENTE		GEOLOGÍA		GEOMORFOLOGÍA		
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.539	0.478	0.297	0.459	0.164	0.513	0.478
	0.281		0.259		0.274	0.273
	0.139		0.158		0.099	0.138
	0.062		0.074		0.067	0.066
	0.039		0.050		0.047	0.044
	1.000		1.000		1.000	1.00

NIVEL	RANGO	< P ≤	RANGO
MUY ALTO	0.273	< P ≤	0.478
ALTO	0.138	< P ≤	0.273
MEDIO	0.066	< P ≤	0.138
BAJO	0.044	≤ P ≤	0.066

**CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES**

DESCRIPCIÓN	NIVELES	RANGO
ES MÁS PREDOMINANTE: PENDIENTE, MENOR A 5 GRADOS (PENDIENTE SUAVE), GEOLOGÍA, CUERPO DE AGUA, GEOMORFOLOGÍA, LLANURA O PLANICIE	<b>MUY ALTO</b>	<b>0.273 &lt; P ≤ 0.478</b>
ES MÁS PREDOMINANTE: PENDIENTE, DE 5 GRADOS A MÁS Y MENOR A 10 GRADOS (PENDIENTE MODERADA), GEOLOGÍA, DEPÓSITOS ALUVIALES, GEOMORFOLOGÍA, ABANICO DE PIE DEMONTE	<b>ALTO</b>	<b>0.138 &lt; P ≤ 0.273</b>
ES MÁS PREDOMINANTE: PENDIENTE, DE 10 GRADOS A MÁS Y MENOR A 15 GRADOS (PENDIENTE FUERTE), GEOLOGÍA, ÁREA URBANA, GEOMORFOLOGÍA, MONTAÑA EN ROCA VOLCÁNICA	<b>MEDIO</b>	<b>0.066 &lt; P ≤ 0.138</b>
ES MÁS PREDOMINANTE: PENDIENTE, DE 15 GRADOS A 30 GRADOS (PENDIENTE MUY FUERTE), GEOLOGÍA, VOLCÁNICO LLAMA, GEOMORFOLOGÍA, MONTAÑAS Y COLINAS EN ROCA VOLCÁNICA	<b>BAJO</b>	<b>0.044 ≤ P ≤ 0.066</b>

FACTOR DESENCADENANTE										
PRECIPITACIÓN										
PP										
INUNDACIÓN										
DESCRIPTORES DE PARÁMETROS DE PRECIPITACIÓN										
PARÁMETRO		PRECIPITACIÓN				PESO PONDERADO:				
DESCRIPTORES	PP1	LLUVIA EXTREMADAMENTE INTENSA > A 80 MM				PESO PP1	0.502			
	PP2	LLUVIA INTENSA 50 MM < PP ≤ 80 MM				PESO PP2	0.267			
	PP3	LLUVIA FUERTE 20 MM < PP ≤ 50 MM				PESO PP3	0.126			
	PP4	LLUVIA MODERADA 5 MM < PP ≤ 20 MM				PESO PP4	0.065			
	PP5	LLUVIA LIGERA ≤ A 5 MM				PESO PP5	0.039			
						Σ	1.00			
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE PRECIPITACIÓN										
PARÁMETRO	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ máx	ÍNDICE Y RELACIÓN DE CONSISTENCIA	
PP1	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00	0.502	2.704	5.384	IC=	0.045
PP2	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00	0.267	1.413	5.294	RC=	0.041
PP3	1/5	1/3	1.00	2.00	5.00	0.126	0.642	5.082	RC<0.10	CUMPLE
PP4	1/7	1/5	1/2	1.00	2.00	0.065	0.332	5.104		
PP5	1/8	1/7	1/5	1/2	1.00	0.039	0.198	5.043		
SUMA	1.80	4.68	9.70	15.50	23.00	1.000		λ máx	5.18	
1/suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04					
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE PARES DEL PARÁMETRO DE PRECIPITACIÓN										
PARÁMETRO	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	VECTOR DE PRIORIZACIÓN (PONDERACIÓN)				
PP1	0.56	0.64	0.52	0.45	0.35	0.502				
PP2	0.19	0.21	0.31	0.32	0.30	0.267				
PP3	0.11	0.07	0.10	0.13	0.22	0.126				
PP4	0.08	0.04	0.05	0.06	0.09	0.065				
PP5	0.07	0.03	0.02	0.03	0.04	0.039				
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000				
CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN										
DESCRIPCIÓN		NIVELES			RANGO					
PRECIPITACIÓN LLUVIA EXTREMADAMENTE INTENSA > A 80 MM		MUY ALTO			0.267 < P ≤ 0.502					
PRECIPITACIÓN LLUVIA INTENSA 50 MM < PP ≤ 80 MM		ALTO			0.126 < P ≤ 0.267					
PRECIPITACIÓN LLUVIA FUERTE 20 MM < PP ≤ 50 MM		MEDIO			0.065 < P ≤ 0.126					
PRECIPITACIÓN LLUVIA MODERADA 5 MM < PP ≤ 20 MM		BAJO			0.039 ≤ P ≤ 0.065					

NIVEL	RANGO	≤ P <	RANGO
MUY ALTO	0.267	< P ≤	0.502
ALTO	0.126	< P ≤	0.267
MEDIO	0.065	< P ≤	0.126
BAJO	0.039	≤ P ≤	0.065



VALOR DEL NIVEL PELIGRO							
FENÓMENO NATURAL		SUSCEPTIBILIDAD				PESO DE SUSCEPTIBILIDAD	VALOR
INUNDACIÓN		FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES			
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR	PESO		
0.472	0.500	0.478	0.500	0.502	0.500	0.500	<b>0.481</b>
0.272		0.273		0.267			<b>0.271</b>
0.141		0.138		0.126			<b>0.136</b>
0.074		0.066		0.065			<b>0.070</b>
0.041		0.044		0.039			<b>0.041</b>
NIVEL DE PELIGRO							
NIVEL	RANGO	≤ P <	RANGO				
MUY ALTO	0.271	≤ P <	0.481				
ALTO	0.136	≤ P <	0.271				
MEDIO	0.070	≤ P <	0.136				
BAJO	0.041	≤ P <	0.070				
CUADRO DE ESTRATIFICACIÓN DE PELIGRO							
DESCRIPCIÓN		NIVEL	RANGO				
Es más Predominante: ALTURA DE INUNDACIÓN MAYOR A 1.5m ..Es más predominante: PENDIENTE, MENOR A 5 GRADOS (PENDIENTE SUAVE), GEOLOGIA, CUERPO DE AGUA, GEOMORFOLOGIA, LLANURA O PLANICIE, PRECIPITACION LLUVIA EXTREMADAMENTE INTENSA > a 80 mm		MUY ALTO	0.271 ≤ P < 0.481				
Es más Predominante: ALTURA DE INUNDACIÓN DE 1.0 m A 1.5m ..Es más predominante: PENDIENTE, DE 5 GRADOS A MAS Y MENOR A 10 GRADOS(PENDIENTE MODERADA), GEOLOGIA, DEPOSITOS ALUVIALES, GEOMORFOLOGIA, ABANICO DE PIE DEMONTE, PRECIPITACION LLUVIA INTENSA 50 mm < PP ≤ 80 mm		ALTO	0.136 ≤ P < 0.271				
Es más Predominante: ALTURA DE INUNDACIÓN DE 0.6 m A 1.0m. Es más predominante: PENDIENTE, DE 10 GRADOS A MAS Y MENOR A 15 GRADOS (PENDIENTE FUERTE), GEOLOGIA, AREA URBANA, GEOMORFOLOGIA, MONTAÑA EN ROCA VOLCANICA, PRECIPITACION LLUVIA FUERTE 20 mm < PP ≤ 50 mm		MEDIO	0.07 ≤ P < 0.136				
Es más Predominante: ALTURA DE INUNDACIÓN DE 0.2 m A 0.6m ..Es más predominante: PENDIENTE, DE 15 GRADOS A 30 GRADOS (PENDIENTE MUY FUERTE), GEOLOGIA, VOLCANICO LLAMA, GEOMORFOLOGIA, MONTAÑAS Y COLINAS EN ROCA VOLCANICA, PRECIPITACION LLUVIA MODERADA 5 mm < PP ≤ 20 mm		BAJO	0.041 ≤ P < 0.07				

Nota. Elaboración propia.

733500.000

733600.000

733700.000

733800.000

733900.000

9284200.000

9284200.000

9284100.000

9284100.000

9284000.000

9284000.000

9283900.000

9283900.000

9283800.000

9283800.000

733500.000

733600.000

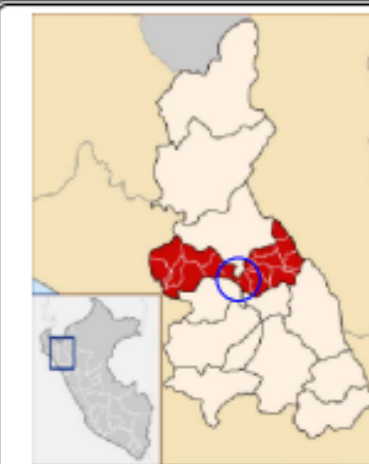
733700.000

733800.000

733900.000



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA



AUTORES:

CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN  
FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

ASESOR:

CIEZA LEÓN DANTE HARTMAN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD:

FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA

ESCUELA:

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

NOMBRE DEL PLANO:

PLANO MUROS EXISTENTES Y  
MUROS PROYECTADOS  
QUEBRADA MACHAYPUNGO

ÁREA:

ESCALA:

1/2000

ACOTACIÓN:

FECHA:  
08-08-23

No. DE PLANO:

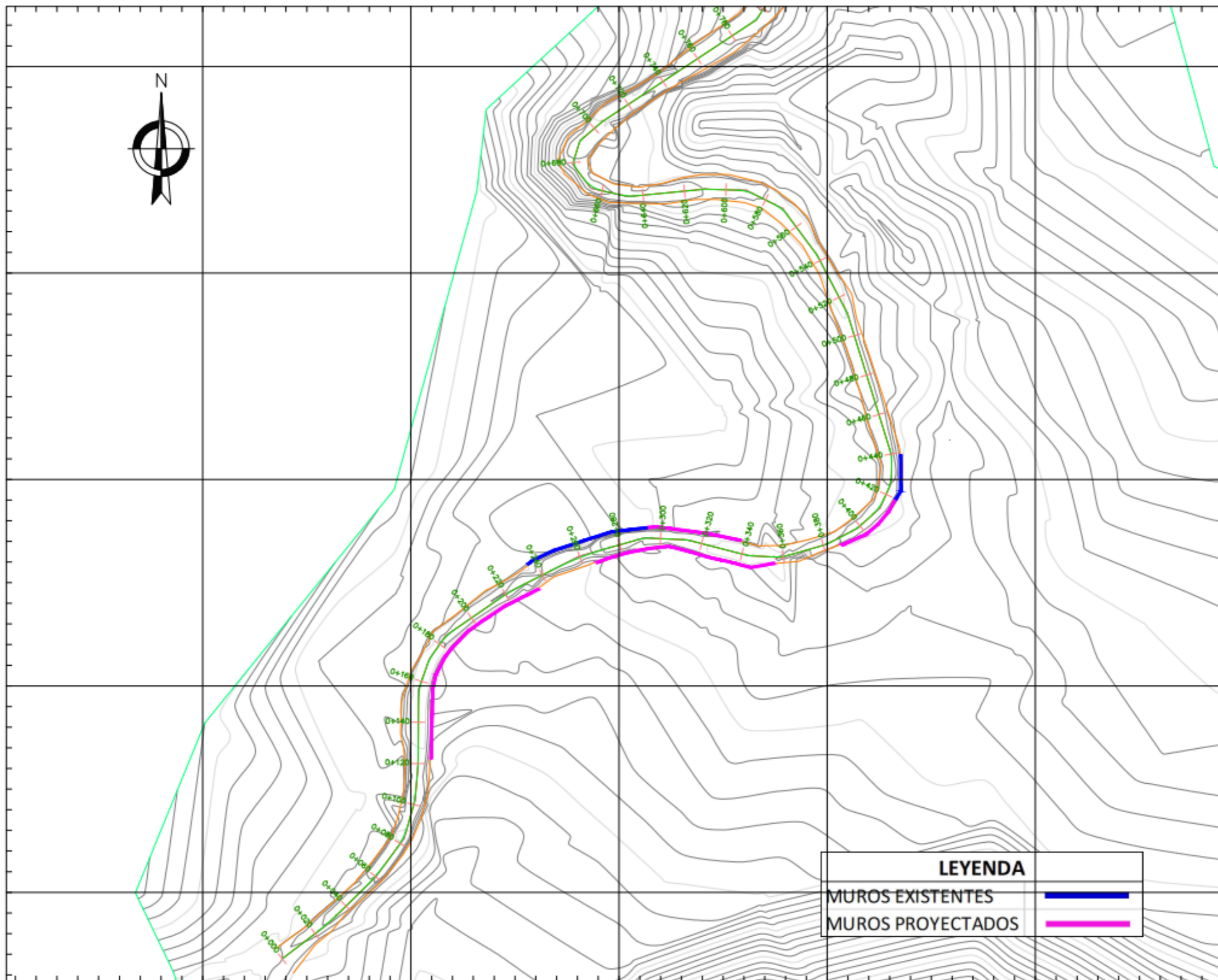
PM-01

**LEYENDA**

MUROS EXISTENTES



MUROS PROYECTADOS





733500.000

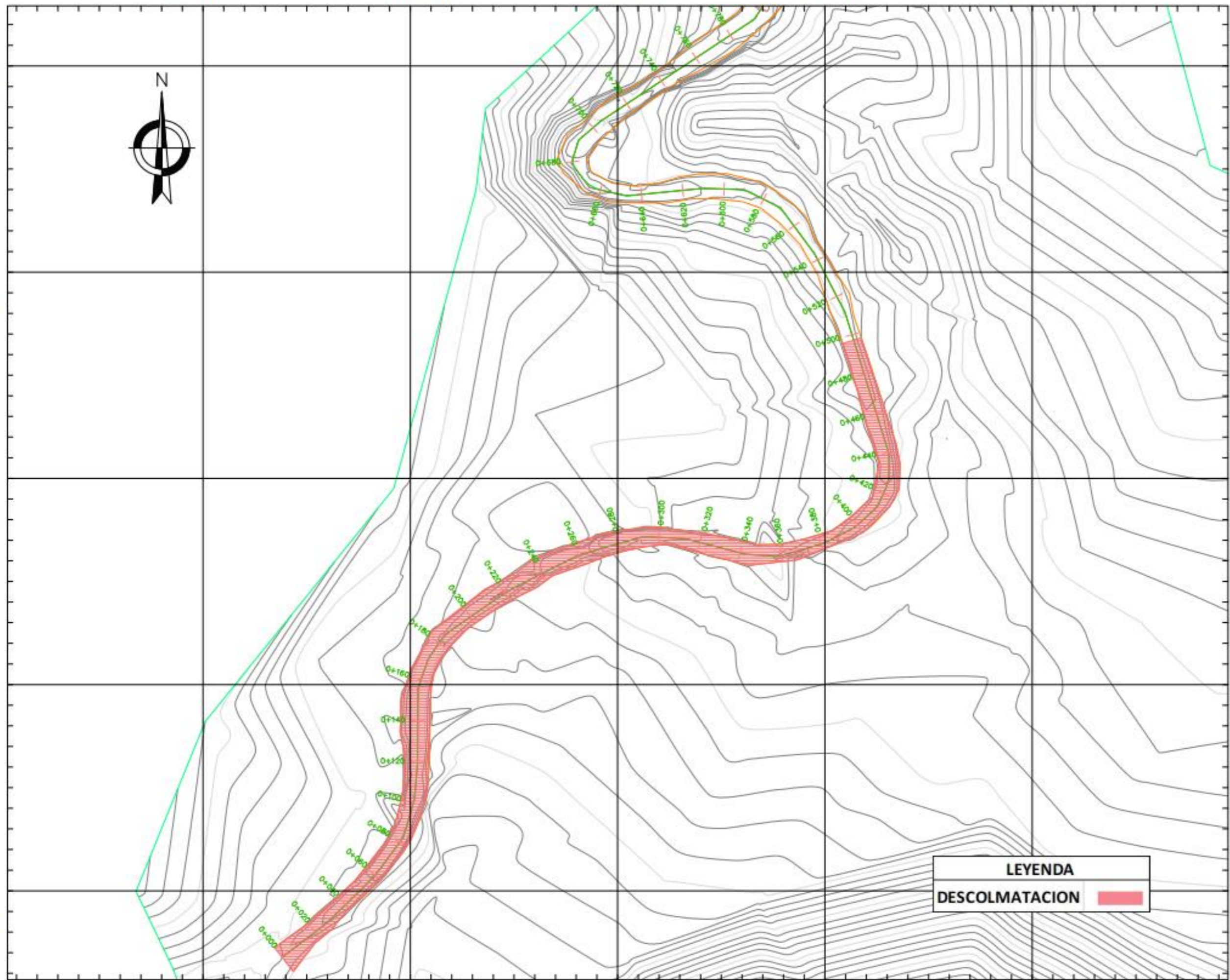
733600.000


733700.000

733800.000

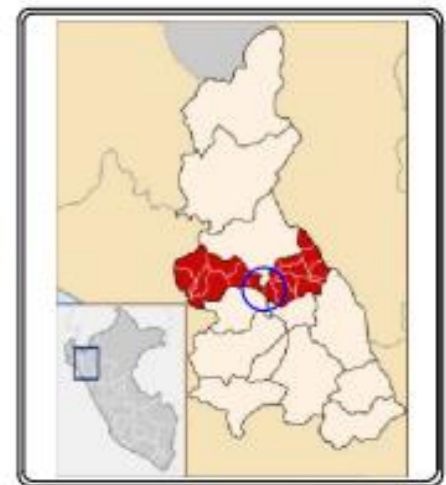
733900.000

9284200.000  
9284100.000  
9284000.000  
9283900.000  
9283800.000



**LEYENDA**  
DESCOLMATACION 

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**

**AUTORES:**  
CIEZA RAFAEL JEREMY JORDHAN  
FERNÁNDEZ MIREZ DORIS YANET

**ASESOR:**  
CIEZA LEÓN DANTE HARTMAN

**CARRERA:**  
INGENIERÍA CIVIL

**FACULTAD:**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA

**ESCUELA:**  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**NOMBRE DEL PLANO:**  
PLANO DE DESCOLMATACION  
QUEBRADA MACHAYPUNGO

**AREA:**

**ESCALA:**  
1/2000

**ACOTACIÓN:**

**FECHA:**  
08-08-23

**No. DE PLANO:**  
**PD-01**