

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS  
INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO  
RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**Bach. URIBE RODRIGUEZ, AXEL STEVEN**

Asesor:

**DR. TINOCO MEYHUAY TITO MONER**

**Huaraz – Ancash - Perú**

**2024**



1. Datos del Autor (dc.contributor.author)

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

Código de alumno: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_ N° D.N.I. \_\_\_\_\_

2. Tipo de trabajo de investigación: (renati.type)

Tesis	Trabajo de Suficiencia Profesional
Trabajo Académico	Trabajo de Investigación
Tesis (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)	

3. Nombre del grado (thesis.degree.name):

\_\_\_\_\_

4. Título del trabajo de investigación (dc.title):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Institución otorgante del grado (thesis.degree.grantor):

\_\_\_\_\_

6. Nombre del programa (thesis.degree.discipline):

\_\_\_\_\_

7. Línea de Investigación(\*): \_\_\_\_\_

8. Sub-línea de Investigación(\*): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. Asesor (dc.contributor.advisor):

Apellidos y nombres \_\_\_\_\_ D.N.I n°: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

ORCID del asesor (renati.advisor.orcid): \_\_\_\_\_

10. Referencia bibliográfica (dc.identifier.citation): \_\_\_\_\_

11. Nivel de acceso (dc.rights):

\*Acceso sin restricciones al documento (info:eu-repo/semantics/openAccess)

\*\*Acceso embargado (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

## 13. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

### Fecha de publicación (dc.date.issued):

Si una tesis no cuenta con fecha de publicación, completar el registro con su fecha de sustentación.

Huaraz,

## 14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Firma:



  
Varillas William Eduardo  
Asistente en Informática y Sistemas  
- UNASAM -

**\*Acceso abierto:** info:eu-repo/semantics/openAccess. Uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

La Ley 30035 establece la obligatoriedad de difusión completa en acceso abierto a través de ALICIA de la producción científica o tecnológica que haya recibido subsidio, financiamiento, préstamo proveniente del Estado o de los miembros del SINACYT.

**\*\* Acceso restringido:** Indica que la publicación se encuentra a texto completo en el sistema, pero con acceso embargado hasta que sea liberado en acceso abierto en una fecha determinada. Especificar en el campo "dc.date.embargoEnd" la fecha determinada a partir del cual se tendrá acceso completo al documento. Subir el texto completo en el sistema y configurar su liberación en la fecha programada.

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
ANEXO 1  
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

"Determinación de niveles de peligro en áreas inundables en la quebrada Atoc Huacanca, Distrito Recuay, Provincia Recuay, Departamento Ancash, 2022"

Presentado por: Uribe Rodriguez Axel Steven

con DNI N°: 70603786

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrícola

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : 10% de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje		Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado		
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 16/04/2024



FIRMA

Apellidos y Nombres: Tinoco Meyhuay Tito Moner

DNI N°: 31648615

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS URIBE RODRIGUEZ AXEL STEVEN\_2024\_FINAL.pdf**

AUTOR

**Tito Tinoco**

RECUENTO DE PALABRAS

**52501 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**244793 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**236 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**33.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 16, 2024 5:33 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 16, 2024 5:37 AM GMT-5**

### ● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSITARIA DE SHANCAYAN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **AXEL STEVEN URIBE RODRIGUEZ**, denominada: "**DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022**", asesorado por el **Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY**, Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA CON DISTINCIÓN

CON EL CALIFICATIVO (\*)

Diecisiete (17)

En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 12 de abril de 2024.

**Dr. TEÓFANES MEJÍA ANAYA**  
**PRESIDENTE**

**Mag. ESTEBAN PEDRO REYES ROQUE**  
**SECRETARIO**

**Mg. Sc. YENICA CIRILA PACHAC HUERTA**  
**VOCAL**

**Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY**  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).





UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



### ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada **"DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022"**, presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **AXEL STEVEN URIBE RODRIGUEZ**, sustentada el día 12 de abril del 2024, con Resolución Decanatural N° 265-2024-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 12 de abril de 2024.

Dr. TEÓFANES MEJÍA ANAYA  
PRESIDENTE

Mag. ESTEBAN PEDRO REYES ROQUE  
SECRETARIO

Mg.Sc. YENICA CIRILA PACHAC HUERTA  
VOCAL

Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY  
ASESOR





**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYAN – 043-640020 Anexo 1802-HUARAZ-ANCASH



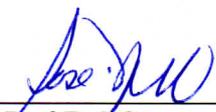
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## **CERTIFICADO DE SIMILITUD DE TESIS**

Que, según el informe de similitud con el Anexo 01 de la Resolución de Consejo Universitario-Rector. N° 126-2022-UNASAM y el Reporte de similitud, emitido por el Dr. Tito Moner Tinoco Meyhuay, respecto a la Tesis denominada “DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022”, del autor Bach. Axel Steven Uribe Rodriguez. Se certifica la originalidad de la Tesis con un 10% de similitud general, encontrándose dentro del rango aceptable de similitud.

Se expide el presente certificado de similitud a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Huaraz, 19 de abril de 2024

  
**Dr. José Del Carmen Ramírez Maldonado**  
Presidente de la comisión de investigación  
FCA-UNASAM

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
TÍTULO.....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema .....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Justificación .....	3
1.4.1. Justificación Teórica.....	3
1.4.2. Justificación Práctica .....	3
1.4.3. Justificación Metodológica.....	4
1.5. Alcances y Limitación del Estudio .....	4
1.5.1. Alcance del Estudio .....	4
1.5.2. Limitación del Estudio.....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Antecedentes del Tema.....	5
2.1.1. Antecedente Internacional .....	5
2.1.2. Antecedente Nacional.....	7
2.1.3. Antecedente Local .....	8
2.2. Marco Legal.....	9
2.3. Marco Conceptual.....	9



2.3.1. Gestión de Cuenca .....	9
2.3.2. Hidrología.....	11
2.3.3. Hidráulica .....	23
2.3.4. Modelos Hidrodinámicos .....	24
2.3.5. Sistema de Información Geográfica .....	30
2.3.6. Peligro por Inundación .....	31
2.4. Definición de Términos .....	35
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
3.1. Tipo de Investigación .....	36
3.2. Diseño de Investigación.....	36
3.3. Descripción de la Zona de Estudio .....	36
3.3.1. Ubicación Política.....	36
3.3.2. Ubicación Geográfica .....	37
3.4. Materiales .....	37
3.4.1. Información Cartográfica y Satelital .....	37
3.4.2. Información Geodésica y Topográfica .....	37
3.4.3. Información Pluviométrica .....	38
3.4.4. Equipos, materiales y Softwares.....	38
3.5. Parámetros a Evaluar .....	39
3.6. Operacionalización de Variables .....	39
3.7. Metodología.....	39
3.7.1. Estudio de la Microcuenca .....	41
3.7.3. Modelamiento Hidrológico con el software Hec-Hms.....	54
3.7.4. Estudio Hidráulico.....	55
3.7.5. Modelamiento Hidráulico con el software Iber .....	58
3.7.6. Estudio del Peligro.....	62
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>70</b>

4.1. Resultados.....	70
4.1.1. Características Geomorfológicas.....	70
4.1.2. Modelamiento Hidrológico.....	70
4.1.3. Modelamiento Hidráulico.....	85
4.1.4. Determinación de los Niveles de Peligro .....	98
4.2. Discusión .....	135
V. CONCLUSIONES.....	138
VI. RECOMENDACIONES .....	139
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
VIII. ANEXOS .....	144



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores Kn para realizar la prueba de datos dudosos.....	15
Tabla 2. Valores críticos “d” para la prueba Kolmogorov-Smirnov .....	19
Tabla 3. Coeficientes de duración de lluvia entre una y 48 horas .....	21
Tabla 4. Estaciones pluviométricas cercanas al área de estudio.....	38
Tabla 5. Clases texturales del USDA y grupos hidrológicos .....	49
Tabla 6. Codificación de los grupos hidrológicos del suelo.....	49
Tabla 7. Codificación de los usos y aprovechamientos del suelo .....	51
Tabla 8. Numero de curva propuesta por Témez y números primos correspondientes.....	53
Tabla 9. Coeficiente de rugosidad .....	57
Tabla 10. Coeficiente de rugosidad en planicie de inundación .....	58
Tabla 11. Escala de Saaty .....	65
Tabla 12. Valores de índice aleatorio para diferentes “n” .....	66
Tabla 13. Principales características geomorfológicas de la microcuenca Atoc Huacanca	70
Tabla 14. Periodos de retorno en años.....	71
Tabla 15. Tiempos de concentración y retardo.....	71
Tabla 16. Precipitación máxima de 24 horas de acuerdo al mejor ajuste de distribución ...	72
Tabla 17. Ecuaciones de regionalización de la precipitación máxima de 24 horas.....	73
Tabla 18. Precipitación máxima de 24 horas en la microcuenca Atoc Huacanca .....	74
Tabla 19. Precipitación de diseño de la precipitación máxima de 24 horas .....	74
Tabla 20. Intensidades de diseño para diferentes periodos de retorno .....	75
Tabla 21. Análisis estadístico de regresión.....	76
Tabla 22. Análisis de la varianza .....	76
Tabla 23. Resultados finales para la intensidad máxima .....	76
Tabla 24. Intensidades máximas de la microcuenca Atoc Huacanca .....	77
Tabla 25. Hietograma de diseño para la microcuenca Atoc Huacanca .....	79
Tabla 26. Coordenadas de extracción de las muestras de suelo y clase textural.....	80
Tabla 27. Caudales máximos de la quebrada Atoc Huacanca .....	82
Tabla 28. Coordenadas de los puntos geodésicos.....	85
Tabla 29. Consideraciones del coeficiente de Manning en el cauce del río.....	86
Tabla 30. Valores del coeficiente de rugosidad para el cauce del río .....	87
Tabla 31. Coeficientes de rugosidad de Manning de la zona de estudio.....	87
Tabla 32. Matriz de comparación de pares TR=50 años .....	99



Tabla 33. Matriz de normalización TR=50 años .....	99
Tabla 34. Vector suma ponderado TR=50 años .....	99
Tabla 35. Índice y relación de consistencia TR=50 años .....	100
Tabla 36. Matriz de comparación de pares TR=100 años .....	100
Tabla 37. Matriz de normalización TR=100 años .....	101
Tabla 38. Vector suma ponderado TR=100 años .....	101
Tabla 39. Índice y relación de consistencia TR=100 años .....	101
Tabla 40. Matriz de comparación de pares TR=200 años .....	102
Tabla 41. Matriz de normalización TR=200 años .....	102
Tabla 42. Vector suma ponderado TR=200 años .....	102
Tabla 43. Índice y relación de consistencia TR=200 años .....	103
Tabla 44. Matriz de comparación de pares TR=500 años .....	103
Tabla 45. Matriz de normalización TR=500 años .....	104
Tabla 46. Vector suma ponderado TR=500 años .....	104
Tabla 47. Índice y relación de consistencia TR=500 años .....	104
Tabla 48. Parámetros del factor condicionante.....	105
Tabla 49. Matriz de comparación de pares del factor condicionante .....	105
Tabla 50. Matriz de normalización del factor condicionante .....	105
Tabla 51. Vector suma ponderado del factor condicionante .....	106
Tabla 52. Índice y relación de consistencia del factor condicionante .....	106
Tabla 53. Matriz de comparación de pares de la pendiente.....	106
Tabla 54. Matriz de normalización de la pendiente.....	107
Tabla 55. Vector suma ponderado de la pendiente.....	107
Tabla 56. Índice y relación de consistencia de la pendiente .....	107
Tabla 57. Unidades geológicas del área de estudio .....	108
Tabla 58. Matriz de comparación de pares de la geología .....	109
Tabla 59. Matriz de normalización de la geología .....	110
Tabla 60. Vector suma ponderado de la geología.....	110
Tabla 61. Índice y relación de consistencia de la geología.....	110
Tabla 62. Unidades geomorfológicas del área de estudio .....	111
Tabla 63. Matriz de comparación de pares de la geomorfología.....	112
Tabla 64. Matriz de normalización de la geomorfología.....	112
Tabla 65. Vector suma ponderado de la geomorfología.....	113
Tabla 66. Índice y relación de consistencia de la geomorfología.....	113



Tabla 67. Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=50 años	114
Tabla 68. Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=50 años .....	114
Tabla 69. Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=50 años.....	115
Tabla 70. Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=50 años	115
Tabla 71. Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=100 años .....	116
Tabla 72. Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=100 años .....	116
Tabla 73. Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=100 años.....	117
Tabla 74. Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=100 años .....	117
Tabla 75. Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=200 años .....	118
Tabla 76. Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=200 años .....	118
Tabla 77. Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=200 años.....	119
Tabla 78. Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=200 años .....	119
Tabla 79. Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=500 años .....	120
Tabla 80. Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=500 años .....	120
Tabla 81. Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=500 años.....	121
Tabla 82. Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=500 años .....	121
Tabla 83. Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=50 años.....	122
Tabla 84. Niveles de peligro por inundación TR=50 años .....	123
Tabla 85. Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=100 años.....	124
Tabla 86. Niveles de peligro por inundación TR=100 años .....	125
Tabla 87. Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=200 años.....	126
Tabla 88. Niveles de peligro por inundación TR=200 años .....	127
Tabla 89. Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=500 años.....	128
Tabla 90. Niveles de peligro por inundación TR=500 años .....	129

Tabla 91. Áreas de los niveles de peligro por entidades TR=50 años .....	130
Tabla 92. Niveles de peligro en las áreas inundables TR=50 años .....	130
Tabla 93. Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=100 años .....	131
Tabla 94. Niveles de peligro en las áreas inundables TR=100 años .....	132
Tabla 95. Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=200 años .....	133
Tabla 96. Niveles de peligro en las áreas inundables TR=200 años .....	133
Tabla 97. Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=500 años .....	134
Tabla 98. Niveles de peligro en las áreas inundables TR=500 años .....	134
Tabla 99. Determinación del caudal mediante la huella máxima.....	174



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una cuenca hidrográfica .....	10
Figura 2. Gráfica del riesgo .....	12
Figura 3. Curva Duración-Intensidad-Frecuencia (IDF) .....	20
Figura 4. Representación de un hietograma de diseño .....	22
Figura 5. Esquema estándar de modelación en Hec-Hms .....	25
Figura 6. Representación de una malla.....	29
Figura 7. Clasificación del peligro de origen natural.....	32
Figura 8. Parámetro en la evaluación de inundaciones.....	33
Figura 9. Flujograma metodológico .....	40
Figura 10. Metodología para la delimitación de la microcuenca.....	42
Figura 11. Metodología para la obtención del número de curva .....	47
Figura 12. Procedimiento para obtener el mapa de pendiente .....	48
Figura 13. Procedimiento para obtener el mapa de grupo hidrológico.....	49
Figura 14. Procedimiento para obtener el mapa de usos y aprovechamiento del suelo .....	51
Figura 15. Metodología para la obtención del hidrograma de avenida máxima.....	54
Figura 16. Metodología para realizar el levantamiento topográfico.....	56
Figura 17. Metodología para la obtención de los tirantes de agua .....	59
Figura 18. Metodología para determinar los niveles de peligro por inundación .....	62
Figura 19. Pasos para la elaboración de los niveles de peligro-Parte1 .....	66
Figura 20. Pasos para la elaboración de los niveles de peligro-Parte2 .....	67
Figura 21. Resumen de los parámetros y pesos a evaluar .....	67
Figura 22. Valor de los niveles de peligro .....	68
Figura 23. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia de la microcuenca Atoc Huacanca.....	78
Figura 24. Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 50 años .....	83
Figura 25. Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 100 años .....	83
Figura 26. Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 200 años .....	84
Figura 27. Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 500 años .....	84
Figura 28. Preproceso / importación de archivos de entrada.....	88
Figura 29. Asignación de los coeficientes de rugosidad de Manning .....	89
Figura 30. Asignación de las condiciones de contorno Ingreso y Salida .....	90

Figura 31. Generación del mallado.....	92
Figura 32. Asignación de la elevación al mallado .....	93
Figura 33. Proceso / Ingreso de datos .....	94
Figura 34. Corrida del modelo.....	96
Figura 35. Postproceso / obtención de los resultados .....	97
Figura 36. Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=50 años ....	131
Figura 37. Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=100 años ..	132
Figura 38. Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=200 años ..	133
Figura 39. Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=500 años ..	135
Figura 40. Modelo hidrológico de la microcuenca Atoc Huacanca .....	166
Figura 41. Componentes del Basin Models para la microcuenca Atoc Huacanca .....	167
Figura 42. Componentes del Time Series Data para la microcuenca Atoc Huacanca .....	167
Figura 43. Componentes del Meteorologic Model para la microcuenca Atoc Huacanca .	168
Figura 44. Componentes del Control Specifications y corrida para la microcuenca Atoc Huacanca .....	168
Figura 45. Resultados del modelamiento hidrológico en los diferentes periodos de retorno .....	169
Figura 46. Secciones transversales del cauce del Río Atoc Huacanca en cada progresiva mostrada.....	174

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Registro histórico de la precipitación máxima de 24 horas e histograma. ....	144
ANEXO 2. Análisis de datos dudosos de cada estación meteorológica.....	148
ANEXO 3. Prueba de bondad de ajuste y gráfica de probabilidades de las estaciones meteorológicas.....	152
ANEXO 4. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov de las estaciones meteorológicas.....	160
ANEXO 5. Gráficas de la regionalización de la precipitación máxima de 24 horas.....	164
ANEXO 6. Gráficas de los hietogramas de la microcuenca Atoc Huacanca .....	165
ANEXO 7. Procesamiento del modelamiento hidrológico.....	166
ANEXO 8. Validación del caudal mediante la huella máxima .....	173
ANEXO 9. Documentos y evidencias de autorización y adquisición de información.....	175
ANEXO 10. Especificaciones técnicas de los equipos utilizados .....	181
ANEXO 11. Panel fotográfico.....	183



## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA A-01. Mapa de ubicación geográfica .....	188
MAPA A-02. Delimitación de la microcuenca Atoc Huacanca .....	189
MAPA A-03. Ubicación e influencia de las estaciones meteorológicas .....	190
MAPA A-04. Isoyeta de precipitación máxima de 24 horas en TR=50 años .....	191
MAPA A-05. Isoyeta de precipitación máxima de 24 horas en TR=100 años .....	192
MAPA A-06. Isoyeta de precipitación máxima de 24 horas en TR=200 años .....	193
MAPA A-07. Isoyeta de precipitación máxima de 24 horas en TR=500 años .....	194
MAPA A-08. Ubicación de puntos de extracción de muestras de suelo .....	195
MAPA A-09. Pendiente de la microcuenca Atoc Huacanca .....	196
MAPA A-10. Textura de suelo de la microcuenca Atoc Huacanca .....	197
MAPA A-11. Grupo hidrológico de la microcuenca Atoc Huacanca .....	198
MAPA A-12. Uso y aprovechamiento del suelo de la microcuenca Atoc Huacanca .....	199
MAPA A-13. Número de curva de la microcuenca Atoc Huacanca .....	200
MAPA A-14. Ubicación de la zona de estudio .....	201
MAPA A-15. Topografía de la zona de estudio .....	202
MAPA A-16. Modelo de elevación digital (DEM) de la zona de estudio .....	203
MAPA A-17. Coeficiente de rugosidad de Manning de la zona de estudio .....	204
MAPA A-18. Tirante de nivel de agua en TR=50 años de la zona de estudio .....	205
MAPA A-19. Tirante de nivel de agua en TR=100 años de la zona de estudio .....	206
MAPA A-20. Tirante de nivel de agua en TR=200 años de la zona de estudio .....	207
MAPA A-21. Tirante de nivel de agua en TR=500 años de la zona de estudio .....	208
MAPA A-22. Pendiente de la zona de estudio .....	209
MAPA A-23. Geología de la zona de estudio .....	210
MAPA A-24. Geomorfología de la zona de estudio .....	211
MAPA A-25. Isoyeta de P <sub>máx</sub> de 24 horas en TR=50 años de la zona de estudio .....	212
MAPA A-26. Isoyeta de P <sub>máx</sub> de 24 horas en TR=100 años de la zona de estudio .....	213
MAPA A-27. Isoyeta de P <sub>máx</sub> de 24 horas en TR=200 años de la zona de estudio .....	214
MAPA A-28. Isoyeta de P <sub>máx</sub> de 24 horas en TR=500 años de la zona de estudio .....	215
MAPA A-29. Niveles de peligro por inundación en TR=50 años .....	216
MAPA A-30. Niveles de peligro por inundación en TR=100 años .....	217
MAPA A-31. Niveles de peligro por inundación en TR=200 años .....	218
MAPA A-32. Niveles de peligro por inundación en TR=500 años .....	219



## DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la vida y ser mi fortaleza y fiel compañero, por brindarme sabiduría en todo momento y poder afrontar el día a día.

A mi madre **CARMEN RODRIGUEZ QUIROZ** por ser mi ejemplo de valentía y superación, por todos esos momentos que estuvo pendiente de mi formación profesional y personal, por sus consejos llamadas de atención y amor las cuales me ayudaron a aprender y culminar la tesis.

A mi padre **GUIDO URIBE COCHACHIN** por su cariño y apoyo en todo momento por llegar a cumplir mis metas y sueños.

A mis abuelos con mucho amor, en especial mi abuelita **ALEJANDRINA QUIROZ** por haberme criado como un hijo y enseñado muchas cosas de la vida, por todo el amor brindado y consejos.

A toda mi familia por el gran cariño que me demuestran en todo momento.

## AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo* por haberme recibido desde mis inicios universitarios, en especial a mi querida *Facultad de Ciencias Agrarias*, en la escuela profesional de Ingeniería Agrícola, que en sus aulas aprendí y me formé como profesional.

Al *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)*, por el acceso a los datos solicitados para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A los miembros del jurado el *Dr. Mejía Anaya Teófanés, Mag. Reyes Roque Esteban Pedro, Mg. Sc. Pachac Huerta Yénica Cirila*, por la orientación, motivación, apoyo y críticas en la realización de mi tesis.

Al patrocinador del trabajo de investigación, *Dr. Tinoco Meyhuay Tito Moner*, por el apoyo, orientación y tiempo en la realización de mi tesis.

A todos los docentes de mi querida facultad quienes contribuyeron en mi formación profesional y personal en especial al *Mag. Milla Vergara César Daniel* quien en vida fue un gran docente y amigo, por compartir sus experiencia y consejos las cuales me ayudaron a desenvolverme en esta hermosa profesión que es la Ingeniería Agrícola.

A mis amigos y a aquella persona especial en mi vida por el apoyo incondicional en la recolección de datos e intercambio de experiencias y conocimientos que han sido parte de este proceso de investigación de mi tesis.

A todas las personas que han sido pieza fundamental en mi vida muchas gracias.

## TÍTULO

“DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA  
QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY,  
DEPARTAMENTO ANCASH, 2022”



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar los niveles de peligro en áreas inundables debido a las precipitaciones máximas de 24 horas en la quebrada Atoc Huacanca, distrito de Recuay, provincia de Recuay, departamento de Ancash, para lo cual se realizó trabajos de campo y gabinete, mediante el modelamiento hidrológico con el software Hec-Hms se obtuvo los hidrogramas de avenidas máximas para continuar con el modelamiento hidráulico con el software Iber en el cual se obtuvo los tirantes máximos de agua y finalmente mediante el manual del CENEPRED v2 y el software ArcGIS se determinó los niveles de peligro en áreas inundables de la quebrada Atoc Huacanca. Los resultados obtenidos del modelamiento hidrológico fueron los hidrogramas de avenidas máximas con caudales máximos de 37.1, 55.4, 78.7 y 118.2 m<sup>3</sup>/s, del modelamiento hidráulico se obtuvo los tirantes máximos de agua de 1.59, 1.89, 2.08 y 2.46 m y finalmente se obtuvo áreas totales de inundación de 5664.23, 10525.92, 14593.03 y 24220.51 m<sup>2</sup> para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años respectivamente, concluyendo que la quebrada Atoc Huacanca presenta niveles de peligro con áreas inundables para los periodos de retorno de 50 años de Muy Alto (0.11 m<sup>2</sup>), Alto (606.01 m<sup>2</sup>), Medio (3922.65 m<sup>2</sup>) y Bajo (1135.46 m<sup>2</sup>), periodo de retorno de 100 años de Muy Alto (2.80 m<sup>2</sup>), Alto (1755.57 m<sup>2</sup>), Medio (8363.44 m<sup>2</sup>) y Bajo (404.11 m<sup>2</sup>), periodo de retorno de 200 años de Muy Alto (2.08 m<sup>2</sup>), Alto (1704.58 m<sup>2</sup>), Medio (12686.45 m<sup>2</sup>) y Bajo (199.92 m<sup>2</sup>) y periodo de retorno de 500 años de Muy Alto (9.31 m<sup>2</sup>), Alto (1886.04 m<sup>2</sup>), Medio (21501.10 m<sup>2</sup>) y Bajo (824.06 m<sup>2</sup>), la cual afecta viviendas, áreas agrícolas, carretera, parques, terrenos eriazos y espacios de pastoreo.

**Palabras claves:** Niveles de peligro, áreas inundables, precipitaciones máximas, modelamiento hidrológico, modelamiento hidráulico.

## ABSTRACT

The objective of this research is to determine the levels of danger in flood-prone areas due to maximum 24-hour rainfall in the Atoc Huacanca stream, Recuay district, Recuay province, department of Ancash, for which field and office work was carried out, Hydrological modeling with Hec-Hms software was used to obtain the maximum flood hydrographs and then hydraulic modeling with Iber software was used to obtain the maximum water flow rates. Finally, the CENEPRED v2 manual and ArcGIS software were used to determine the hazard levels in flood-prone areas of the Atoc Huacanca stream. The results obtained from the hydrological modeling were the maximum flood hydrographs with maximum flows of 37.1, 55.4, 78.7 and 118.2 m<sup>3</sup>/s, from the hydraulic modeling we obtained the maximum water depths of 1.59, 1.89, 2.08 and 2.46 m and finally we obtained total flood areas of 5664.23, 10525.92, 14593.03 and 24220.51 m<sup>2</sup> for the return periods of 50, 100, 200 and 500 years respectively, concluding that the Atoc Huacanca stream presents danger levels with floodable areas for the 50-year return periods of Very High (0.11 m<sup>2</sup>), High (606.01 m<sup>2</sup>), Medium (3922.65 m<sup>2</sup>) and Low (1135.46 m<sup>2</sup>), 100-year return period of Very High (2.80 m<sup>2</sup>), High (1755.57 m<sup>2</sup>), Medium (8363.44 m<sup>2</sup>) and Low (404.11 m<sup>2</sup>), 200-year return period of Very High (2.08 m<sup>2</sup>), High (1704.58 m<sup>2</sup>), Medium (12686.45 m<sup>2</sup>) and Low (199.92 m<sup>2</sup>) and 500-year return period of Very High (9.31 m<sup>2</sup>), High (1886.04 m<sup>2</sup>), Medium (21501.10 m<sup>2</sup>) and Low (824.06 m<sup>2</sup>), which affects houses, agricultural areas, road, parks, uncultivated land and grazing spaces.

**Keywords:** Levels of danger, flood-prone areas, maximum rainfall, hydrological modeling, hydraulic modeling.

# I.INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del Problema

Las inundaciones generan daños a viviendas y vidas humanas y ello debido a la falta de estudios de inundaciones y planificación de la urbanización, la zona sierra del país viene siendo afectado en gran magnitud debido a las altas precipitaciones que se registran desde años anteriores además en la actualidad la afectación del cambio climático está siendo considerable.

Es así tras el sismo del 31 de mayo de 1970, en la ciudad de Recuay-Ancash se produjo el derrumbe del cerro Huancapampa en la margen derecha del río Santa, frente a la ciudad de Recuay, que provocó el levantamiento del cauce del río Santa y acumulación de las aguas de la quebrada Atoc Huacanca, represando sus aguas y empujándolas hacia su margen izquierda, el embalse inundó la parte baja del centro poblado provocando daños que afectaron habitantes, viviendas y zonas agrícolas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI-PNUD], 2004).

También en el año 2021 se realizó la verificación de puntos críticos ante posibles inundaciones en los principales ríos y quebradas del departamento de Ancash, es así en el sector Huancapampa, distrito y provincia de Recuay, se propone realizar la limpieza, descolmatación y conformación de dique con material propio en ambos márgenes de la quebrada Atoc Huacanca ante posibles daños de inundación (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2021).

En nuestro país, la utilización informal de la localización de las viviendas en espacios expuestos a peligros donde el ser humano es responsable como también las autoridades competentes quienes no cuentan con un plan de zonificación y planificación urbana de la población, como son las áreas consideradas en peligro de inundación, fajas marginales que vienen siendo habitadas.

El centro poblado de Huancapampa ubicado en el margen izquierdo de la quebrada Atoc Huacanca viene creciendo y expandiéndose geográficamente, así como en el margen derecho donde existen algunas zonas agrícolas y espacios de pastoreo que son

propensas a inundaciones que al pasar de los años viene urbanizándose lo cual puede llegar a ocupar parte de las áreas de inundación y fajas marginales.

El presente trabajo de investigación tiene el propósito de determinar e identificar los niveles de peligro en las áreas inundables debido a las precipitaciones máximas de 24 horas en la quebrada Atoc Huacanca, mediante el estudio hidrológico e hidráulico en la quebrada Atoc Huacanca en su desembocadura del río del mismo nombre; con el uso de los sistemas de información geográfica y con el manual del, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) en su versión 2 se determinará los niveles de peligro y las áreas de afectación ante una inundación en diferentes periodos de retorno.

Los resultados obtenidos de la presente investigación servirán para realizar otras investigaciones relacionadas al tema, además en la elaboración de otros estudios que pudieran desarrollarse en el mismo lugar de ejecución, también beneficiará a la población del centro poblado Huancapampa los cuales conocerán las áreas afectadas, así como el nivel de peligro ante una inundación que pueda ocurrir, además a las autoridades del gobierno local y departamental quienes tomaran acciones de ordenamiento territorial, implementación de medidas de seguridad estructural y no estructural.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuáles serán los niveles de peligro en las áreas inundables debido a las precipitaciones máximas de 24 horas en la quebrada Atoc Huacanca, distrito Recuay, provincia Recuay, departamento Ancash en el año 2022?

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo General***

Determinar los niveles de peligro en áreas inundables debido a las precipitaciones máximas de 24 horas en la quebrada Atoc Huacanca, distrito Recuay, provincia Recuay, departamento Ancash, 2022.

### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Realizar el modelamiento hidrológico en la quebrada Atoc Huacanca con el software Hec-Hms, para obtener el hidrograma de avenidas máximas.
- Realizar el modelamiento hidráulico en la quebrada Atoc Huacanca con el software Iber, para obtener el tirante de agua.
- Identificar y determinar los niveles de peligro en áreas inundables en la quebrada Atoc Huacanca con el uso de los Sistemas de Información Geográfica y el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED v2.

## **1.4. Justificación**

### ***1.4.1. Justificación Teórica***

Las inundaciones en todo el mundo, el país y la provincia de Recuay vienen siendo afectando gravemente, causando pérdidas económicas y daños materiales, debido a un inadecuado plan de contingencia y ordenamiento territorial, lo que ocasiona que la población habite en las fajas marginales, márgenes de quebradas, abanicos aluviales (conos de deyección).

La presente investigación tiene el propósito de determinar los niveles de peligro en áreas inundables debido a precipitaciones máximas de 24 horas en la parte baja de la quebrada Atoc Huacanca mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y poder conocer la afectación en ambos márgenes donde se encuentran viviendas y zonas agrícolas.

### ***1.4.2. Justificación Práctica***

La presente investigación determina los niveles de peligro en las áreas de inundación debido a precipitaciones máximas de 24 horas en la parte baja de la Quebrada Atoc Huacanca y así poder plantear medidas de prevención y protección, las cuales, por su impacto negativo en lo económico, ambiental y

sociales perjudicaría a la población de su entorno. Además, se tendrá límites referenciado para una adecuada localización de expansión urbana.

### ***1.4.3. Justificación Metodológica***

Para dar cumplimiento a los objetivos trazados en el presente trabajo de investigación se aplicarán procedimientos tanto en gabinete y campo para la recolección de datos, con los cuales se calcularán mediante fórmulas empíricas, softwares y manual respectivo los niveles de peligro en las áreas inundables en la quebrada Atoc Huacanca.

Con ello se espera que los resultados de la investigación contribuyan en políticas de gestión del gobierno local y provincial, así como a los profesionales dedicados a la investigación en temas de gestión de riesgos de desastres, recursos hídricos y planeamiento territorial.

## **1.5. Alcances y Limitación del Estudio**

### ***1.5.1. Alcance del Estudio***

La presente investigación se centra en determinar los niveles de peligro en las áreas inundables de la quebrada Atoc Huacanca, Ancash -2022, realizando el modelamiento hidrológico e hidráulico mediante datos de precipitaciones máximas de 24 horas, para finalmente mediante el SIG y la metodología establecida por el CENEPRED determinar los niveles de peligro y las áreas afectadas por inundación en diferentes periodos de retorno.

### ***1.5.2. Limitación del Estudio***

La limitación del presente estudio fue la disponibilidad de información de estaciones pluviométricas dentro de la zona de estudio así también como información hidrométrica inexistente, además la disponibilidad completa de estudios realizados en la zona de interés.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del Tema

#### 2.1.1. Antecedente Internacional

Igarza (2019) “*Determinación de peligro por inundaciones en el municipio Moa: Subcuenca del río Cabaña*”. **Objetivo:** Identificar la peligrosidad por inundación ante la ocurrencia de precipitaciones en la subcuenca del río Cabaña, con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). **Metodología:** Se realizó en tres etapas, la primera con recopilación de información existente, la segunda con la generación de la información (uso de un Modelo Digital de Elevación (MDE), datos de precipitación, determinación del potencial hídrico superficial y geomorfología de la cuenca, además se trabajó con el SIG para obtener diferentes mapas que finalmente será un resultado espacial de la altura máxima de inundación) y como proceso final la interpretación de los resultados. **Resultados:** El modelo generado muestra inicialmente una primera aproximación del nivel máximo de inundación alcanzable si sucediera una lluvia máxima en el área de estudio como las que se muestran en el mapa de isoyetas nacional para la zona alta de la región, la cual tiene peligro alto en la zona de confluencia que afectaría la zona urbana para lo cual se debe construir estructurales de protección. **Conclusiones:** El modelo de peligro por inundaciones se registran áreas de inundación ante eventos climáticos extremos, nuevos aspectos que actualizan los mapas de inundación del municipio, clasificándolas en inundación fluviales repentinas de larga duración.

Alarcón (2018) “*Estimación de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas, caso: Morelia, Michoacán, México*”. **Objetivo:** Realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico para estimar las áreas susceptibles a inundaciones de máximas avenidas. **Metodología:** Se desarrolló en la ciudad de Morelia Michoacán, mediante un modelo hidrológico con el software Hec-Hms para periodos de retorno de 100 y 500 años con datos de precipitaciones máximas de 24 horas de 6 estaciones meteorológicas, para luego obtener los hidrogramas que serán ingresados al software Iber para realizar el modelamiento hidráulico y mediante un sistema de información geográfica obtener las áreas susceptibles a inundación. **Resultados:** En

base al registro histórico de precipitaciones máximas de 24 horas se determinó las precipitaciones para los periodos de retorno en estudio, del modelamiento hidráulico se localizó áreas que alcanzan los niveles del agua que sobrepasan el cauce del río y sus afluentes, es así que las áreas de inundación están afectando a la población entre viviendas y campo deportivo. **Conclusiones:** La combinación de los softwares Hec-Hms y Iber son robustos para este tipo de estudios, debido a las pocas estaciones en la cuenca se optó por generar otras en base a las existentes, se esperaba que las zonas vulnerables a inundación sea las franjas y márgenes del río Grande, pero resultaron 5 zonas aisladas adicionales.

Díaz (2012) “*Análisis hidrológico e hidráulico mediante técnicas SIG de la peligrosidad por inundaciones en la cuenca del Pla de Sant Jordi (Mallorca)*”. **Objetivo:** Realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico de la zona de estudio para poder evaluar las áreas que tengan riesgos altos de inundación. **Metodología:** Uso de los SIG para obtener características de la cuenca, luego hacer el modelamiento hidrológico con el software Hec-GeoHms y finalmente realizar el modelamiento hidráulico con los softwares Hec-Hms y Iber para obtener las áreas inundables en el entorno de los SIG en diferentes periodos de retorno. **Resultados:** Con el software Hec Ras para el periodo de retorno de 50 años se aprecia pocas áreas de inundación y para un periodo de retorno de 500 años si se aprecia las áreas, pero en mala calidad, debido a que no es recomendable su uso en zonas llanas, mientras el software Iber proporciona buenos resultados pero el procesamiento del mallado es de mucho tiempo así obteniéndose para un periodo de retorno de 50 años áreas que inundan gran parte del Pla como pistas, aeropuerto y para un periodo de retorno de 500 años es mayor la afectación así teniendo parámetros de peligrosidad (Alta, moderada y baja). **Conclusiones:** Las inundaciones se generar siempre que hay un evento extremo afectando los alrededores del aeropuerto de Son Sant Joan, áreas de cultivos, vías de comunicación, además afectando la salud de la población, de los modelos hidráulicos el que genero mejores resultados fue el Iber.

### 2.1.2. Antecedente Nacional

Luna et al. (2020) “*Peligro de inundación del río Vilcanota en el centro poblado de Písac, Cusco 2018*”. **Objetivo:** Determinar el peligro por inundación ocasionado por el río Vilcanota para diferentes periodos de retorno (50, 100 y 500 años). **Metodología:** Mediante la metodología del CENEPRED, con el uso del proceso de análisis jerárquico (factor condicionante y desencadenante) y estudios de riesgos de desastres antes desarrollados. **Resultados:** Se obtuvo los niveles de peligro en cuatro categorías (Muy alto, Alto, Medio y Bajo) con rangos de  $(0.270 \leq P < 0.464, 0.146 \leq P < 0.270, 0.079 \leq P < 0.146, 0.042 \leq P < 0.079)$  respectivamente, con pesos del 50% para el parámetro de evaluación y la susceptibilidad. **Conclusiones:** El centro poblado de Písac tiene un nivel de peligro Alto ante inundaciones, para un periodo de retorno de 50 años afecta en la parte baja derecha un total de 34 viviendas, para un periodo de retorno de 100 años afecta en la parte baja derecha un total de 165 viviendas y un área de 11.59 Ha de cultivos y para un periodo de retorno de 500 años afecta 342 viviendas, 850 m de carretera y un área de 15.72 Ha de cultivos.

García (2019) “*Modelamiento hidráulico del río Amojú aplicando el software Iber para zonificar áreas inundables en la ciudad de Jaén, Perú*”. **Objetivo:** Identificar y zonificar las áreas de inundación del río Amojú a través del modelamiento hidráulico. **Metodología:** Se realizó trabajo de campo y gabinete, iniciando con el modelamiento hidrológico, modelamiento hidráulico con el software Iber y finalmente se realizó el mapa de áreas inundables en el entorno de los sistemas de información geográfica. **Resultados:** Del modelamiento hidráulico y un periodo de retorno de 140 años en el entorno del SIG se obtuvo un área total de inundación de 4.76 Ha la cual se clasificó en 6 zonas siendo la última zona la que tiene mayor afectación de inundación en el margen derecho con un total de 2.633 Ha. **Conclusiones:** Las zonas de mayor áreas de inundación son la zona 1, 2, 5 y 6 siendo esta última la que tiene mayor área en el margen derecho del sector San Camilo en la cual se obtuvo un caudal máximo de  $150.212 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 2.1.3. Antecedente Local

Sánchez (2021) “*Determinación de los niveles de peligro por inundación de la Subcuenca del Río Lullán-Laguna Parón 2021*”. **Objetivo:** Determinación de los niveles de peligro por inundación de la Subcuenca del Río Lullán-Laguna Parón. **Metodología:** Se empleó la metodología del CENEPRED, para poder determinar los niveles de peligro se realizó un análisis de geomorfología, geología, pendiente y meteorología, además con trabajos de campo y gabinete. **Resultados:** Se obtuvo resultados de nivel de peligro por inundación de nivel Muy Alto el cual abarca un área de 4705.60 Ha la cual comprende áreas urbanas y de cultivos, nivel Alto con un área de 2557.89 Ha, nivel Medio con un área de 6140.07 Ha y nivel Bajo con un área de 2729.64 Ha, generando daño a viviendas, establecimiento de salud, centros educativos, sector de transporte y otros. **Conclusiones:** Se identificaron cuatro niveles de peligro debido a las inundaciones (Muy alto, Alto, Medio y Bajo) con un valor de peligro de 0.351 para la zona de estudio, la cual tiene un nivel de peligro Muy Alto.

Pachac (2015) “*Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para avenidas de la Sub Cuenca Quillcay, con fines de protección del sector Nueva Florida, distrito de Independencia 2013*”. **Objetivo:** Realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico para las avenidas de la sub cuenca Quillcay, con el fin de realizar la protección del sector Nueva Florida del distrito de Independencia. **Metodología:** Se realizó el modelamiento hidrológico con el software Hec-GeoHms y los SIG, luego se realizó el modelamiento hidráulico con el software Hec-GeoRas, el trabajo de investigación se desarrolló con trabajos en campo y gabinete para finalmente realizar la interpretación de los resultados. **Resultados:** Mediante los modelamientos realizados se obtuvo caudales de 71.42, 77.45 y 84.18 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 100, 200 y 500 años, las áreas de inundación fueron de 12394, 13017 y 13615 m<sup>2</sup> para los mismos periodos de retorno respectivamente. **Conclusiones:** Se realizó los modelamientos mediante los softwares, además la calibración y validación respectiva, se ubicó áreas inundables en tramos críticos en la cual se recomienda hacer la construcción de obras de protección.

## 2.2. Marco Legal

### ➤ Internacional

- Marco de Acción de Hyogo en la estrategia internacional para la reducción del riesgo de desastres 2005-2015.
- Marco de Acción de Sendai en la reducción y prevención de nuevos riesgos de desastres y fortalecer la resiliencia 2015-2030.

### ➤ Nacional

- Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 08 de febrero del 2011.
- Decreto Supremo N°048-2011-PCM, el cual aprueba el reglamento de ley N°29664 la cual crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD) el 25 de mayo del 2011.
- Resolución Jefatural N°112-2014-CENEPRED/J, la cual aprueba el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (02 versión).
- Ley de los Recursos Hídricos N°29338, en el título V, capítulo III artículo 113 hace mención respecto a las Fajas Marginales.

### ➤ Local

- Resolución de Alcaldía N°086-2015-MPR/A, la cual constituye el equipo de profesionales en gestión de riesgos de desastres de la municipalidad provincial de Recuay el 6 de abril del 2015.
- Resolución de Alcaldía N°082-2018-MPR/A, la cual conforma el equipo de profesionales en la elaboración de instrumentos técnicos en gestión de riesgos de desastres de la municipalidad provincial de Recuay el 23 de julio del 2018.

## 2.3. Marco Conceptual

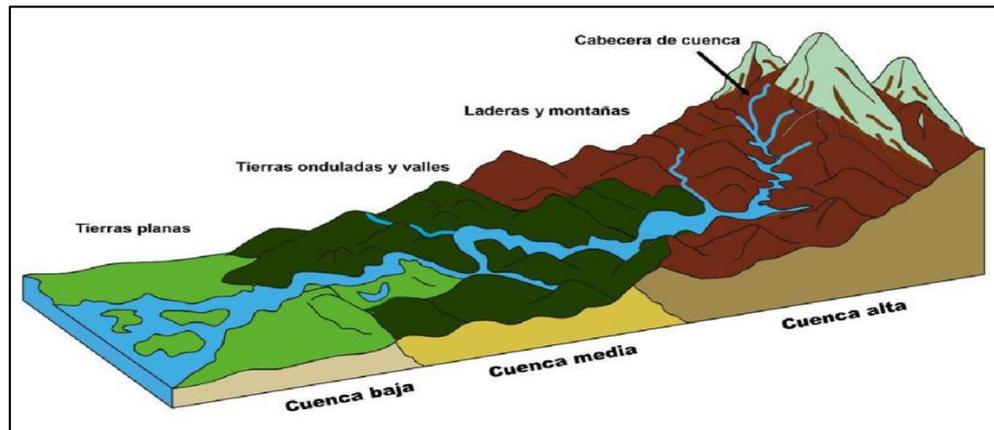
### 2.3.1. Gestión de Cuenca

#### ➤ Cuenca Hidrográfica

Es toda área o superficie de un lugar que aportan sus aguas generadas por la escorrentía hacia un mismo punto de descarga (Ibáñez et al., 2011).

**Figura 1**

*Partes de una cuenca hidrográfica*



*Nota.* Esquematización de las partes de una cuenca hidrográfica. Tomado de Vásquez et al., 2016, p.21.

➤ Características geométricas de una Cuenca

▪ Área

Viene representada por el área plana proyectada de forma horizontal la cual se encuentra dentro de un límite o conocida como divisorias de las aguas (Mejía, 2006).

▪ Longitud

Está definido por el cauce principal, la cual es equivalente a todo el recorrido del río desde la cota máxima aguas arribas hasta la cota de desfogue aguas abajo (Ibáñez et al., 2011).

➤ Parámetros Geomorfológicos

▪ Pendiente de una cuenca

Es uno de los parámetros muy importantes ante la evaluación de avenidas máximas ya que tiene relación directa con el tiempo concentración y el escurrimiento de las lluvias (Villón, 2002).

▪ Pendiente del cauce

Viene representado por el cociente de la división del desnivel de dos cotas extremas de un tramo entre su longitud horizontal (Villón 2002).

### 2.3.2. Hidrología

#### ➤ Precipitación

Es toda forma de la humedad que se origina de la atmosfera y la cual se deposita en la superficie de la tierra, como puede ser la lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada (Monsalve, 1999).

#### ➤ Registro de Datos de Lluvia

Vásquez et al (2016) menciona que es registrada con un pluviómetro o pluviógrafo para la realización de un estudio hidrológico u otro. Para un análisis hidrológico estará en función del tiempo y así obtener series de tiempo de lluvia, como son las lluvias anuales, mensuales y diarias que caen en un día o más conocidas en 24 horas.

#### ➤ Tormenta de Diseño

El diseño de una tormenta es un patrón de la precipitación lo cual se usa en el diseño hidrológico, la tormenta de diseño es la entrada a un sistema y los caudales obtenidos la salida, mediante la lluvia - escorrentía y el tránsito de los caudales se obtendrá estos resultados. La determinación de una tormenta de diseño se basa en información histórica que se registra de las precipitaciones de una estación base o también de otras precipitaciones de estaciones adyacentes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014).

#### ➤ Periodo de Retorno

Es un evento extremo que ocurre si una variable aleatoria  $X$  es mayor o igual que un cierto de nivel  $x_\tau$ . Mientras que el tiempo de recurrencia  $t$  es el tiempo entre ocurrencias de  $X \geq x_\tau$ . El periodo de retorno  $T$  de un evento  $X \geq x_\tau$  es el valor esperado de  $t$ ,  $E(t)$ , el valor promedio medido sobre un número de ocurrencias grande. (Chow et al., 1994)

$$P(X \geq x_\tau) = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Dónde:

$x_\tau$  = Valor límite

$T$  = Periodo de retorno (años)

➤ Selección del Periodo de Retorno

Está relacionado al diseño de una obra considerando la probabilidad que exceda un evento y la vida útil de la estructura, así como el riesgo de falla que pueda ocurrir en función del periodo de retorno (MTC, 2014).

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (2)$$

Dónde:

R= Riesgo o falla

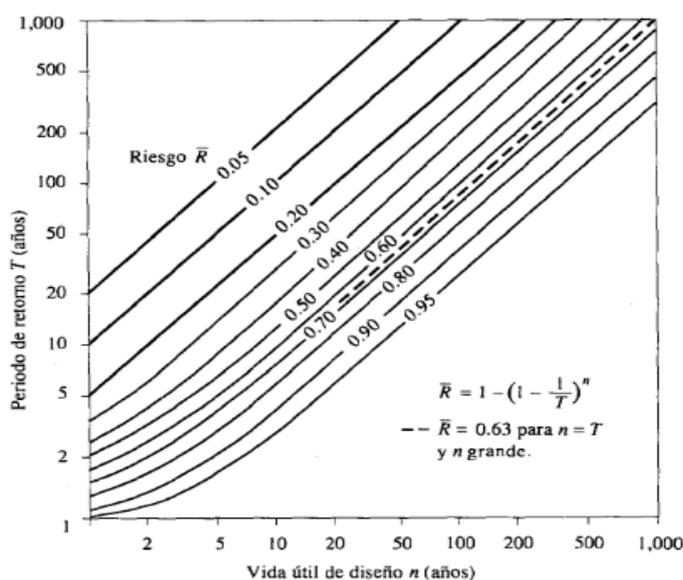
T = Periodo de retorno (años)

n = Vida útil del proyecto

Con los valores de riesgo es posible determinar las implicancias de elegir un periodo de retorno de una obra con una vida útil establecida (Villón, 2002), la relación que implica el riesgo se muestra en la Figura 2 (Chow et al., 1994).

**Figura 2**

*Gráfica del riesgo*



*Nota.* En el gráfico se presenta el Riesgo en función de la vida útil y el periodo de retorno. Tomado de Chow et al., 1994, p.433.

➤ Tiempo de concentración

Es el tiempo en que una gota de agua recorre desde el punto hidráulicamente más lejano hasta el punto de desfogue en una cuenca, dependerá de la geometría y topografía de cada cuenca (MTC, 2014).

- Fórmula de Kirpich (1940):

$$t_c = 0.01947L^{0.77} \cdot S^{-0.385} \quad (3)$$

Dónde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S = Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en minutos

- Fórmula de California Culverts Practice (1942)

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (4)$$

Dónde:

L = Longitud del curso de agua más largo (m)

H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m)

t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en minutos

- Fórmula de Ven Te Chow

$$t_c = 0.005 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64} \quad (5)$$

Dónde:

L = Longitud del cauce principal (m)

S = Desnivel total del cauce principal (%)

t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas

- Fórmula de Bassó

$$t_c = 0.067 \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}} \quad (6)$$

Dónde:

L = Longitud del cauce principal (km)

H = Desnivel total del cauce principal (km)

t<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas

▪ Fórmula de Rowe

$$tc = \left( \frac{0.86xL^3}{H} \right)^{0.385} \quad (7)$$

Dónde:

L = Longitud del cauce principal (km)

H = Desnivel total del cauce principal (m)

tc = Tiempo de concentración en horas

▪ Fórmula de Forest Resources Division (FAO)

$$tc = \frac{L^{1.15}}{15xH^{0.38}} \quad (8)$$

Dónde:

L = Longitud del cauce principal (km)

H = Desnivel total del cauce principal (km)

tc = Tiempo de concentración en horas

➤ Hidrograma Sintético Triangular del SCS

Viene dado por el caudal en m<sup>3</sup>/s y el tiempo en horas, en el cual el volumen que se genera por la lluvia es propagado a través del río con el uso del hidrograma unitario. El tiempo de retardo se aproxima a la siguiente ecuación (MTC, 2014).

$$Tr = 1.67T \quad (9)$$

El área bajo el HU debe ser igual a la escorrentía de 1cm se demuestra que:

$$q_p = \frac{2.08 * A}{Tp} \quad (10)$$

Dónde:

A = Área de drenaje en Km<sup>2</sup>

Tp = Tiempo de ocurrencia del pico en hr

Con el estudio de muchas cuencas se ha demostrado que:

$$tr = 0.6 * tc \quad (11)$$

Dónde:

tr = Tiempo de retardo

Tc = Tiempo de concentración

Nota: Tp (entre el centroide del hietograma y el pico del caudal) (h)

➤ Prueba de datos dudosos

Los datos dudosos o (outliers) son aquellos puntos que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante y por tal el Water Resources Council recomienda hacer el ajuste (MTC, 2014).

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \quad (12)$$

$$y_H = \bar{y} - K_n S_y \quad (13)$$

Dónde:

YH = Umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas

YL = Umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas

$\bar{y}$  = Promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas

S = Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas

$K_n$  = Valor tabulado para una muestra de tamaño n

**Tabla 1**

*Valores  $K_n$  para realizar la prueba de datos dudosos.*

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

*Nota.* Los valores de  $K_n$  tienen un nivel de significancia del 10% para la distribución normal. Tomado de Chow et al., 1994, p.416

➤ Prueba de bondad de ajuste

Es aquella prueba de hipótesis con la que se evalúa si un conjunto de datos es una muestra independientemente de una distribución que elegimos (MTC, 2014).

Además, se realiza el ajuste grafico mediante la probabilidad empírica de Weibull en la que se asigna a cada elemento de la muestra una probabilidad de excedencia de acuerdo a su posición y a su orden de mayor a menor.

$$P(x) = \frac{m}{N + 1} \quad (14)$$

Dónde:

$m$  = Posición asignada al evento

$N$  = Tamaño de la muestra

➤ Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

Para realizar un análisis estadístico de información hidrológica existen muchas funciones que pueden ser discretos o continuos como se presente a continuación (MTC, 2014).

▪ Distribución Normal

Es definido como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \mu}{S}\right)^2} \quad (15)$$

Dónde:

$f(x)$  = Función densidad normal de la variable  $x$

$x$  = Variable independiente

$\mu$  = Parámetro de localización igual a la media aritmética de  $x$

$S$  = Parámetro de escala igual a la desviación estándar de  $x$

▪ Distribución Log Normal

Está definida por:

$$f(x) = \frac{1}{(x * \sigma_y)\sqrt{(2\pi)}} e^{-1/2\left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \quad (16)$$

Para  $0 < x < \infty$

Dónde:

$\mu_y$  = Media

$\sigma_y$  = Desviación estándar

#### ▪ Distribución Pearson Tipo III

Es definida como:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (17)$$

Para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

$x_0$  = Origen de la variable x, parámetro de posición

$\gamma$  = Parámetro de forma

$\beta$  = Parámetro de escala

#### ▪ Distribución Gumbel

Es definido por la siguiente expresión.

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (18)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \quad (19)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad (20)$$

Dónde:

$\alpha$  = Parámetro de concentración

$\beta$  = Parámetro de localización

▪ Distribución Log Pearson Tipo III

Es definida por:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (21)$$

Para:

$$\begin{aligned} x_0 &\leq x < \infty \\ -\infty &< x_0 < \infty \\ 0 &< \beta < \infty \\ 0 &< \gamma < \infty \end{aligned}$$

Dónde:

$x_0$  = Parámetro de posición

$\gamma$  = Parámetro de forma

$\beta$  = Parámetro de escala

➤ Prueba Kolmogorov – Smirnov

Es aquel método en el cual se verifica la bondad de ajuste de distribuciones, también permite elegir el mejor ajuste, mediante la comparación del máximo valor absoluto de diferencia D entre la función de distribución de probabilidad que se observa  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$  (MTC, 2014).

$$D = \text{máx}/F_o(x_m) - F(x_m)/ \quad (22)$$

El valor crítico d para la prueba Kolmogorov Smirnov depende del número de datos y del nivel de significancia como se presenta en la siguiente tabla. Tal que si  $D < d$  se acepta la hipótesis nula. Además, se tiene una ventaja sobre la prueba de  $X^2$  ya que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos (MTC, 2014).

$$F_o(x_m) = 1 - m/(n + 1) \quad (23)$$

Dónde:

m = Número de orden de dato  $x_m$  en una lista de mayor a menor

n = Número total de datos

**Tabla 2***Valores críticos "d" para la prueba Kolmogorov-Smirnov*

Tamaño de muestra	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25
$n > 35$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

*Nota.* Valores críticos "d" para la realizar la prueba de Kolmogorov Smirnov. Adaptado al MTC, 2014, pp.32-33.

➤ **Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia**

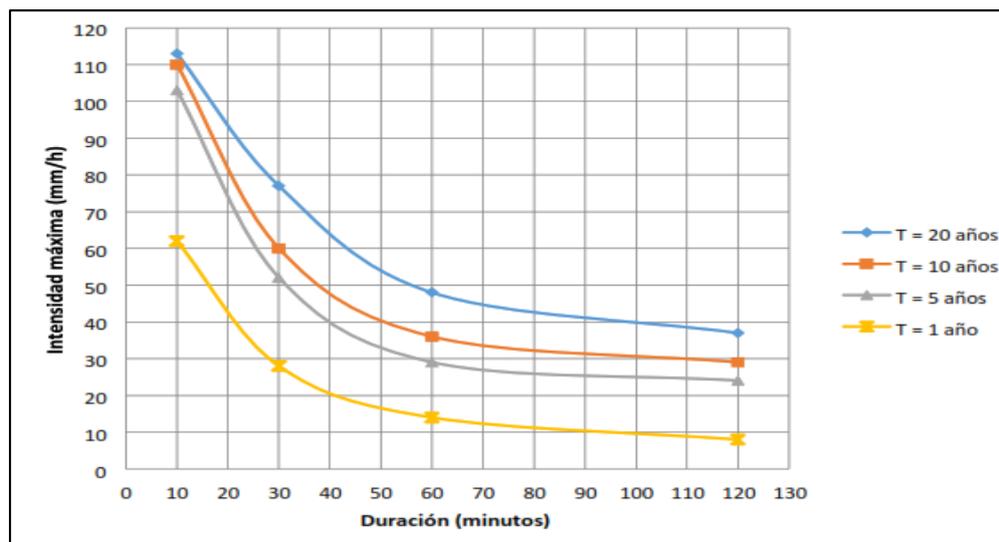
Son aquellos elementos de diseño que se relacionan como la intensidad de lluvia, duración y frecuencia, mediante su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno. Para obtener las curvas IDF se necesita registros pluviográficos de lluvia y hacer la selección de las más intensa en diferentes duraciones de cada año (MTC, 2014).

➤ **Análisis de Frecuencia de Tormentas**

Para realizar el análisis de frecuencias de las tormentas se hace un ajuste de datos de las intensidades máximas de las lluvias de diferentes duraciones hacia una distribución de probabilidad, con el propósito de pronosticar el diseño de tormenta hacia un periodo de retorno en estudio y obtener una gráfica con las frecuencias y así obtener las intensidades máximas (Vásquez et al., 2016).

**Figura 3**

*Curva Duración-Intensidad-Frecuencia (IDF)*



Nota. Curvas IDF en diferentes periodos de retorno. Tomado de Vásquez et al., 2016, p.212.

➤ **Intensidad Máxima**

Villón (2002) menciona que “es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo (p.87).

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{P}{t} \quad (24)$$

Dónde:

$i_{m\acute{a}x}$  = Intensidad máxima en mm/hora

P = Precipitación en altura de agua en mm

t = Tiempo en horas

➤ **Relación de Intensidad Máxima y el Periodo de Retorno**

Una manera de poder determinar las intensidades máximas en relación a la duración y el periodo de retorno es mediante el uso de fórmulas empíricas, otra manera de representar las curvas IDF es mediante una ecuación con el propósito de evitar registros de lecturas de las intensidades de las lluvias de diseño en un gráfico (MTC, 2014).

Debido a la escasa información pluviográfica es complejo la elaboración de las curvas IDF, como se cuenta con registro de precipitaciones máximas de 24 horas por lo que la intensidad de precipitación máxima se estima a partir de las precipitaciones máximas de 24 horas multiplicada por un coeficiente de duración que varía entre una hora y las 48 horas (MTC, 2014).

**Tabla 3**

*Coefficientes de duración de lluvia entre una y 48 horas*

<b>Duración de la precipitación en horas</b>	<b>Coefficiente</b>
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

*Nota.* Valores de los coeficientes para lluvias de una a 48 horas. Tomado de MTC, 2014, pp.36-37.

Y para tormentas con duraciones menores a una hora o no cuente con registro pluviográficos para la obtención de máximas intensidades, se puede hacer uso de la metodología de Dick Peschke, la cual tiene relación de las precipitaciones máximas de 24 horas con la duración de la tormenta (MTC, 2014).

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (25)$$

Dónde:

Pd= Precipitación total (mm)

d = Duración en minutos

$P_{24h}$  = Precipitaciones máximas de 24 horas (mm)

La intensidad se obtiene dividiendo la precipitación total (Pd) entre la duración. Las curvas IDF se calculan indirectamente con la siguiente relación.

$$I = \frac{KT^m}{d^n} \quad (26)$$

Dónde:

I= Intensidad máxima (mm/h)

K,m,n = Factores característicos de la zona de estudio

T= Periodo de retorno en años

d= Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

### ➤ Hietograma

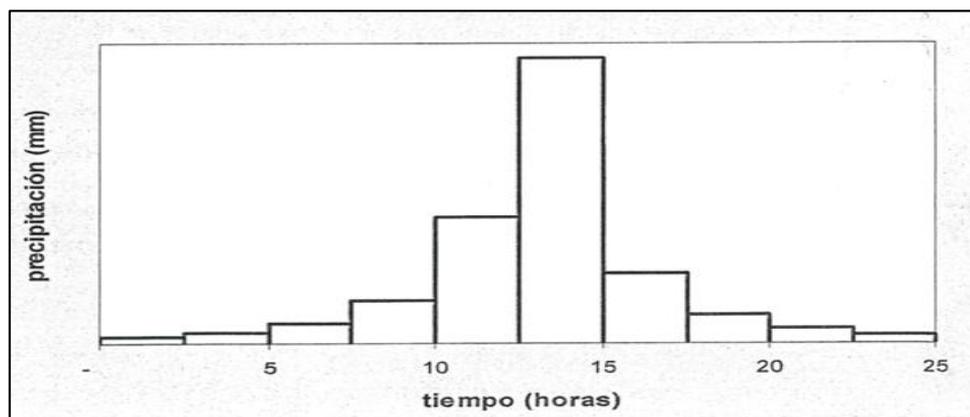
Viene representado por los registros pluviográficos de lluvias, las intensidades se ubican en las ordenadas de una curva de lluvia acumulada que se denomina hietograma y en las abscisas viene representado el tiempo (Monsalve, 1999).

#### ▪ Método de Bloque Alterno

Una de las maneras prácticas de desarrollar un hietograma es a través del método de bloque alterno haciendo uso de la curva, duración y frecuencia, en la cual se especifica la profundidad de la precipitación en “n” intervalos de tiempos sucesivos de duración  $\Delta t$ , sobre un total de duración  $T_d = n \cdot \Delta t$  (MTC, 2014).

### Figura 4

*Representación de un hietograma de diseño*



Nota. Hietograma de diseño (Precipitación vs Tiempo). Tomado del MTC, 2014, p.41.

➤ Hidrograma

Es la representación mediante un gráfico de las diferentes variaciones del caudal en relación al tiempo, ordenadas cronológicamente en un punto de la corriente (Villón, 2002).

### 2.3.3. Hidráulica

➤ Canal Natural

Está conformado de manera natural por los cursos de agua tanto pequeños como arroyos hasta grandes como ríos pequeños y grandes, quebradas, lagunas y lagos (Rodríguez, 2008).

➤ Coeficiente de Rugosidad

Chow (1994) menciona que se puede estimar como la resistencia al flujo en una sección dada lo cual conlleva a ver las distribuciones de velocidades ya que puede variar tanto en la parte baja media y alta, así como también como la geometría del canal.

▪ Rugosidad Compuesta

Chow (1994) refiere que la rugosidad compuesta es muy compleja de describirse ya que los canales naturales presentan variación en su conformación ya sea, vegetación, tipo de suelo entre otros lo cual no podemos utilizar un método preciso para poder calcularla, se desarrollaron tablas con valores experimentales en diferentes superficies.

➤ Método de Cowan

Cowan en base al reconocimiento de diversos factores importantes que afectan el coeficiente de rugosidad, desarrollo un procedimiento para poder estimar dicho valor (Chow, 1994).

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) + m_5 \quad (27)$$

Dónde:

no = Material del cauce

n1 = Grado de regularidad

n2= Variación de la sección transversal

n3 = Nivel de obstrucciones

n4 = Presencia de vegetación

m5 = Cantidad de meandros

#### 2.3.4. Modelos Hidrodinámicos

##### ➤ Modelación Hidrodinámica de Inundaciones

Para realizar un modelamiento numérico existen herramientas de simulaciones hidrodinámicas de ríos como modelos unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D) (Londoño, 2021).

##### ➤ Modelización Hidrodinámica en Ríos

En un modelo unidimensional por lo general al río se le considera como una línea con varios puntos de cálculos y sus secciones transversales, donde su geometría del cauce es una propiedad para cada punto de sección, mientras en un modelo bidimensional al río ya no se considera una línea sino una malla conformada por un conjunto de celdas de polígonos que representa la topografía del cauce y las llanuras de inundación, la cual puede ser regular o irregular como también estructurada o no estructurada (Ochoa et al., 2016).

##### ➤ Modelo Hidrológico Hec-Hms

###### ▪ Hec-Hms

Es un software de uso libre, el cual fue desarrollado por el centro de ingenieros de las fuerzas armadas de los Estados Unidos, el cual nos permite realizar modelamientos de eventos independientes como periodos continuos” (Cabrera et al., 2019).

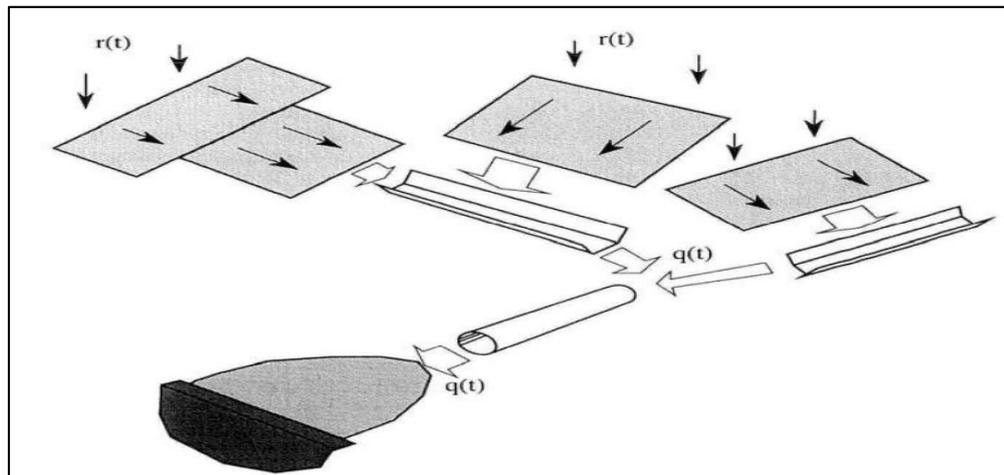
#### ▪ Descripción del Modelo

Su aplicación abarca simulaciones de procesos de lluvia – escorrentía para cuencas dendríticas, suministros de agua en grandes cuencas, hidrograma de inundaciones y escorrentía en pequeñas cuencas. (Cabrera et al., 2019).

La simulación que se genera de un escurrimiento superficial como producto de la precipitación corresponde a un sistema integrado de componentes hidrológico e hidráulicos que lo componen (Villón, 2002).

#### Figura 5

*Esquema estándar de modelación en Hec-Hms*



*Nota.* Esquema de entrada  $r(t)$  y salida  $q(t)$  en un sistema con Hec-Hms. Tomado de Parillo, 2014, p.18.

#### ▪ Componentes de Hec-Hms

Para realizar una simulación hidrológica de una cuenca el software usa los siguientes componentes (Nanía, 2007).

- Modelo de la cuenca
- Modelos meteorológicos
- Especificaciones de control
- Datos de entrada

Dentro de los componentes del modelamiento de lluvia a caudal para una cuenca tenemos el ingreso del modelo meteorológico, especificaciones de tiempo y el intervalo de la simulación. Dentro de los componentes de datos de ingreso como son las tablas, series temporales y los datos por celda son

necesarios para establecer las condiciones de contorno, tanto en el modelo de cuenca y meteorológico (Nanía, 2007).

➤ Modelo Hidráulico Iber

▪ Iber

Es un software de modelamiento bidimensional en la que se realizan simulaciones de fluido en ríos y estero elaborado por un conjunto de profesionales del grupo de ingeniería del agua y del medio ambiente GEAMA (Universidad de Coruña) del grupo de ingeniería matemática (Universidad de Santiago de Compostela) y del instituto flumen (Universidad Politécnica de Catalunya y Center Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería), promovido por el centro de estudios hidrográficos del CEDEX (Bladé et al.,2014).

▪ Ecuación Hidrodinámica

Iber se rige a la integración de ecuaciones de dos dimensiones (x, y) de Saint Venant, las que a su vez están dentro de las leyes físicas de conservación de masa y de la cantidad del movimiento (Palavecino, 2015).

Iber da solución a las ecuaciones de Saint Venant, mediante el método de volúmenes finitos el cual incorpora efectos de turbulencia y de rozamiento en la superficie debido al viento (Bladé et al.,2014).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0 \quad (28)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}) + \frac{\partial}{\partial y}(hU_xU_y) \\ & = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y}\right) \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(hU_y) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_xU_y) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) \\ & = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y}\right) \end{aligned} \quad (30)$$

Dónde:

$h$  = Calado

$U_x, U_y$  = Velocidades horizontales promedias en profundidad

$g$  = Aceleración de la gravedad

$\rho$  = Densidad del agua

$Z_b$  = Cota de fondo

$\tau_s$  = Fricción debido al rozamiento del fondo

$\nu_t$  = Viscosidad turbulenta

Se usará la fórmula de Manning para la obtención de fricción de fondo:

$$\tau_{b,x} = \rho g h \frac{n^2 U_x |U|^2}{h^{4/3}} \quad (31)$$

$$\tau_{b,y} = \rho g h \frac{n^2 U_y |U|^2}{h^{4/3}} \quad (32)$$

La fuerza de rozamiento generada por el viento sobre la superficie libre se calcula a partir de la velocidad del viento a 10 m de altura, utilizando para ello la ecuación de Van Dorn.

$$\tau_{s,x} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{x,10} \quad (33)$$

$$\tau_{s,y} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{y,10} \quad (34)$$

Dónde:

$V_{x,10}, V_{y,10}$  = Componentes de la velocidad del viento a 10m de altura

$|V_{10}|$  = Módulo de la velocidad del viento a 10m de altura

$C_{VD}$  = Coeficiente de arrastre superficial

El coeficiente de arrastre en la superficie, se calculará en función de la velocidad del viento:

$$|V_{10}| < 5,6 \text{ m/s} \rightarrow C_{VD} = 1,2 \cdot 10^{-6} \quad (35)$$

$$|V_{10}| \geq 5,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow C_{VD} = 1,2 \cdot 10^{-6} + 2,25 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{5,6}{|V_{10}|}\right)^2 \quad (36)$$

Las funciones y los parámetros que son parte de las ecuaciones hidrodinámicas como el coeficiente de Manning y la velocidad del viento pueden variar tanto en el espacio y el tiempo, la viscosidad de la turbulencia se calcula con modelos específicos. Iber incluye tres modelos de turbulencia promediados en

profundidad como el parabólico, longitud de mezcla y el  $k-\epsilon$  de Rastogi y Rodi (Bladé et al.,2014).

- Volúmenes Finitos en Iber

Iber hace uso del método de volúmenes finitos para la resolución de sus ecuaciones, en la cual combina módulos hidrodinámicos, turbulencia y transporte de sedimentos (Bladé et al., 2014).

- Malla de Cálculo

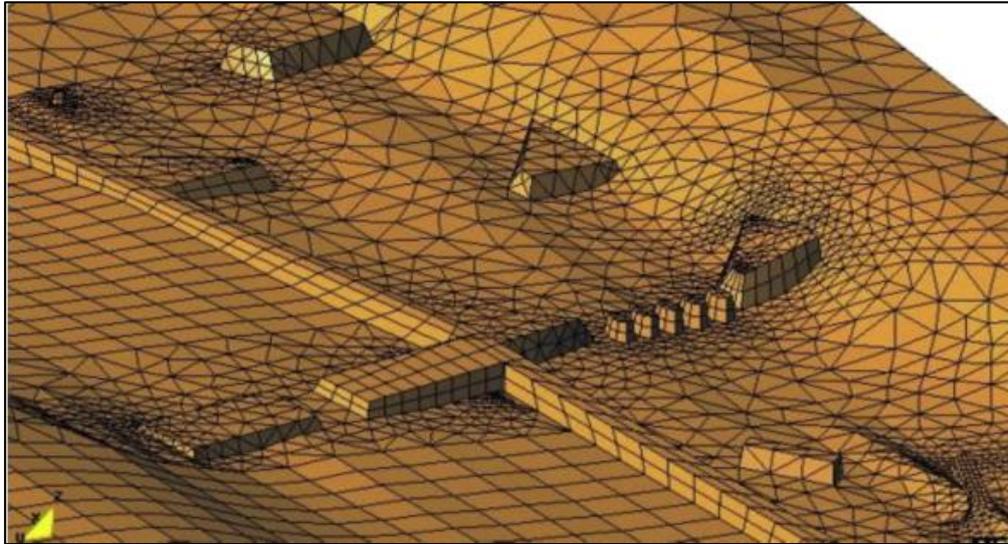
Es aquella que está constituida de elementos triangulares o cuadriláteros con el que se generan las mallas y con el que se realiza el balance de masa y de cantidad de movimiento (Palavecino, 2015).

En el caso de un río el cual presenta una geometría irregular es muy común el uso de los mallados que se basan en errores cordales entre la máxima distancia del terreno y el mallado. Iber tiene el mallado GiD que crea mallas estructuradas y no estructuras mediante el uso de algoritmos, para trabajos de geometrías irregulares y complejas hace uso de una geometría en formato RTIN que genera mallas de buena calidad y robustez teniendo la posibilidad de hacer modificaciones en los nodos de cada elemento que conforma el mallado a partir de un modelo digital de terreno en un formato ASCII de Arc/Info (Bladé et al., 2014).

En una topografía de forma irregular como un río es recomendable usar una malla no estructurada, debido a que tiene una mejor adaptación a una geometría irregular (Palavecino, 2015).

## Figura 6

### *Representación de una malla*



*Nota.* Detalle de una malla en Iber. Tomado de Bladé et al., 2014, p.8.

#### ▪ Condición de Courant - Friedrichs - Levy (CFL)

El CFL, es un esquema que tiene una limitación en el paso del tiempo al momento de la integración temporal, debido a la estabilidad numérica cuya condición muestra el máximo valor de paso de tiempo que es utilizado para la integración de las ecuaciones del flujo (Palavecino, 2015).

#### ▪ Condiciones de Contorno

Se tiene dos tipos de contornos, cerrado el que es de tipo pared y abierto en la que ingresa el caudal además se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno, en un flujo supercrítico se impondrá el calado, en un flujo sub crítico el contorno de salida se impone el nivel de lámina de agua, en un flujo supercrítico no es necesario imponer ninguna condición, además se puede ingresar una relación de curva de gasto entre una cota de la lámina y el caudal específico que desagua en cada punto de control (Bladé et al., 2014).

#### ▪ Esquema Numérico

Son los más adecuados para realizar el modelamiento en un cambio de régimen de tipo seco – mojado, frente de inundaciones (Bladé et al., 2014).

#### ▪ Interfaz de Preproceso y Posproceso

El interfaz del software Iber muestra un amigable manejo de ingreso de datos y procesamiento, para realizar el modelamiento bidimensional resulta practico debido a la cantidad y variedad de datos de ingreso que se requiera (Bladé et al., 2014).

En el preproceso realizaremos el ingreso de datos mientras en el proceso se lleva a cabo la simulación hidráulica para que finalmente en el posproceso visualizar los resultados obtenidos.

#### 2.3.5. Sistema de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) o también Geographic Information System (GIS) en sus siglas en inglés, es un software muy utilizado actualmente el cual cuenta con un conjunto de componentes de programas y las aplicaciones de un ordenador el cual sirve para hacer un manejo de mapas, entre sus tipos tenemos aquellos para realizar modelamiento de la geografía de la tierra como las capas ráster (el cual está conformado por celdas cuadradas o pixeles) y la capa vector (el cual es un conjunto de líneas, puntos y polígonos) (Mancebo et al., 2008).

También se cuenta con el análisis espacial mediante los MDE, el cual nos muestra una perspectiva más compleja de manejo el cual es un recurso primordial para analizar el ordenamiento de un territorio y hacer una planificación urbana (Contreras y Odriozola, 2016).

#### ➤ Aplicación de los SIG en el Análisis de Riesgos

La utilización de los SIG nos facilita la realización de mapas temáticos, en el cual se puede evaluar diferente tipo de información como topografía, precipitación pluvial, geología y cobertura vegetal el cual podría inducir en una probabilidad de erosión, mediante la combinación de la información se tendrá un nuevo resultado que nos permitirá hacer una mejor planificación y evaluación de las amenazas y proponer soluciones mediante la identificación de áreas que no sufran inundaciones (Maskrey, 1998).

### 2.3.6. Peligro por Inundación

Se puede definir en base a ciertos criterios como la velocidad y tirante del agua que se alcanza en las calles, ríos y arroyos (Alcocer et al., 2016).

#### ➤ Inundación

Se generan a partir de las lluvias intensas o continuas que sobrepasan la capacidad de campo del suelo así superando el volumen máximo de recorrido del río y provocando que el cauce principal llegue a desbordar e inundar las áreas adyacentes (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2014).

#### ➤ Tipos de Inundación

##### ▪ Por su Origen

##### - Inundaciones pluviales

Son aquellas que se generan por la acumulación de las lluvias intensas persistentes en un lugar determinado (CENEPRED, 2014).

##### - Inundaciones fluviales

Se generan por el desborde de los ríos y arroyos debido al aumento del volumen de agua que es capaz de transportarse sin lograr su desborde, como consecuencia del exceso de las lluvias (CENEPRED, 2014).

#### ➤ Peligro

Es la probabilidad que un fenómeno de origen natural muy dañino ocurra en un determinado lugar, con cierta intensidad y en un determinado tiempo y frecuencia (CENEPRED, 2014).

#### ➤ Estudio del Peligro

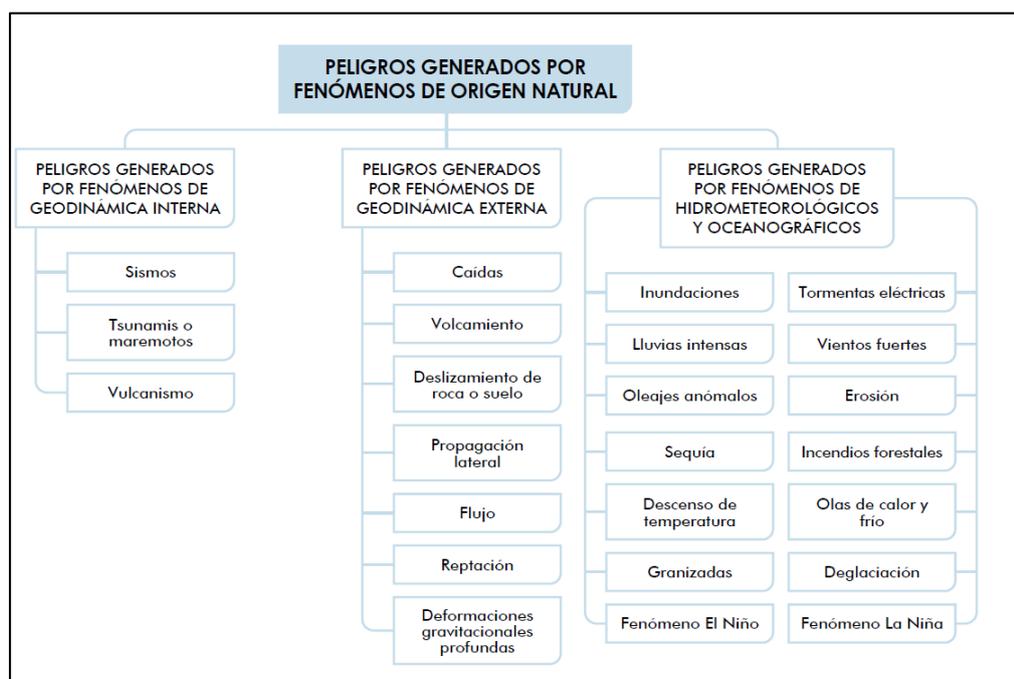
Al realizar la evaluación del peligro estamos estimando o valorando la ocurrencia de un fenómeno en base a su mecanismo generador (CENEPRED, 2014).

➤ Clasificación del Peligro de Origen Natural

Dentro de la clasificación del peligro por su origen tenemos los que son generados por los fenómenos naturales (hidrometeorológicos y oceanográficos, geodinámica interna y externa) y aquellos inducidos por la acción humana; Dentro del peligro que son generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos tenemos las inundaciones (CENEPRED, 2014).

**Figura 7**

*Clasificación del peligro de origen natural*



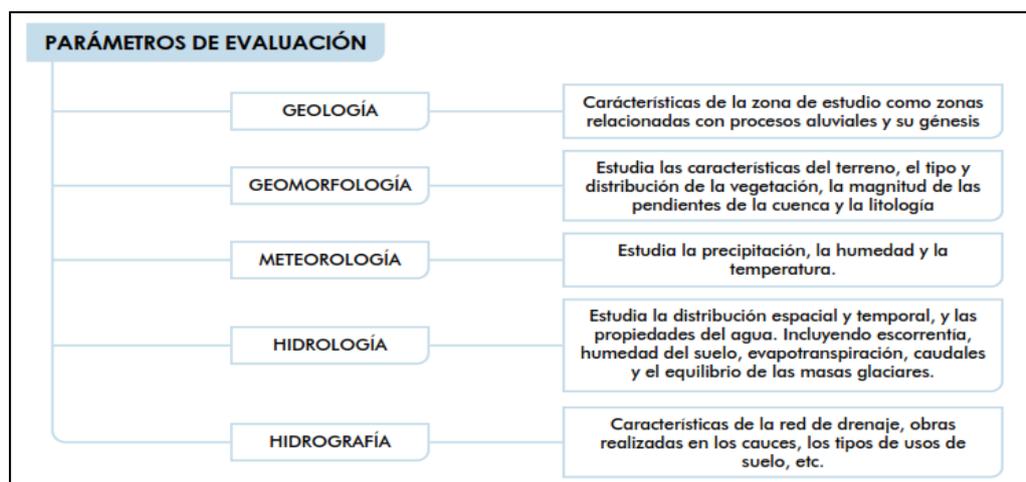
*Nota.* Clasificación del peligro originados por fenómenos naturales. Tomado de CENEPRED, 2014, p.22.

➤ Parámetros de Evaluación

Los parámetros que se utilizarán para la evaluación de la inundación dependerá del nivel de detalle y del lugar donde se realizará (CENEPRED, 2014).

**Figura 8**

*Parámetro en la evaluación de inundaciones*



*Nota.* Descripción de los parámetros para la evaluación en una inundación. Tomado de CENEPRED, 2014, p.76.

➤ **Susceptibilidad**

Es la tendencia a que un fenómeno ocurra en un lugar determinado lo cual dependerá de los sus factores condicionantes y desencadenantes (CENEPRED, 2014).

▪ **Factor Condicionante**

Son aquellos parámetros que caracterizan el área de estudio el cual condicionan de manera correcta o no al desarrollo del fenómeno de origen natural como son la geología, geomorfología, fisiografía e hidrología (CENEPRED, 2014).

▪ **Factor Desencadenante**

Son aquellos parámetros que desencadenan eventos que están relacionados a producir peligro en un área determinada, los cuales pueden ser generados por factores hidrometeorológicos, geológicos e inducidas por el ser humano (CENEPRED, 2014).

➤ **Método Multicriterio, Análisis Jerárquico**

Se conceptualiza en realizar la ponderación de los criterios, sub criterios y de los descriptores mediante el análisis jerárquico que fue elaborado por Thomas Saaty, lo cual es una herramienta muy útil en la toma de decisiones complejas y

ayuda a quien realiza investigación en la toma de decisiones y la realización de comparaciones, lo que reduce el sesgo, se basa en las matemáticas que trabaja con pares ordenados de mayor importancia, preferencia o probabilidad de los pares en función de su criterio que se representa en la jerarquía de decisiones (Martinez, 2017).

El análisis se realiza mediante una matriz cuadrada de filas y columnas del mismo número y su representación matemática es la siguiente (CENEPRED, 2014).

$$A = A_{ij} \quad (37)$$

Para calcular los pesos ponderados se realiza mediante la matriz de comparación en referencia a la escala de Saaty, en el cual se sumará de forma vertical los elementos de cada columna, obteniendo la matriz normalizada a partir de esta se obtendrá el vector prioridad donde se tendrá los pesos ponderados, la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1 (CENEPRED, 2014).

Para determinar la Relación de la Consistencia (RC), primero debemos de multiplicar cada valor de la matriz de la primera columna pareada por la prioridad relativa del primer elemento y de los demás, también se debe sumar cada valor de las filas para obtener un vector de valores que se denomina Vector Suma Ponderada (VSP), segundo debemos dividir cada elemento del vector suma ponderada entre su valor prioridad en cada uno de sus criterios y obtener el lambda máximo y el Índice de Consistencia (IC) que tiene relación con la RC, donde el Índice Aleatorio (IA) es aquel índice de la matriz de comparación que se genera (CENEPRED, 2014).

El índice de consistencia y la relación de consistencia está dado por las siguientes ecuaciones (CENEPRED, 2014).

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (38)$$

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (39)$$

Aquellos valores de índice aleatorio para los diferentes “n” se obtuvieron mediante la simulación de 100,000 matrices las cuales se muestran en la siguiente tabla. El proceso de análisis jerárquico cuenta con una escala de Saaty de clasificación numérica y verbal.

➤ Niveles de Peligro

Dependerá del análisis de cada lugar de trabajo, donde las áreas de peligro podrán estratificarse en cuatro niveles (bajo, medio, alto y muy alto) y se le asignara colores adecuados a cada nivel obtenido (CENEPRED, 2014).

## 2.4. Definición de Términos

➤ Peligro natural

Es la probabilidad que ocurra un fenómeno natural potencialmente dañino, con cierta magnitud y en un determinado periodo para un lugar específico (INDECI-PNUD, 2004).

➤ Peligro inminente

Es el fenómeno de origen natural o provocado por la actividad humana con alta probabilidad de ocurrencia y desencadenamiento del impacto hacia la población y su entorno (CENEPRED, 2014).

➤ Desastre

Es el conjunto de daños y pérdidas que ocurre como consecuencia del impacto de un peligro o amenaza (CENEPRED, 2014).

➤ Prevención

Conjunto de acciones y medidas realizadas para proporcionar una protección duradera contra los efectos de un desastre (CENEPRED, 2014).

➤ Inundaciones

Es el desbordamiento lateral de las aguas de ríos, lagos y océanos, que cubren temporalmente los terrenos bajos y las riberas adyacentes, denominadas áreas inundables (INDECI-PNUD, 2004).

## III.MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación tiene un tipo de investigación *descriptivo* en la cual se describirá las posibles áreas de inundación debido a las precipitaciones máximas de 24 horas, para luego tener una investigación *Aplicativo* con lo cual determinaré los niveles de peligro con el uso de los SIG y clasificarlos con ayuda del manual del CENEPRED v2. También, presenta un enfoque *cuantitativo* debido al cálculo de datos numérico y estadísticos.

### 3.2. Diseño de Investigación

Cuenta con un diseño de investigación *no experimental* ya que no se alteraron intencionalmente las variables independientes en estudio. Además, tiene un diseño de *corte transversal descriptivo* debido a que solo se obtuvo información en un momento y tiempo cuyo propósito fue analizar la variable dependiente en función de la variable independiente.

### 3.3. Descripción de la Zona de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la parte baja de la quebrada Atoc Huacanca, la cual pertenece a la Microcuenca Atoc Huacanca cuyas aguas desembocan al río Santa, como se puede apreciar en el Mapa A-01 se muestra la ubicación geográfica de la zona de estudio, cuyo clima está relacionado con la topografía y los pisos altitudinales que varían entre climas fríos, secos y templados, presenta una cobertura vegetal variada con zonas de pastizales y arbustos y vegetación escasa, con lagunas y una variedad en su fauna.

#### 3.3.1. Ubicación Política

Departamento : Ancash  
Provincia : Recuay  
Distrito : Recuay  
Centro Poblado : Huancapampa

### **3.3.2. Ubicación Geográfica**

Ubicación del centroide de la microcuenca Atoc Huacanca, Datum WGS 84 Zona 18S

Norte : 237579  
Este : 8926377  
Altitud : 3982 m.s.n.m.

## **3.4. Materiales**

### **3.4.1. Información Cartográfica y Satelital**

La información cartográfica se obtuvo de estudios realizados en formato digital, así como también información en formato shapefile de los diferentes geoservidores como la carta nacional 20-i (Recuay), límite distrital, provincial y departamental elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a una escala 1: 100 000, además shapefile del parque Nacional Huascarán elaborado por el SERNANP, centros poblados elaborados por el MINEDU, ríos y lagunas, geología, geomorfología, las cuales fueron tomadas de la ANA e INGEMMET, respectivamente.

La información satelital del modelo digital de elevación DEM se obtuvo de Alaska Satellite Facility (ASF) del satélite Alos Palsar, también una imagen satelital Landsat LC08\_L2SP\_008067\_20220616\_20220629\_02\_T1 y una imagen de alta resolución de SAS Planet.

### **3.4.2. Información Geodésica y Topográfica**

La información Geodésica se obtuvo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la estación GNSS de rastreo permanente AN05 realizando la lectura de dos puntos bases (BM) mediante un GPS diferencial.

La información topográfica se obtuvo mediante el levantamiento topográfico con un equipo topográfico estación total, desde la desembocadura del río Atoc Huacanca hacia una longitud de 1.2 Km de longitud hacia aguas arriba, así también los márgenes respectivos del río y las zonas de interés que está dentro de la evaluación del presente estudio todo ello se realizó en el mes de mayo del 2023.

### 3.4.3. Información Pluviométrica

La información pluviométrica utilizada en la presente investigación fue solicitada y obtenida directamente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), además de las páginas oficiales de la ANA (SNIRH) y SENAMHI (descarga de datos) y de otros trabajos de investigación para una corroboración y verificación respectiva y así garantizar la confiabilidad de la información respecto a precipitación máxima de 24 horas de cuatro estaciones pluviométricas las cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

*Estaciones pluviométricas cercanas al área de estudio*

Estación	Coordenadas geográficas		
	Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (m.s.n.m)
Huaraz	09° 32' 3.2"	77° 31' 53.7"	3052
Recuay	09° 43' 45.1"	77° 27' 13.15"	3431
Milpo	09° 53' 0"	77° 14' 0"	4400
Chavín	09° 35' 9.54"	77° 10' 30.94"	3140

*Nota.* Coordenadas geográficas de las estaciones pluviométricas utilizadas en el estudio.  
Fuente: SENAMHI, 2023.

### 3.4.4. Equipos, materiales y Softwares

#### ➤ Equipos

- GPS diferencial South G6
- GPS navegador Garmin 64SX
- Estación total Leica TCR 1203 Plus
- Cámara fotográfica
- Laptop Lenovo, procesador Core i7
- Impresora EPSON L455

#### ➤ Materiales

- Libreta de campo
- Flexómetro
- Bolsas para muestras
- Barreno
- Plumón y lapiceros

- Softwares
  - Hydrognomon 4
  - Hidroesta 2
  - Hec-Hms 4.3
  - Iber 2.5.2
  - AutoCAD Civil 3D 2021
  - ArcGIS 10.5
  - Envi 5.3
  - Google Earth Pro
  - Microsoft Office 2019

### 3.5. Parámetros a Evaluar

Los parámetros que se trabajaron y estudiaron para la determinación de los niveles de peligro en áreas inundables son:

- Parámetro de Evaluación
  - Altura de inundación
- Parámetro Desencadenante
  - Precipitación máxima de 24 horas
- Parámetro Condicionante
  - Pendiente
  - Geología
  - Geomorfología

### 3.6. Operacionalización de Variables

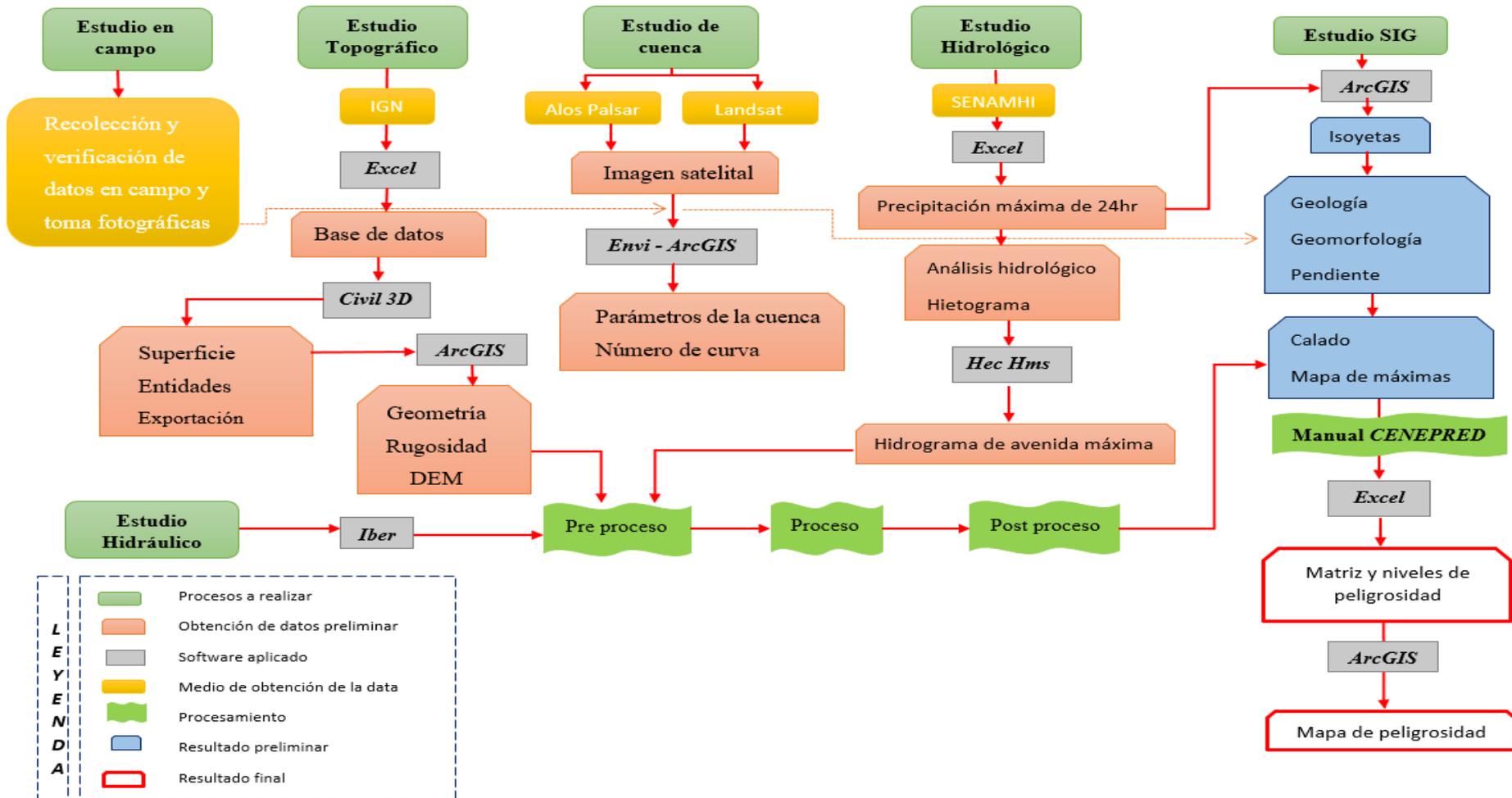
- Variable Independiente
  - Precipitación máxima de 24 horas
  - Caudal máximo
  - Altura de Inundación
- Variable Dependiente
  - Niveles de peligro

### 3.7. Metodología

Para cumplir con el objetivo planteado se presenta a continuación un flujograma de la metodología a seguir la cual consiste en diferentes estudios previos las que se describiría posteriormente cada uno de ellos.

**Figura 9**

*Flujograma metodológico*



Nota. Se presenta la metodología a seguir en el presente estudio. Fuente: Elaboración propia.

La metodología consistió en dos fases, *Fase de Campo* (Se desarrolló desde el inicio del presente estudio hasta su finalización con recopilación de información en campo, fotografías, levantamiento topográfico, extracción de muestras de suelo y verificación de otros estudios) y *Fase de Gabinete* (Se desarrolló en la compilación de la información recopilada en campo y el procesamiento de la misma), ambas fases están relacionadas para su debido desarrollo, así también para su contrastación de cada resultado obtenido, cuya metodología se presenta a continuación.

### **3.7.1. Estudio de la Microcuenca**

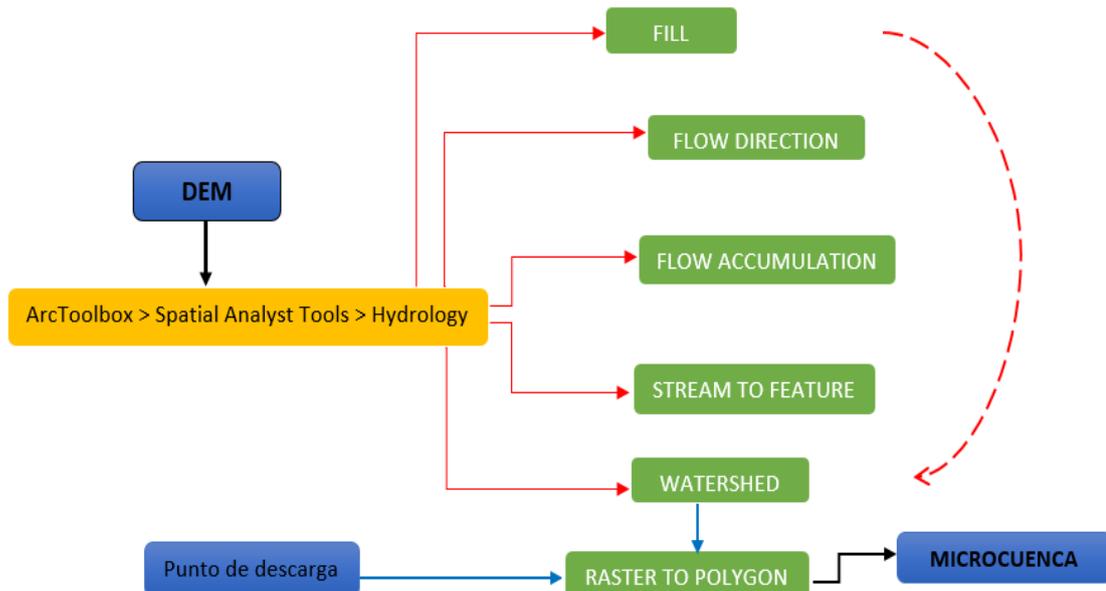
#### ➤ Delimitación de la microcuenca Atoc Huacanca

Para realizar la delimitación de la zona en estudio (microcuenca Atoc Huacanca), se empleó el software ArcGIS 10.5 mediante las diferentes herramientas que contiene y con el uso de un DEM del ASF con respecto al satélite Alos Palsar de una resolución de 12.5 metros se procedió a realizar la delimitación de la microcuenca en estudio.

Se tiene como dato de ingreso el DEM, el cual mediante la herramienta de ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>Hydrology y los diferentes procesos y la metodología planteada que se muestra en la Figura 10 en color verde en el orden indicado, llegando hasta el último proceso en el cual se hace el ingreso de un punto de descarga (Salida-Aforo) el cual se verificó en campo, así para obtener la Microcuenca delimitada y en la cual se obtendrá sus parámetros geomorfológicos y otros datos de interés.

**Figura 10**

*Metodología para la delimitación de la microcuenca*



*Nota.* Se presenta la metodología utilizada en la delimitación de la microcuenca en el entorno de ArcGIS. Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.2. Estudio Hidrológico

#### ➤ Selección del periodo de retorno

Para poder obtener los periodos de retornos en la presente investigación se tuvo en cuenta la ocurrencia de un evento la cual está representada mediante la Ecuación 1 la cual tiene relación con el riesgo que se muestra en la Ecuación 2, en la que se tuvo en cuenta el factor riesgo y la vida útil de las posibles obras a considerar.

#### ➤ Cálculo del tiempo de concentración y retardo

El tiempo de concentración y retardo (tlag) son datos necesarios para realizar el modelamiento hidrológico, el tiempo de concentración se obtuvo de las características geomorfológicas de la microcuenca y mediante las Ecuaciones 3 al 8, mediante el promedio de los diferentes valores obtenidos y el tiempo de retardo mediante la Ecuación 11.

#### ➤ Selección de las estaciones meteorológicas

Para seleccionar las estaciones en el presente estudio se realizó la ubicación de cada una de ellas que contaba con información de precipitación máxima de 24 horas y

que estén más cercanas a la zona de estudio, a través del software ArcGIS y mediante la herramienta de polígonos de Thiessen se logró apreciar la influencia de cada una de las estaciones en la zona de estudio y así poder seleccionar las estaciones más cercanas en su influencia, con las que se realizó el estudio hidrológico.

➤ Cálculo de la precipitación máxima de 24 horas

La información para realizar el cálculo y análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas de las estaciones anteriormente seleccionadas se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), además fue contrastada con la página oficial de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)-SNIRH y tesis donde se registra información de precipitación máxima de 24 horas del periodo histórico. Luego se continuó con los siguientes pasos para el análisis respectivo.

- Recopilación y ordenamiento de los datos de precipitación máxima de 24 horas del registro histórico de cada estación y gráfico del histograma.
- Análisis estadístico de los datos dudosos, estos datos son puntos de información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante la cual se realizó mediante el software Excel, en la cual se analizó la información de precipitación de 24 horas histórico de cada estación en base a sus datos de máximos, mínimos, desviación estándar, media, umbral superior e inferior mediante las Ecuaciones 12 y 13, con respecto al valor recomendado  $K_n$  que se muestra en la Tabla 1 y así poder determinar si la información tiene datos dudosos o no.
- La prueba de bondad de ajuste se representará mediante la gráfica de probabilidades y mediante el análisis de la probabilidad y la probabilidad empírica de Weibull a través de la Ecuación 14. Con cada valor observado y esperado a cada uno de los modelos probabilísticos: Normal, Log Normal, Pearson III, Gumbel, y Log Pearson III, mediante las Ecuaciones 15 al 21, todo ello a cada estación en estudio.
- Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, en la cual se compara el máximo valor absoluto de la diferencia entre la función de distribución de probabilidad y la asignada de Weibull mediante la Ecuaciones 22 y 23 en cada modelo probabilístico, utilizando los valores críticos que se muestran en la Tabla 2 con un nivel de

significancia del 5% y así obtener el mejor ajuste, esto se realizó en una hoja de cálculo Excel como también con los softwares Hydrognomon y Hidroesta para su verificación.

- Con la mejor distribución de ajuste obtenida en cada estación de estudio se evaluó en diferentes periodos de retorno la precipitación máxima de 24 horas.
- Debido a la falta de información de estaciones que registran información de precipitación dentro de una cuenca de estudio y además por pertenecer a la misma cuenca del Santa. Se realizó un análisis regional respecto a las precipitaciones máximas de 24 horas en diferentes periodos de retorno, en la que se plantea una relación de (Altitud vs Precipitación) mediante el análisis de regresión lineal (Pachac, 2015). El cálculo de regionalización se realizó para cada periodo de retorno en una hoja de cálculo Excel mediante la siguiente ecuación.

$$P_{24} = a + bZ \quad (40)$$

Dónde:

$P_{24}$  = Precipitación máxima de 24 horas (mm)

a,b = Coeficientes de regresión (adimensional)

Z = Elevación del lugar (m.s.n.m)

- Mediante la regionalización elaborada en base a las estaciones más cercanas al área de estudio se logró determinar la precipitación máxima de 24 horas mediante el uso de un modelo de precipitación en base a un DEM de la cuenca de resolución de 12.5 metros en el entorno de ArcGIS, para luego obtener los mapas de Isoyetas. Para realizar los mapas de isoyetas la interpolación Kriging resulta muy buena con el uso de datos de precipitaciones (Zucarelli et al., 2014), además es un método geoestadístico más frecuente utilizado en el análisis de precipitaciones máximas (Díaz, 2012), luego de analizar varios métodos de interpolaciones para generar las isoyetas se consideró el método Kriging por ser más consistente y el cual genera mejores resultados (Ochoa y Quispe, 2010). En referencia a lo mencionado se utilizó la interpolación del método de Kriging para realizar las isoyetas con información de precipitación máxima de 24 horas en cada periodo de retorno mediante la siguiente ecuación y siguiendo los siguientes pasos.

$$P_{24hr} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} A_i \quad (41)$$

Dónde:

$P_{24hr}$  = Precipitación máxima de 24 horas en cada periodo de retorno (mm)

$A_T$  = Área total de la cuenca

$P_i$  = Altura de precipitación de la Isoyeta  $i$

$A_i$  = Área parcial comprendida entre las Isoyetas  $P_{i-1}$  y  $P_i$

$n$  = Número de áreas parciales

Pasos a seguir en el entorno de ArcGIS

1. Arc toolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator
2. Arc toolbox > Data Management Tools > Sampling > Create Random Points
3. Arc toolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract Multivalued to Points
4. Arc toolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolation > Kriging
5. Arc toolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Contour

- De las isoyetas generadas se obtendrá las precipitaciones máximas de 24 horas de la microcuenca para cada periodo de retorno.
- La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en su guía de prácticas hidrológicas recomienda realizar una corrección a los datos de precipitaciones que registran sus datos una vez al día multiplicando por un factor de ajuste de 1.13, es así para las estaciones en estudio la medición de las precipitaciones se realizan una vez al día, para lo cual se realizó la corrección a los valores de precipitaciones máximas de 24 horas obtenidas de las isoyetas para cada periodo de retorno.
- A las precipitaciones máximas de 24 horas se debe realizar un análisis para conocer su distribución respecto a la duración de la lluvia la cual permite la elaboración de las curvas IDF, para lo cual para lluvias entre una y 48 horas se tienen coeficientes de duración de lluvia como se muestra en la Tabla 3 con las que se realizó la precipitación de diseño, tomando así un intervalo de tiempo entre una y 24 horas en referencia al tiempo de concentración de la microcuenca y la precipitación máxima de 24 horas, se procedió a calcular la precipitación de diseño mediante los

coeficientes de lluvia y las precipitaciones máximas de 24 horas corregidas en cada periodo de retorno.

- La intensidad de diseño se realizó con la Ecuación 24 en relación de la precipitación de diseño y su duración en cada periodo de retorno.
- La elaboración de curvas IDF se realizó mediante un modelo de regresión lineal múltiple y con la Ecuación 26 se logró obtener la ecuación de intensidad máxima de la microcuenca Atoc Huacanca, para los periodos de retorno establecidos, en lo cual mediante un gráfico se puede apreciar la duración y la intensidad.

➤ Elaboración de los hietogramas

La elaboración del hietograma se realizó mediante el método de bloque alternos para los diferentes periodos de retorno, así como la gráfica respectiva en diferentes intervalos de tiempo para poder apreciar la variación que tiene.

➤ Cálculo del número de curva (CN) y abstracción inicial

El número de curva es un índice para poder estimar la escorrentía en una cuenca a partir de la precipitación la cual está dada con un valor de  $NC=100$  cuando la retención es igual a cero, presente en suelos absolutamente impermeables, mientras tenga un valor de  $NC=0$  es cuando no hay retención y todo es filtrado al suelo permeable.

Al haberse hecho el estudio de muchas cuencas pequeñas de manera experimental se obtuvo una ecuación empírica con respecto a la retención potencial máxima, de la cual se obtiene la abstracción inicial, el número de curva y la retención las cuales tienen relación, originalmente se presenta en un sistema ingles la cual es adaptada al sistema internacional para su cálculo respectivo las cuales se presentan en las siguientes ecuaciones (Chow, 1994).

$$Ia = 0.2S \quad (42)$$

$$S = \frac{25400}{NC} - 254 \quad (43)$$

Dónde:

Ia = Abstracción inicial (mm)

S = Retención potencial máxima (mm)

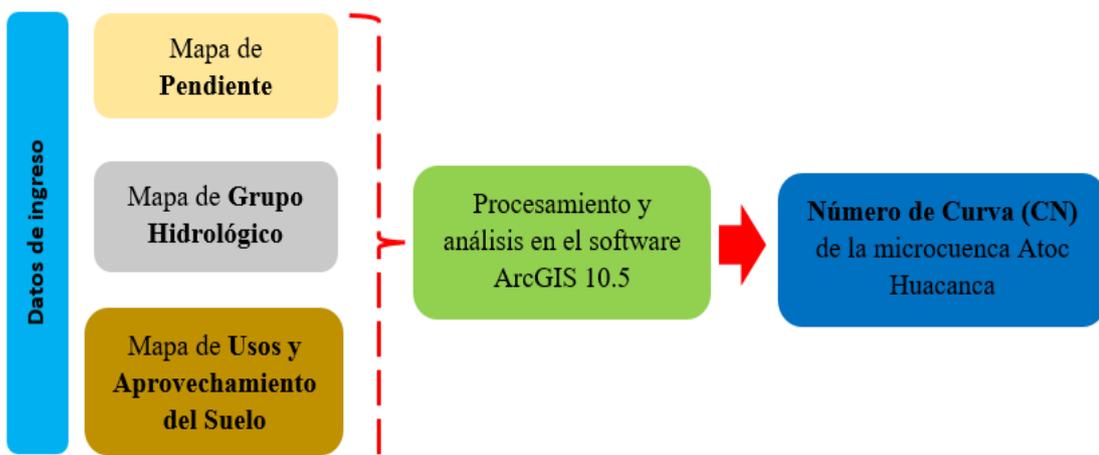
NC = Número de curva

Para poder obtener el valor del número de curva se determinó los siguientes parámetros como son: pendiente, grupo hidrológico y usos aprovechamiento del suelo, mediante diversas coberturas del tipo matricial con sus respectivas características físicas y geomorfológicas de la cuenca, estas coberturas fueron clasificadas mediante números primos para así obtener el número de curva en cada celda. Se realizó mediante la metodología propuesta por Témez (1987) mediante tablas del NC y el uso de los sistemas de información geográfica (ArcGIS) e imágenes satelitales (Dal-Ré, 2003).

Se presenta la metodología empleada para la obtención del número de curva, para lo cual cada parámetro se evaluará independientemente.

### Figura 11

*Metodología para la obtención del número de curva*



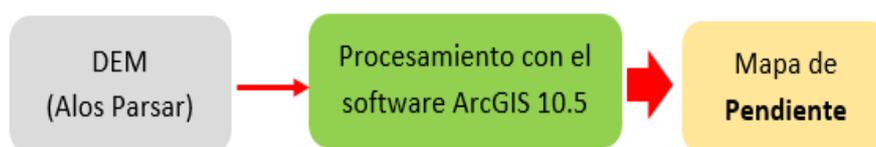
*Nota.* Procesos para la generación del número de curva con ArcGIS. Fuente: Elaboración propia.

- Pendiente

Se realizó a partir de un DEM del ASF del satélite Alos Parsar con una resolución de 12.5 metros, la cual se trabajó en el software ArcGIS mediante las herramientas de (ArcToolbox-Surface-Slope-Reclassify) y así finalmente reclasificar en porcentaje y en los rangos establecidos en condiciones hidrológicas para su infiltración, Témez considera que las pendientes son buenas si es menor al 3% asignando un número primo de (Código =1) y son malas cuando las pendientes son mayor o igual a 3% asignándole un número primero de (Código =2) asignado en un nuevo campo de la tabla de atributos.

### Figura 12

*Procedimiento para obtener el mapa de pendiente*



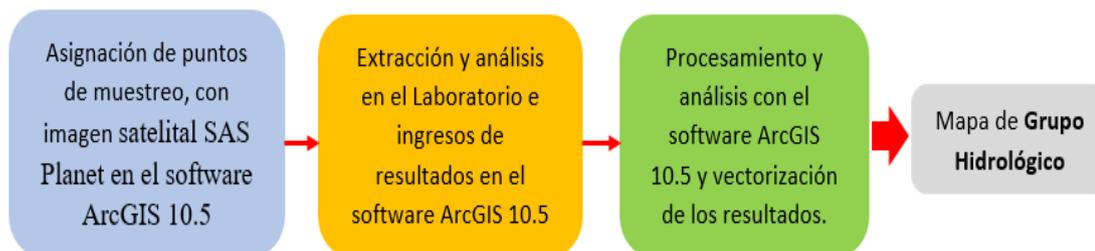
*Nota.* Mapa de pendiente elaborado en base al DEM inicial. Fuente: Elaboración propia.

- Grupo Hidrológico

Para obtener el grupo hidrológico consistió en realizar un estudio de suelo basado en el trabajo de campo y gabinete mediante la extracción de muestras de suelos la cual se realizó en dos fases, la primera fase consistió en la visualización y asignación de puntos de muestreo mediante la imagen satelital del SAS Planet en el software ArcGIS, en la cual se realizó 10 puntos de muestreo las cuales fueron llevados al Laboratorio de Suelos y Agua de la UNASAM para así tener un primer panorama de la clase de textura del suelo, con una primera información ya obtenida se realizó la segunda fase la cual consistió también en la visualización y asignación de puntos de muestreo mediante la imagen satelital SAS Planet en el software ArcGIS con 20 puntos más de muestreo para garantizar una adecuada interpolación y análisis de la textura del suelo en el área de estudio. La clase textural se realizó en base a la Tabla 5 y la asignación de los números primos mediante los grupos hidrológicos se realizó con la Tabla 6, mediante el siguiente procedimiento.

**Figura 13**

*Procedimiento para obtener el mapa de grupo hidrológico*



*Nota.* Procedimiento realizado en campo y gabinete. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5**

*Clases texturales del USDA y grupos hidrológicos*

Clases Texturales			
<b>Grupo A:</b>	Arenosa	<b>Grupo B:</b>	Franco-limosa
	Arenoso-franca		Franca
<b>Grupo C:</b>	Franco-arenosa	<b>Grupo D:</b>	Limosa
	Franco-arcillo-arenosa		Arcillo-arenosa
	Franco-arcillo-limosa		Arcillo-limosa
	Franco-arcillosa		Limosa

*Nota.* Clasificación de los principales grupos hidrológicos y clases texturales representativas. Tomado de Dal-Ré, 2003, p.95.

**Tabla 6**

*Codificación de los grupos hidrológicos del suelo*

Grupo Hidrológico	Descripción	Código
<b>A</b>	Suelos profundos muy permeables, incluso saturados, con tanto por ciento elevado de arenas o gravas y con poco o nada de limo y arcillas.	3
<b>B</b>	Suelo de permeabilidad moderada cuando ya están saturados, franco-arenosos, menos profundos que los del grupo A.	5
<b>C</b>	Suelos poco permeables cuando ya están saturados, franco-arcilloso o que presentan algún estrato impermeable que hace difícil la infiltración.	7
<b>D</b>	Suelos con gran impermeabilidad, arcillosos, profundos o que poseen un subsuelo muy impermeable.	11

*Nota.* Asignación de código de número primo a cada grupo hidrológico. Tomado de Dal-Ré, 2003, p.105.

## ▪ Usos y Aprovechamiento del Suelo

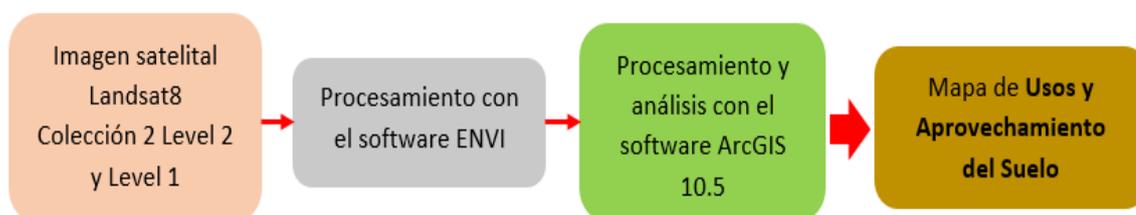
La información del uso y aprovechamiento del suelo de una cuenca es importante debido a que se realiza procesos de interpretación y fotointerpretación para lo cual se realizó con el uso de una imagen satelital Landsat LC08\_L2SP\_008067\_20220616\_20220629\_02\_T1 la cual fue obtenida del Earth Explorer USGS, la cual es Landsat8 Colección 2 Level 2 y también la imagen Landsat8 Colección2 Level 1 en su banda 8 pancromática la cual tiene una resolución espacial de 15 metros, el procesamiento se realizó en el software de Envi, previamente realizando la corrección del metadato y hacer el re escalamiento adecuado siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Cargamos nuestra imagen corregida Landsat8 colección 2 level 2 (resolución espacial 30 m) y también la banda 8 de Landsat8 colección 2 level 1 (resolución espacial 15 m).
- ✓ Cargamos nuestra área de estudio (microcuenca) en formato shapefile.
- ✓ En la caja de herramientas Toolbox-Regions of Interest-Subset Data from ROIs, procedemos a hacer un recorte de la imagen satelital para nuestra área de estudio.
- ✓ En Toolbox-Image Sharpening-Color Normalized (Brovey) Sharpening, se unirá las dos imágenes mencionadas para tener una mejor resolución espacial de 15 metros, la cual se exportará para trabajar en el software ArcGIS.
- ✓ Se cargará la imagen trabajada en Envi, ahora en el software de ArcGIS, también se cargará las muestras de suelo para proceder a realizar la firma espectral y una clasificación supervisada trabajada a una escala de 1:30 000.
- ✓ Mediante las herramientas (Arctool box- Spatial Analyst Tools-Multivariate-Maximum Likelihood Classification) se realizará la clasificación por máxima verosimilitud.
- ✓ Con el resultado tendremos un raster que se convertirá a un vector para un mejor trabajo, agregando un campo para la asignación del número primo respectivo.

Se utilizó el método de número de curva propuesta por Témez (1987) en la asignación del uso y aprovechamiento de suelo mediante sus respectivos números primos que se muestra en la Tabla 7, mediante el siguiente procedimiento.

**Figura 14**

*Procedimiento para obtener el mapa de usos y aprovechamiento del suelo*



*Nota.* Aplicación de los softwares en la obtención del mapa de usos y aprovechamiento del suelo.  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7**

*Codificación de los usos y aprovechamientos del suelo*

Usos y aprovechamientos	Código
Barbecho R	13
Barbecho N	97
Cultivo en hilera R	17
Cultivo en hilera N	101
Cereales de Invierno R	19
Cereales de Invierno N	103
Rotación de cultivos pobres R	23
Rotación de cultivos pobres N	107
Rotación de cultivos densos R	29
Rotación de cultivos densos N	109
Pradera pobre	31
Pradera media	37
Pradera buena	41
Pradera muy buena	43
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	47
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal medio	53
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal bueno	59
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy clara	61
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) clara	67
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) media	71
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) espesa	73
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy espesa	79
Rocas permeables	83
Rocas impermeables	89

*Nota.* Asignación de código del número primo a cada uso y aprovechamiento del suelo.  
Tomado de Dal-Ré, 2003, p.106.

Para el cálculo del número de curva en cada celda de la microcuenca se asigna un número primo a cada valor de las coberturas (pendiente, grupo hidrológico, usos y aprovechamiento del suelo), se realiza la superposición de las coberturas añadiendo un nuevo campo el cual registra el producto de los tres valores de número primo, en la Tabla 8 se muestra los valores del NC en cada celda, mediante una reclasificación tendremos los valores de NC, además se añadió un nuevo campo “área” por cada número primo asignado con el cual se determinara mediante la siguiente ecuación el valor del número de curva.

$$NC = \frac{\sum_1^n NC_i \times A_i}{A} \quad (44)$$

Dónde:

$NC_i$  = Número de curva de cada sub área

$A_i$  = Sub áreas asignadas

A = Área total de la microcuenca

**Tabla 8**

*Número de curva propuesta por Témez y números primos correspondientes*

Usos y aprovechamiento de suelos	Cód. Uso	Pendiente	Cód. Pend	Grupos Hidrológicos del suelo							
				A 3	B 5	C 7	D 11				
Barbecho R	13	>=3	2	77	78	68	130	89	182	93	286
Barbecho N	97	>=3	2	74	582	82	970	86	1358	89	2134
Barbecho R	13	<3	1	71	39	78	65	82	91	86	143
Barbecho N	97	<3	1	71	291	78	485	82	679	86	1067
Cultivos en hilera R	17	>=3	2	69	102	79	170	86	238	89	374
Cultivos en hilera N	101	>=3	2	67	606	76	1010	82	1414	86	2222
Cultivos en hilera R	17	<3	1	64	51	73	85	78	119	82	187
Cultivos en hilera N	101	<3	1	64	303	73	505	78	707	82	1111
Cereales de Invierno R	19	>=3	2	63	114	75	190	83	266	86	418
Cereales de Invierno N	103	>=3	2	61	618	73	1030	81	1442	83	2266
Cereales de Invierno R	19	<3	1	59	57	70	95	78	133	81	209
Cereales de invierno N	103	<3	1	59	309	70	515	78	721	81	1133
Rotación de cultivos pobres R	23	>=3	2	86	138	77	230	85	322	89	506
Rotación de cultivos pobres N	107	>=3	2	64	642	75	1070	82	1498	86	2354
Rotación de cultivos pobres R	23	<3	1	63	69	73	115	79	161	83	253
Rotación de cultivos pobres N	107	<3	1	63	321	73	535	79	749	83	1177
Rotación de cultivos densos R	29	>=3	2	58	174	71	290	81	406	85	638
Rotación de cultivos densos N	109	>=3	2	54	654	69	1090	78	1526	82	2398
Rotación de cultivos densos R	29	<3	1	52	87	67	145	76	203	79	319
Rotación de cultivos densos N	109	<3	1	52	327	67	545	76	763	79	1199
Pradera pobre	31	>=3	2	68	186	78	310	86	434	89	682
Pradera media	37	>=3	2	49	222	69	370	78	518	85	814
Pradera buena	41	>=3	2	42	246	60	410	74	574	79	902
Pradera muy buena	43	>=3	2	39	258	55	430	69	602	77	946
Pradera pobre	31	<3	1	46	93	67	155	81	217	88	341
Pradera media	37	<3	1	39	111	59	185	75	259	83	407
Pradera buena	41	<3	1	29	123	48	205	69	287	78	451
Pradera muy buena	43	<3	1	17	129	33	215	67	301	76	473
Plantaciones regulares forestal pobre	47	>=3	2	45	282	66	470	77	658	83	1034
Plantaciones regulares forestal medio	53	>=3	2	39	318	60	530	73	742	78	1166
Plantaciones regulares forestal bueno	59	>=3	2	33	354	54	590	69	826	77	1298
Plantaciones regulares forestal pobre	47	<3	1	40	141	60	235	73	329	78	517
Plantaciones regulares forestal medio	53	<3	1	35	159	54	265	69	371	77	583
Plantaciones regulares forestal bueno	59	<3	1	25	177	50	295	67	413	76	649
Masa forestal (bosques, monte bajo,) muy clara	61			56	183	75	305	86	427	91	671
Masa forestal (bosques, monte bajo,) clara	67			46	201	68	335	78	469	83	737
Masa forestal (bosques, monte bajo,) media	71			40	213	60	355	69	497	76	781
Masa forestal (bosques, monte bajo,) espesa	73			36	219	52	365	62	511	69	803
Masa forestal (bosques, monte bajo,) muy espesa	79			29	237	44	395	54	553	60	869
Rocas permeables	83	>=3	2	94	498	94	830	94	1162	94	1826
Rocas permeables	83	<3	1	91	249	91	415	91	581	91	913
Rocas impermeables	89	>=3	2	96	534	96	890	96	1246	96	1958
Rocas impermeables	89	<3	1	93	267	93	445	93	623	93	979

*Nota.* Asignación de código del número primo para los tres parámetros y número de curva. Tomado de Dal-Ré, 2003, p.108.



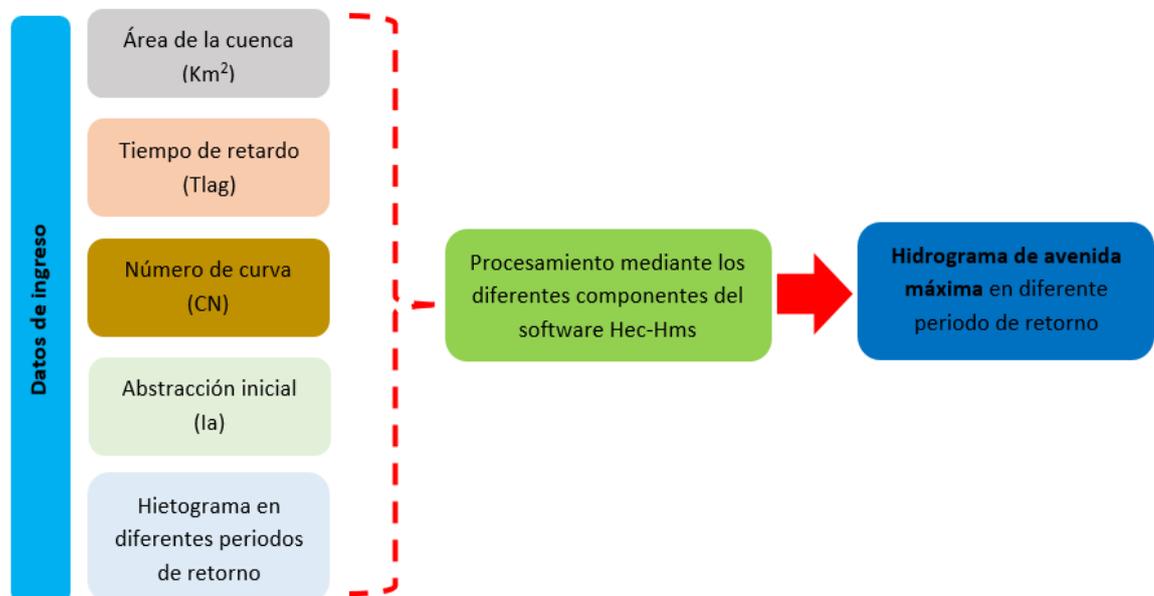
### 3.7.3. Modelamiento Hidrológico con el software Hec-Hms

#### ➤ Recopilación de información obtenida

Con la información antes obtenida se tendrá los datos principales para poder realizar el modelamiento hidrológico con el software Hec-Hms como es el área de la microcuenca, número de curva, abstracción inicial, tiempo de retardo y los hietogramas en los diferentes periodos de retorno, para que finalmente obtener los hidrograma de avenidas máximas y sus gráficas respectivas que es un dato primordial para continuar con el modelamiento hidráulico. A continuación, se muestra la metodología para la obtención del hidrograma de avenida máxima.

#### Figura 15

*Metodología para la obtención del hidrograma de avenida máxima*



*Nota.* Procesos para la obtención del hidrograma de avenida máxima con el software Hec Hms.

Fuente: Elaboración propia.

#### ➤ Descripción del modelo hidrológico

Para una mejor descripción del modelo y su secuencia en la ejecución de los procesos lo agruparemos en cuatro componentes. Iniciaremos con la creación del modelo, en el cual asignaremos el nombre y el método que vamos a utilizar como el hidrograma unitario sintético del SCS el cual usa una distribución de tiempo del volumen de lluvia en 24 horas.

- **Basin Model Manager**

En esta opción representaremos nuestra cuenca en estudio y definiremos los componentes y creación de elementos hidrológicos necesarios para la modelización. Para el ingreso de datos se necesita el área de una cuenca, abstracción inicial, lag time, parámetros de pérdida SCS curve number, parámetro de transformación lluvia-caudal mediante SCS unit hydrograph.

- **Time Series Data Manager**

El modelo necesita el ingreso de información meteorológica el cual será ingresado en Time series Data Manager, como registro del tiempo, intervalo de inicio y termino así también registro de precipitaciones mediante Precipitation Gages.

- **Meteorologic Model Manager**

Asignaremos el modelo meteorológico que usaremos el hietograma de precipitaciones antes creado, así como la selección de nuestra cuenca ya creada.

- **Control Specifications Manager**

Por último, se debe definir las especificaciones de los resultados lo que se presentaran en hidrogramas y resultados, definiremos los intervalos de tiempo y fecha de comienzo y termino de la lluvia y procesamos el modelo y obtenemos los resultados esperados, pueda que se presenten errores y así poder corregir.

### **3.7.4. Estudio Hidráulico**

- **Levantamiento geodésico**

Para realizar un trabajo preciso y confiable en la toma de datos se realizó el levantamiento geodésico en el área de estudio mediante un GPS diferencial South g6 cuya lectura de coordenadas se realizó en un intervalo de tiempo de tres horas en cada uno de los dos puntos geodésicos de Orden “C” (Orden de punto de control para trabajos en áreas urbanas y rurales, para el desarrollo de proyectos básicos de ingeniería y desarrollo urbano rural con una precisión a un nivel máximo de 10 mm), los cuales fueron monumentados adecuadamente para su lectura, cuyos puntos geodésicos requieren la recepción de un punto geodésico de orden superior, para lo

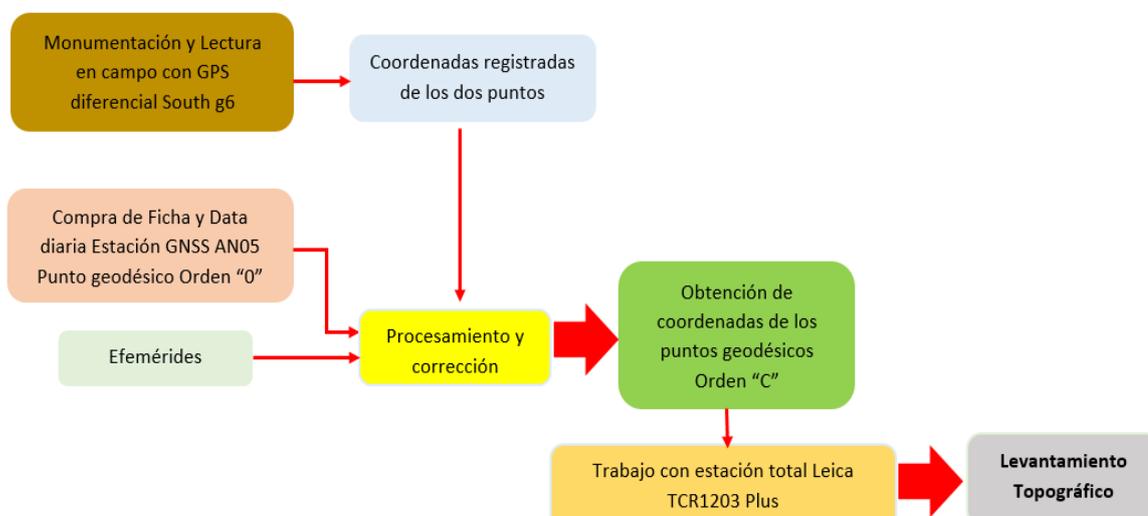
cual realice la compra del IGN la ficha y data diaria de la estación Global Navigation Satellite Systems (GNSS) de rastreo permanente de código nacional AN05 de orden “0” la cual se ubica en la ciudad de Huaraz, la cual tiene influencia de hasta 100 km lo cual abarca el área de estudio.

➤ Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en base a los dos puntos BM de orden “C” monumentados anteriormente, mediante una estación total Leica TCR1203 Plus y tomando puntos de intercambio, finalmente se obtuvo los puntos topográficos del área de estudio, mediante la siguiente metodología.

**Figura 16**

*Metodología para realizar el levantamiento topográfico*



*Nota.* Procesos para realizar el levantamiento geodésico y topográfico del área de estudio.  
Fuente: Elaboración propia.

➤ Procesamiento de la topografía

El procesamiento de la información de los puntos topográficos se realizó con el software AutoCAD Civil 3D para poder obtener la superficie, curvas de nivel y demás elementos obtenidos del trabajo en campo. Con el software ArcGIS y la información resultante de la topografía (curvas de nivel) obtuve un DEM del área de estudio.

➤ Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning del área de estudio se realizó mediante el trabajo de campo (Fotografía, ubicación de puntos con GPS) y trabajo en gabinete (Verificación del área de estudio mediante imagen satelital, puntos tomados con GPS), la asignación del coeficiente de Manning para la superficie del cauce natural fue realizada mediante la metodología de Cowan mediante la Ecuación 27 y la Tabla 9 donde se muestran dichos valores.

**Tabla 9**

*Coeficiente de rugosidad*

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	0.020	
	Corte en roca	0.025	
	Grava fina	no	0.024
	Grava gruesa	0.028	
Grado de irregularidad	Suave	0.000	
	Menor	n1	0.005
	Moderado	0.010	
Variaciones de la sección transversal	Severo	0.020	
	Gradual	0.000	
	Ocasionalmente alternante	n2	0.005
Efecto relativo de las obstrucciones	Frecuentemente alternante	0.010-0.015	
	Insignificante	0.000	
	Menor	n3	0.010-0.015
	Apreciable	0.020-0.030	
Vegetación	Severo	0.040-0.060	
	Baja	0.005-0.010	
	Media	n4	0.010-0.025
Grado de los efectos por meandros	Alta	0.025-0.050	
	Muy alta	0.050-0.100	
	Menor	1.000	
	Apreciable	m5	1.150
	Severo	1.300	

*Nota.* Valores para determinar el coeficiente de rugosidad. Tomado de Chow., 1994, p.105.

Con respecto a las demás áreas se consideró los valores que se muestran en la Tabla 10 de coeficientes de rugosidad para planicies de inundación todo ello se realizó en una hoja de cálculo Excel y posterior en el software ArcGIS.

**Tabla 10**

*Coefficiente de rugosidad en planicie de inundación*

<b>Tipo de canal y descripción</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Normal</b>	<b>Máximo</b>
<b>D.2 Planicie de inundación</b>			
<b>a. Pastizales sin matorrales</b>			
1. Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
2. Pastos altos	0.030	0.035	0.050
<b>b. Áreas cultivadas</b>			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
<b>c. Matorrales</b>			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
<b>d. Árboles</b>			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos, sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

*Nota.* Valores de coeficiente de rugosidad en planicie de inundación. Tomado de Chow., 1994, p.111.

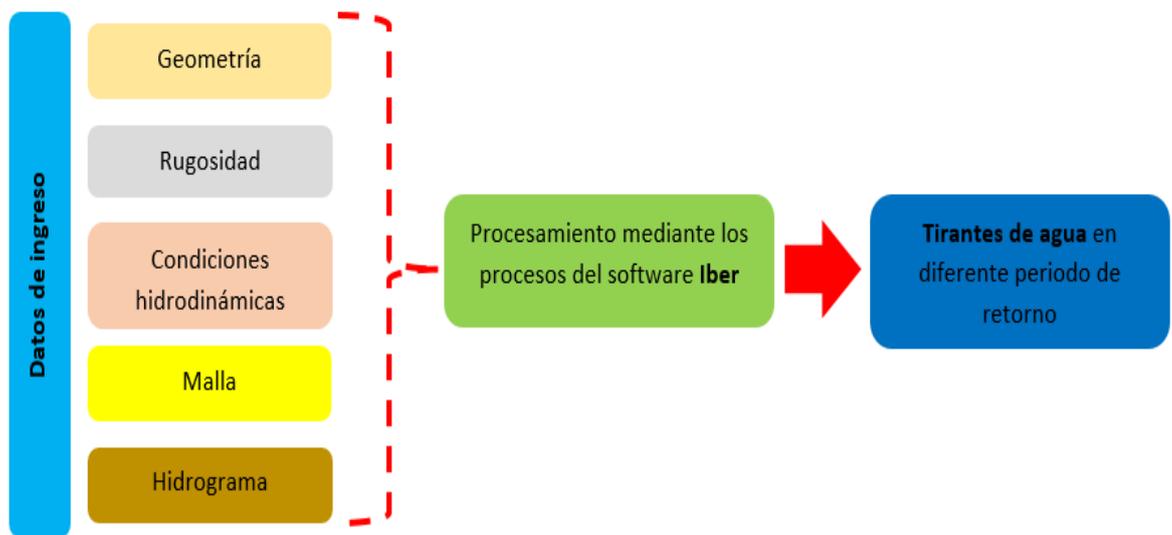
### **3.7.5. Modelamiento Hidráulico con el software Iber**

#### ➤ Recopilación de la información obtenida

Con la información antes obtenida con respecto al modelamiento hidrológico, topografía y rugosidad, con el software Iber se realizó el modelamiento hidráulico para obtener los tirantes de agua en los diferentes periodos de retornos, mediante la siguiente metodología.

**Figura 17**

*Metodología para la obtención de los tirantes de agua*



*Nota.* Procesos para la obtención de los tirantes de agua con el software Iber. Fuente: Elaboración propia.

➤ Descripción del procesamiento del modelo hidráulico

▪ Modelo digital de elevación

Con la topografía obtenida se cargó el archivo correspondiente a las curvas de nivel al software ArcGIS, georreferenciándolo en el sistema UTM WGS 84, Zona 18 Sur, con el cual se generó un TIN para luego generar un Raster, para poder cargar el archivo generado a Iber se requiere que se encuentre en formato ASCII (Es el formato que permitirá asignar la elevación a la malla no estructurada), para lo cual se realiza la conversión del archivo mediante los siguientes pasos.

1. Arctoolbox > 3D Analyst Tools > Data Management > TIN > Create TIN
2. Arctoolbox > 3D Analyst Tools > Conversion > From TIN > TIN to Raster
3. Arctoolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to ASCII

▪ **Pre Proceso**, importación de archivos de entrada

Iber permite una variedad de formatos de archivos de ingreso, como el formato shapefile en el cual se delimito el área de estudio con el software ArcGIS, para poder importar el archivo es a través de Archivo > Importar > Shapefile, luego se procede a colapsar el modelo debido a que pueda haber duplicidad de líneas a través de Geometría > Edición > Colapsar > Modelo.

También se puede asignar una imagen de fondo la cual debe estar georreferenciada, permite subir imágenes en diferentes extensiones para lo cual se realiza a través de Vista > Imagen de fondo > Tamaño real y hacer un zoom para su visualización.

- **Asignación de los coeficientes de rugosidad de Manning**

La asignación de los coeficientes de Manning se realizó directamente en el software Iber habiendo también la disponibilidad de importarlo de un archivo externo, en este caso se realizó la creación de los diferentes usos de suelos en base al registro que Iber ya cuenta por defecto el cual es a través de Datos > Rugosidad > Uso del Suelo, en la tabla agregaremos un nuevo uso de suelo y asignaremos a la superficie a cual corresponda, para una mejor visualización de la superficie a asignar se recomienda asignar una iluminación plana.

- **Asignación de condiciones de contorno**

También conocido como condiciones hidrodinámicas en la cual se asigna el ingreso y la salida del flujo a través de Datos > Hidrodinámica > Condiciones de Contorno, en este caso es una condición de contorno abierto (río), para lo cual se selecciona el ingreso del flujo del agua en la línea de entrada e ingresando el tipo de régimen Crítico/Subcrítico (es independiente ya que Iber hace la corrección), caudal total (se ingresa el hidrograma ya obtenido), en la salida se selecciona la línea de salida del flujo y el tipo de régimen será Supercrítico/Crítico.

- **Generación del mallado 2D**

Debido a la irregularidad de la superficie se utilizó una malla no estructurada la cual se acomodó mejor al trabajo realizado en el cual se registra el valor de cada celda a la superficie a través de Malla > No estructurada > Asignar tamaño a superficie, luego se procede a generar el mallado a través de Malla > Generar malla.

- **Asignación de la elevación al mallado 2D**

Al generar la malla esta no tiene elevación se encuentra en una cota cero para lo cual se debe asignar una superficie, lo cual ya se tiene del modelo digital de elevación el cual fue exportado en formato ASCII del ArcGIS y el cual dará la

elevación a la superficie a través de Herramientas Iber > Malla > Editar > Asignar elevación desde archivo.

▪ **Proceso**, corrida del modelo hidráulico

Con los datos anteriores obtenidos se ingresa cada uno de los parámetros a través de Datos > Datos del Problema > Parámetros de tiempo, como es el instante inicial que es cero segundos porque es un nuevo inicio de simulación, tiempo de simulación, intervalo de resultados.

También se realizará la configuración a través de Datos > Datos del Problema > General, en el que se asigna el número de procesadores, número de Courant-Friendrichs-Levy para tener un esquema numérico estable en el procesamiento de la información y el límite seco-mojado.

Con la información ingresada correctamente se procedió a correr el modelo hidráulico a través de Calcular > Ver información del proceso, en el cual se mostrará una pantalla con la información del procesamiento y la variación del caudal en los diferentes tiempos.

▪ **Postproceso**, visualización de resultados

Finalizado el procesamiento se realizó un intercambio de interfaz a post-proceso para poder apreciar los diferentes resultados a través de Archivo > Postproceso, luego podemos apreciar los resultados a través de Ventana > Ver resultados, en la que obtendremos diversas ventanas de resultados como (Ver resultados, Malla principal y Malla de referencia) en este caso se utilizó la primera ventana y una vista de área coloreadas suaves, mapa de máximo con respecto al calado.

La exportación de los resultados se realizó a través de Herramientas Iber > Raster de Resultados, con lo cual se exporta el resultado en formato Raster en el instante deseado para un posterior uso.

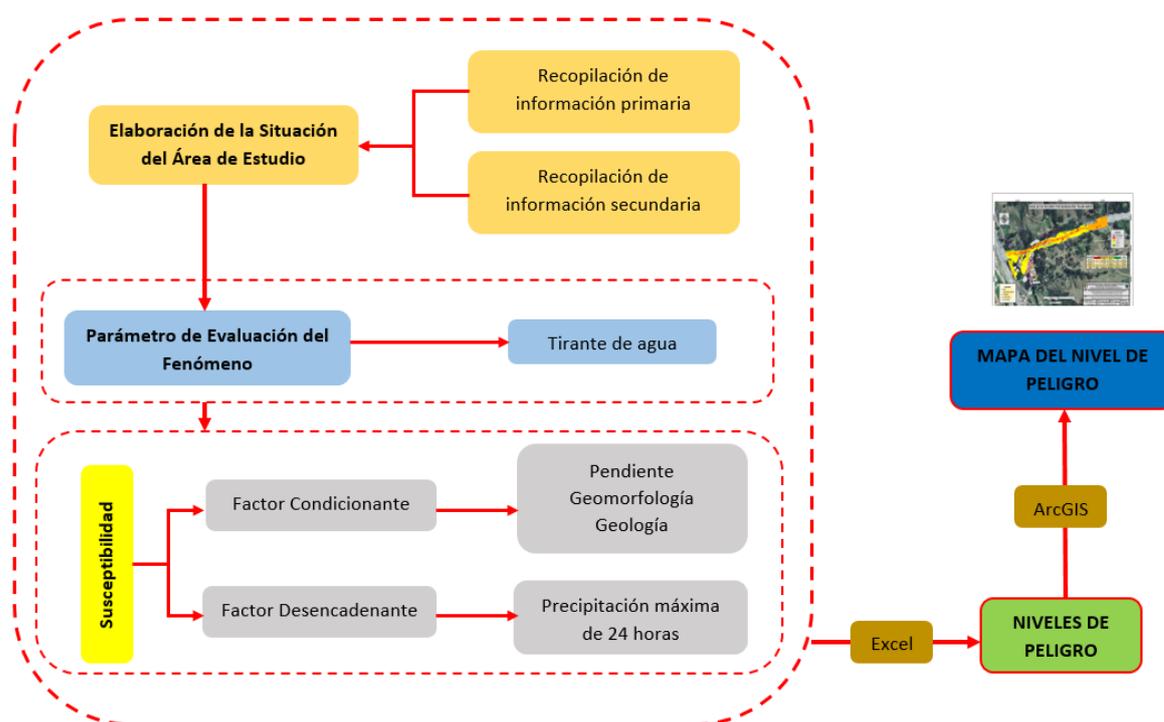
### 3.7.6. Estudio del Peligro

#### ➤ Metodología

La metodología empleada fue la que se describe en el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED v2, mediante los siguientes parámetros que se describen a continuación, el trabajo realizado consistió en recopilación de información y trabajo en campo, para luego hacer la evaluación de los niveles de peligro y determinar las áreas de inundación a través del software ArcGIS.

**Figura 18**

*Metodología para determinar los niveles de peligro por inundación*



*Nota.* Metodología para determinar los niveles de peligro adaptado del manual del CENEPRED v2.  
Fuente: Elaboración propia.

#### ➤ Parámetro de Evaluación

El parámetro de evaluación fue los tirantes de agua el cual fue obtenido del modelamiento hidráulico en formato Raster para los diferentes periodos de retorno y luego realizar los mapas de tirantes de agua con el software ArcGIS.

### ➤ Susceptibilidad

Viene a ser la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno por inundación para lo cual tiene relación con el factor condicionante y desencadenante que se describe a continuación.

### ➤ Factor Condicionante

Son aquellas características propias del área de estudio, por lo cual se tomó información directamente en campo mediante fotografías, coordenadas con GPS e información antes desarrolladas, estos parámetros serán únicos en la evaluación de los niveles de peligro sin variación alguna en los diferentes periodos de retorno.

#### ▪ Pendiente

La pendiente viene a ser la relación entre la distancia unitaria horizontal con la vertical de la ladera en la que se refleja la inclinación, la cual se obtuvo del levantamiento topográfico y procesado en el software ArcGIS para así obtener el mapa de pendientes y sus respectivos valores clasificados.

#### ▪ Geomorfología

La geomorfología es variable debido a la acción erosiva de las aguas y eventos que surgen durante el paso del tiempo, por ello se realizó el recorrido del área de estudio para tomar puntos estratégicos con el GPS y fotografías, también se utilizó la información digital en formato shapefile de geomorfología obtenida del Geocatmin del INGEMMET, para luego en gabinete hacer la verificación y procede a realizar el mapa de geomorfología y su clasificación con el software ArcGIS.

#### ▪ Geología

La geología es muy característico de cada zona por lo cual también se realizó el recorrido en campo, la ubicación de puntos con el GPS y fotografías para luego verificar con la información digital en formato shapefile de geología la cual fue obtenida del Geocatmin del INGEMMET y mapas antes elaborados en la zona de estudio lo cual me ayudo a realizar el mapa de geología y su clasificación con el software ArcGIS.

➤ Factor Desencadenante

Es aquel factor que desencadena el fenómeno en tal sentido se evaluó las precipitaciones máximas de 24 horas respecto al área de estudio mediante la elaboración de las Isoyetas con la información meteorológica obtenida anteriormente, luego realice el mapa de precipitaciones máximas de 24 horas con el software ArcGIS para los diferentes periodos de retorno.

➤ Niveles de Peligro

Con la información de los parámetros antes mencionados se procedió a realizar el análisis de los niveles de peligro en una hoja de cálculo Excel para lo cual se utilizó el modelo matemático de proceso de análisis jerárquico de Saaty el cual permite determinar el valor de priorización de un conjunto de datos y evaluar las alternativas cuando se cuenta con varios criterios, se realiza mediante una matriz con elementos del algebra matricial con una matriz cuadrada la cual se muestra en la Ecuación 37 y la metodología mencionada en el manual del CENEPRED v2.

➤ Matriz de Comparación de pares

Para realizar las comparaciones entre cada uno de los criterios o descriptores de cada variable estudiada se utilizó una escala de preferencia esto dependerá del quien o quienes evalúan cada parámetro a asignar, cuyos valores se presentan en la Tabla 11, la matriz contiene elementos ubicados en filas y columnas y de acuerdo a la escala de preferencia se asigna dichos valores, se compara los criterios de la primera fila con la primera columna y asignando el valor de uno en la casilla del mismo elemento de la fila y columna por ser la misma magnitud a evaluar, en la parte superior diagonal asignado el valor de uno se colocan los valores según criterio del evaluador y en la parte inferior a la diagonal las inversas de dichos valores.

**Tabla 11***Escala de Saaty*

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

*Nota.* Valores y descripción de escala de preferencia de Saaty. Tomado de CENEPRED, 2014, p.207.

➤ **Matriz de Normalización**

Es donde se asigna la prioridad a cada elemento que se compara, así como el valor de vector priorización el cual es la suma de cada descriptor y el que se le asigna a cada parámetro a evaluar.

➤ **Relación de Consistencia (RC)**

Se realizó la evaluación de la consistencia de los parámetros evaluados, el cual dependerá del vector suma ponderado y el índice de consistencia mediante la Ecuación 38, la relación de consistencia dependerá del índice de consistencia y el IA cuyos

valores se muestran en la Tabla 12 y mediante la Ecuación 39 se obtendrá la relación de consistencia, en este caso por tener matriz de tres y cinco parámetros los valores de RC debe ser menor a 0.04 y 0.10 respectivamente.

**Tabla 12**

Valores de índice aleatorio para diferentes "n"

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

Nota. Para matrices de tres parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro debe ser menores a 0.10. Tomado de CENEPRED, 2014, p.205.

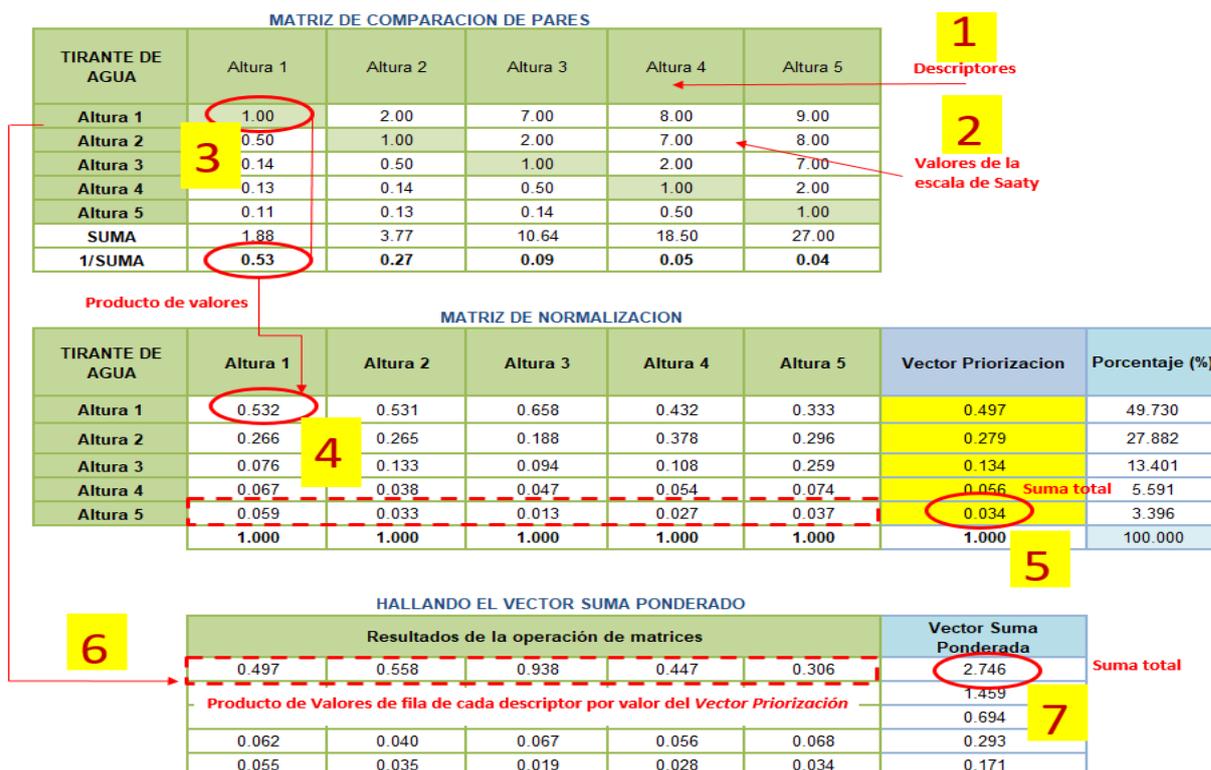
➤ Procedimiento para obtener los niveles de peligro

Para poder describir la metodología de la obtención de los niveles de peligro asumiré valores cualesquiera para la descripción a manera de una mejor comprensión.

- Se presenta los pasos a seguir para elaborar la matriz de comparación de pares, matriz de normalización y el vector suma ponderado, estos pasos se realizaron de igual manera a cada parámetro de evaluación y sus descriptores.

**Figura 19**

Pasos para la elaboración de los niveles de peligro-Parte I

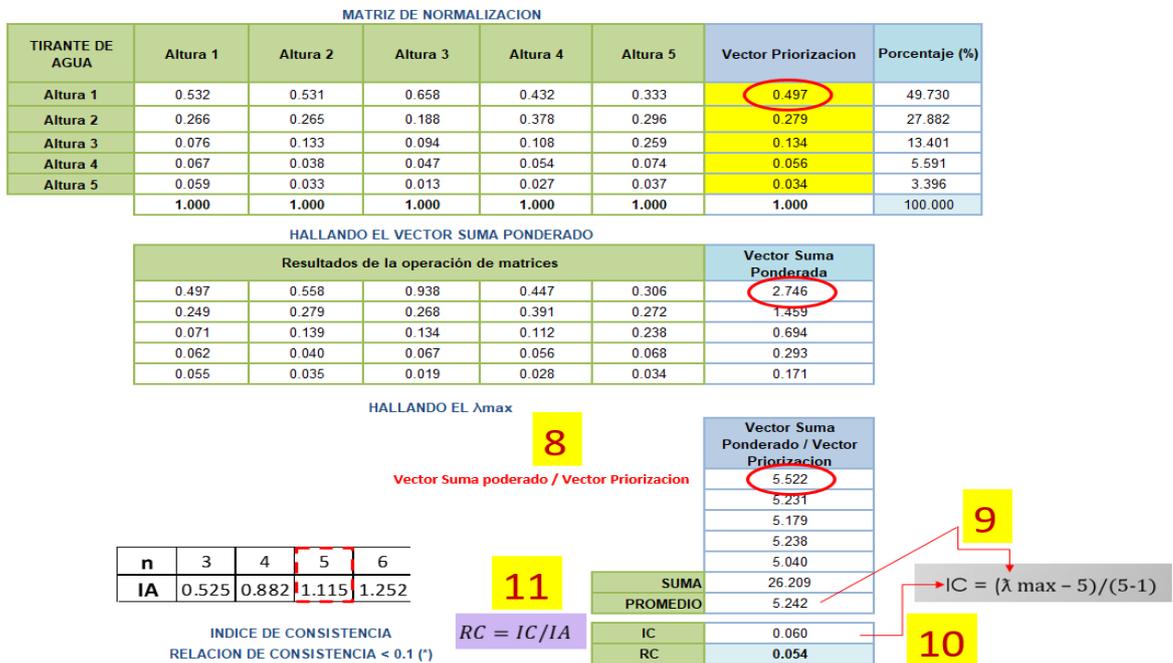


Nota. Seguir la numeración en los procesos de cálculos respectivos. Fuente: Elaboración propia.

- En esta segunda parte se calculará el índice de consistencia y la relación de consistencia cumpliendo con el valor  $RC < 0.1$  y  $0.04$ .

**Figura 20**

*Pasos para la elaboración de los niveles de peligro-Parte 2*

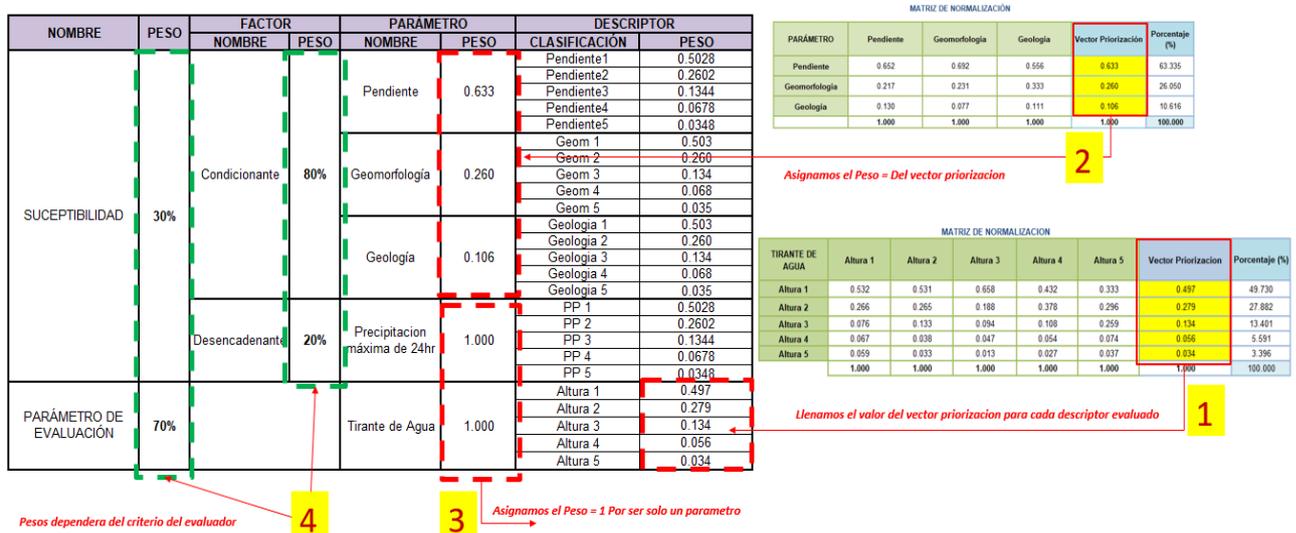


Nota. Seguir la numeración en los procesos de cálculos respectivos. Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados obtenidos de cada parámetro se registran siguiendo los siguientes pasos enumerados y asignando el valor del peso (dependerá del evaluador).

**Figura 21**

*Resumen de los parámetros y pesos a evaluar*



Nota. Los valores del peso dentro del cuadro verde dependerán del evaluador. Fuente: Elaboración propia.

- Con el resumen de todos los parámetros y pesos asignados haremos el último cuadro donde obtendremos los rangos del peligro, así como los niveles respectivos, cabe recalcar que este procedimiento se realizó para cada periodo de retorno y poder apreciar la influencia y variación en cada caso, mediante las Ecuaciones 45 al 48.

**Figura 22**

*Valor de los niveles de peligro*

SUCEPTIBILIDAD				PARAMETRO DE EVALUACIÓN	VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO
30%			FAC DESANCADENANTE			
FACTORES CONDICIONANTES			20%	70%	VP	RP
80%			Precipitación máxima de 24hr			
Pendiente	Geomorfología	Geología				
0.633	0.260	0.106	1	1	VP	RP
0.503	0.503	0.503	0.503	0.497	0.499	0.273 ≤ P <= 0.499 <b>MUY ALTO</b>
0.260	0.260	0.260	0.260	0.279	0.273	0.134 ≤ P <= 0.273 <b>ALTO</b>
0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.059 ≤ P <= 0.134 <b>MEDIO</b>
0.068	0.068	0.068	0.068	0.056	0.059	0.034 ≤ P <= 0.059 <b>BAJO</b>
0.035	0.035	0.035	0.035	0.034	0.034	

Nota. Rangos de los niveles de peligro.

Fuente: Elaboración propia.

- Para poder obtener el valor del peligro se tendrá en cuenta las siguientes ecuaciones.

$$VP = PPEx(X) + PS(PFCx(Y) + PFDx(Z)) \quad (45)$$

$$X = PCD_i x PA_i \quad (46)$$

$$Y = PP_1 x PD_1 + PP_2 x PD_2 + PP_3 x PD_3 \quad (47)$$

$$Z = PP_k x PD_k \quad (48)$$

Dónde:

VP = Valor del peligro

PPE= Peso del parámetro de evaluación

PS = Peso de la susceptibilidad

PFC= Peso del factor condicionante

PFD= Peso del factor desencadenante

$PCD_{i...n}$  = Peso de cada descriptor respecto al parámetro de evaluación

$PA_{i...n}$  = Peso del parámetro a evaluar respecto al parámetro de evaluación

$PP_{1,2,3...n}$  = Pesos de los parámetros a evaluar respecto al factor condicionante

$PD_{1,2,3...n}$  = Peso de cada descriptor a evaluar respecto al factor condicionante

$PP_{k...n}$  = Peso del parámetro a evaluar respecto al factor desencadenante

$PD_{k...n}$  = Peso del descriptor respecto al factor desencadenante

### ➤ Mapa de Niveles de Peligro

Con los resultados de los niveles de peligro obtenido y toda la información obtenida anteriormente respecto a los mapas de cada parámetro en estudio se tiene la base en formato shapefile con lo que se procedió a realizar los mapas de peligro con el software ArcGIS para cada periodo de retorno.

Se procedió a cargar cada shapefile respecto al factor condicionante (Pendiente, Geomorfología y Geología) en la cual en su tabla de atributos se agregó un nuevo campo para asignar su respectivo peso del vector priorización a cada parámetro.

Luego las tres capas anteriores se intersectaron en el entorno de Python para obtener una nueva capa del factor condicionante en la que se agregó un nuevo campo, mediante la herramienta Field Calculator ingresaremos la fórmula del (factor condicionante multiplicado por su peso) más (factor desencadenante multiplicado por su peso) y así obtener la capa de Susceptibilidad.

Con las capas ya obtenidas respecto a la Susceptibilidad se realizó la intersección con la capa del parámetro de evaluación mediante la herramienta de intersección en el entorno de Python y asignándole sus pesos respectivos. En la capa resultante se agregó dos nuevos campos de nombres Peligro y Nivel de Peligro, en los cuales se ingresó los valores resultantes de la intersección y clasificarlo en los rangos obtenidos de los niveles de peligro.

### ➤ Áreas Inundables

Las áreas inundables se calcularon de los mapas finales del peligro y las capas de viviendas, áreas de cultivos, carretera, parque y otros (considerando las áreas de pastoreo, eriazas, bordes del río mediante la intersección, en la cual se obtuvo las áreas de inundación que sobresalen del cauce del río afectando áreas aledañas, se evaluó para cada periodo de retorno.

## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Características Geomorfológicas

Se realizó la delimitación de la microcuenca Atoc Huacanca mediante la metodología que se muestra en la Figura 10, como podemos ver en el Mapa A-02 se muestran la delimitación de la microcuenca, así como sus características geomorfológicas, en la Tabla 13 se muestra las principales características de la geomorfología de la microcuenca Atoc Huacanca.

**Tabla 13**

*Principales características geomorfológicas de la microcuenca Atoc Huacanca*

Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Longitud recorrido (Km)	Pendiente de la microcuenca (%)	Altitud media (m.s.n.m)
Atoc Huacanca	34.63	33.96	13.76	20.20	3982

*Nota.* En la tabla se muestra los valores de las principales características geomorfológicas.

#### 4.1.2. Modelamiento Hidrológico

➤ Selección de los periodos de retorno

Para realizar la selección de los periodos de retorno se consideró una vida útil de 25 años y el valor de riesgo inicial de 0.05 obtenida de la Figura 2 en la cual se obtuvo un valor del periodo de retorno de 487.89 años el cual se consideró un valor superior igual a 500 años, considerando así los valores de periodos de retorno menores a esté de 200, 100 y 50 años respectivamente, mediante la Ecuación 2 se calculó los riesgos para los periodos de retorno, como se puede apreciar en la Tabla 14 se aprecian el riesgo asumido inicialmente y los calculados mediante los periodos de retorno asignados.

**Tabla 14***Periodos de retorno en años*

Vida Útil (n)	Riesgo (R)	Período de retorno considerado (Tr)
25	0.40	<b>50</b>
25	0.22	<b>100</b>
25	0.12	<b>200</b>
25	0.05	<b>500</b>

*Nota.* En la tabla se muestra los periodos de retorno considerados.

➤ Tiempo de concentración y retardo

Se calculó el tiempo de concentración y retardo para la microcuenca Atoc Huacanca, como se muestra en la Tabla 15 se realizó mediante las ecuaciones antes descritas y tomando como promedio el valor correspondiente al tiempo de concentración para luego calcular el tiempo de retardo ( $t_{lag}$ ) respectivamente cuyo valor se utilizó en el modelamiento hidrológico en el software Hec-Hms.

**Tabla 15***Tiempos de concentración y retardo*

Microcuenca Atoc Huacanca (fórmulas utilizadas)	Tiempo de concentración en minutos ( $t_c$ )	Tiempo de retardo en minutos ( $t_{lag}$ )
Kirpich (1940)	73.67	44.20
California Culverts Practice (1942)	73.78	44.27
Ven Te Chow	64.71	38.83
Bassó	74.50	44.70
Rowe	73.43	44.06
Forest Resources Division, FAO	73.27	43.96
<b>Promedio</b>	<b>72.23</b>	<b>43.34</b>

*Nota.* La Tabla muestra las fórmulas utilizadas para el cálculo del tiempo de concentración y retardo siendo estos muy similares.

➤ Selección de las estaciones meteorológicas

Como podemos ver en el Mapa A-03, se muestra la ubicación espacial de las estaciones meteorológicas con información de precipitación máxima de 24 horas más cercanas a la zona de estudio y las coordenadas geográficas de cada una, también la influencia de cada uno de ellas mediante el uso del ArcGIS y la herramienta de los polígonos de Thiessen,

➤ Cálculo de la precipitación máxima de 24 horas

- Como podemos ver en el Anexo 1 se tiene la información respecto al registro histórico de las precipitaciones máximas de 24 horas (mm) y la representación gráfica del histograma a lo largo de cada año de las estaciones meteorológicas Milpo, Chavín, Recuay y Huaraz.
- Con la información de las precipitaciones máximas de 24 horas de cada una de las estaciones se realizó el análisis estadístico de datos dudosos para poder identificar aquellos datos que se alejan de la tendencia como se muestra en el Anexo 2 las estaciones meteorológicas Milpo, Chavín, Recuay y Huaraz no presentan datos dudosos y las cuales se encuentran dentro de los límites correspondientes.
- La prueba de bondad de ajuste se realizó para cada modelo probabilístico como se muestra en el Anexo 3, la representación gráfica de probabilidades de las estaciones meteorológicas Milpo, Chavín, Recuay y Huaraz tienen un mejor ajuste a los modelos probabilísticos de Log Normal, Log Pearson III, Log Pearson III y Gumbel respectivamente.
- La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov se realizó a cada estación meteorológica en estudio como se muestra en el Anexo 4, la prueba fue realizada a cada modelo probabilístico cuyo resultado podemos ver en la Tabla 16 la distribución probabilística de mejor ajuste de cada estación meteorológica y los valores del delta teórico y tabular con un nivel de significancia del 5%, así también las precipitaciones máximas de 24 horas respecto a la distribución de mejor ajuste obtenido para cada periodo de retorno.

**Tabla 16**

*Precipitación máxima de 24 horas de acuerdo al mejor ajuste de distribución*

Estación	Distribución de ajuste	Delta teórico	Delta tabular	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=200 años	Tr=500 años
Huaraz	Gumbel	0.07971	0.2099	55.46	60.30	65.12	71.47
Recuay	Log Pearson III	0.06883	0.1943	50.03	54.21	58.46	64.25
Milpo	Log Normal	0.05747	0.2178	102.05	120.42	140.12	168.36
Chavín	Log Pearson III	0.06103	0.2332	33.18	35.00	36.77	39.06

*Nota.* En la tabla se aprecia el mejor ajuste probabilístico obtenido de cada estación, así como el delta teórico es menor que el delta tabular los datos se ajustan adecuadamente, además se muestran las precipitaciones máximas de 24 horas en cada periodo de retorno.

- Mediante el mejor ajuste de distribución se obtuvo las precipitaciones máximas de 24 horas en cada estación y periodo de retorno, como no se cuenta con una estación meteorológica dentro de la microcuenca Atoc Huacanca se realizó una regionalización de las precipitaciones máximas de 24 hora mediante la Ecuación 40 y cómo podemos ver en el Anexo 5 las gráficas de regionalización que están en función de la altitud de cada estación meteorológica y la precipitación máxima de 24 horas realizadas para cada periodo de retorno, en la Tabla 17 se tiene las ecuaciones de regionalización obtenidas del análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas.

**Tabla 17**

*Ecuaciones de regionalización de la precipitación máxima de 24 horas*

<b>PP máxima de 24 hr</b>	<b>Ecuación</b>	<b>R</b>
TR=50	$P_{24} = 0.0439 \times Z - 93.586$	0.9191
TR=100	$P_{24} = 0.0554 \times Z - 126.86$	0.9281
TR=200	$P_{24} = 0.0681 \times Z - 163.52$	0.9346
TR=500	$P_{24} = 0.0865 \times Z - 217.46$	0.9412

*Nota.* En las ecuaciones de regionalización la variable Z es la altitud y  $P_{24}$  la precipitación máxima de 24 horas, R es el coeficiente de correlación cuyo valor sea mayor a 0.70 se tiene una buena correlación entre sus variables (Porras, 2017, p.7). Es así que las ecuaciones de regionalización tienen una buena correlación entre sus variables R mayor a 0.70.

- Con las ecuaciones de regionalización obtenidas y un DEM del área de estudio en el entorno del ArcGIS y la interpolación Kriging se elaboró las isoyetas de precipitaciones máximas de 24 horas siguiendo el procedimiento ya antes descrito y mediante la Ecuación 41, en los Mapas A-04 al A-07 se muestra las isoyetas de precipitación máxima de 24 horas para cada periodo de retorno, como se muestra en la Tabla 18 se tiene los valores de precipitaciones máximas de 24 horas obtenidas de las isoyetas y las precipitaciones máximas corregidas según la OMM, para cada periodo de retorno en la microcuenca Atoc Huacanca.

**Tabla 18***Precipitación máxima de 24 horas en la microcuenca Atoc Huacanca*

<b>Microcuenca Atoc Huacanca</b>	<b>TR 50 años (mm)</b>	<b>TR 100 años (mm)</b>	<b>TR 200 años (mm)</b>	<b>TR 500 años (mm)</b>
Precipitación máxima	84.03	97.10	110.54	133.07
Precipitación máx. corregida	94.95	109.72	124.91	150.37

*Nota.* En la tabla se muestra los resultados obtenidos de las isoyetas en referencia a las precipitaciones máximas de 24 horas y las precipitaciones máximas corregidas con el factor de ajuste de 1.13 en cada periodo de retorno.

- La precipitación de diseño se elaboró en base a las precipitaciones máximas de 24 horas corregidas de la microcuenca Atoc Huacanca para cada periodo de retorno, debido a que el tiempo de concentración de la microcuenca es mayor a una hora se consideró la utilización de los coeficientes de duración de lluvia de una a 48 horas, estableciendo así en el diseño de la precipitación un rango de duración de una hora hasta las 24 horas, como se muestra en la Tabla 19 se realizó la distribución en diferentes tiempos de duración y periodos de retorno.

**Tabla 19***Precipitación de diseño de la precipitación máxima de 24 horas*

<b>Precipitación de Diseño</b>					
<b>Duración</b>		<b>Período de retorno (años)</b>			
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
1	60	23.74	27.43	31.23	37.59
2	120	29.44	34.01	38.72	46.61
3	180	36.08	41.69	47.47	57.14
4	240	41.78	48.28	54.96	66.16
5	300	47.48	54.86	62.46	75.18
6	360	53.17	61.44	69.95	84.21
7	420	56.97	65.83	74.95	90.22
8	480	60.77	70.22	79.94	96.24
10	600	69.32	80.10	91.18	109.77
12	720	75.01	86.68	98.68	118.79
14	840	78.81	91.07	103.68	124.81
16	960	82.61	95.46	108.67	130.82
18	1080	85.46	98.75	112.42	135.33
20	1200	88.31	102.04	116.17	139.84
22	1320	92.11	106.43	121.16	145.86
24	1440	<b>94.95</b>	<b>109.72</b>	<b>124.91</b>	<b>150.37</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la variación de tiempo, tomando como inicio 60 min hasta los 1440 min que son las 24 horas de precipitación obtenidas para cada periodo de retorno.

- La intensidad de diseño se realizó en base a los datos de precipitaciones de diseño máximas de 24 horas para cada duración de tiempo y periodo de retorno, como se muestra en la Tabla 20 las intensidades de diseño obtenidas.

**Tabla 20**

*Intensidades de diseño para diferentes periodos de retorno*

<b>Duración</b>		<b>Intensidades de Diseño</b>			
		<b>Período de retorno (años)</b>			
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
1	60	23.74	27.43	31.23	37.59
2	120	14.72	17.01	19.36	23.31
3	180	12.03	13.90	15.82	19.05
4	240	10.44	12.07	13.74	16.54
5	300	9.50	10.97	12.49	15.04
6	360	8.86	10.24	11.66	14.03
7	420	8.14	9.40	10.71	12.89
8	480	7.60	8.78	9.99	12.03
10	600	6.93	8.01	9.12	10.98
12	720	6.25	7.22	8.22	9.90
14	840	5.63	6.51	7.41	8.91
16	960	5.16	5.97	6.79	8.18
18	1080	4.75	5.49	6.25	7.52
20	1200	4.42	5.10	5.81	6.99
22	1320	4.19	4.84	5.51	6.63
24	1440	3.96	4.57	5.20	6.27

*Nota.* En la tabla se muestra las intensidades de diseño en los diferentes periodos de retorno y tiempos.

El resultado de realizar el análisis de regresión lineal múltiple en base a la intensidad de diseño como se muestra en la Tabla 21 el resultado del análisis estadístico de regresión, en la Tabla 22 el resultado del análisis de varianza y en la tabla 23 los resultados finales obteniendo con los coeficientes de la ecuación de intensidad máxima de la microcuenca Atoc Huacanca.

**Tabla 21***Análisis estadístico de regresión*

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple R	0.997724640
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.995454457
R <sup>2</sup> ajustado	0.995305425
Error típico	0.015298221
Observaciones	64

*Nota.* En la tabla se muestra los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal múltiple, donde las variables analizadas tienen una buena correlación.

**Tabla 22***Análisis de la varianza*

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	3.126421334	1.563210667	6679.372166	3.60048E-72
Residuos	61	0.01427617	0.000234036		
Total	63	3.140697503			

*Nota.* En la tabla se muestra los resultados del análisis de varianza donde el estadístico F y su valor crítico son significativos diferentes de cero.

**Tabla 23***Resultados finales para la intensidad máxima*

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	1.976	0.01743	113.363	1.189E-72	1.941	2.011	1.941	2.011
Variable X 1	0.199	0.00517	38.415	1.894E-44	0.188	0.209	0.188	0.209
Variable X 2	-0.538	0.00493	-109.009	1.282E-71	-0.548	-0.528	-0.548	-0.528

*Nota.* En la tabla se muestra el coeficiente de intercepción y coeficientes de las variables X1 y X2, las que serán comparadas mediante la ecuación de intensidad.

De la Ecuación 26 de la intensidad se aplicó logaritmo para tener una ecuación lineal como se muestra en la Ecuación 49 y así hacer un cambio de variable a través de la Ecuación 50 para poder comparar con los resultados obtenidos del análisis de regresión a través de los coeficientes, obteniendo así la Ecuación 51 como la ecuación de intensidad para la microfrecuencia Atoc Huacanca.

$$\log I = \log K + m \log T - n \log d \quad (49)$$

$$y = a_0 + a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 \quad (50)$$

Dónde:

$$\begin{array}{lll}
 a_0 = \log K & a_0 = 1.976 & K = 94.696 \\
 a_1 = m & a_1 = 0.199 & m = 0.199 \\
 a_2 = -n & a_2 = -0.538 & n = 0.538
 \end{array}$$

$$I = \frac{94.696 T^{0.199}}{d^{0.538}} \quad (51)$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm/hr)

T = Periodo de retorno (años)

d = Duración de la precipitación (min)

- Las curvas IDF se realizó mediante la Ecuación 51 de la intensidad de la microcuenca Atoc Huacanca como se presenta en la Tabla 24 las intensidades obtenidas para cada periodo de retorno y tiempo de duración, además se puede ver en la Figura 23 la representación gráfica de las curvas IDF generadas a partir de los datos de intensidad.

**Tabla 24**

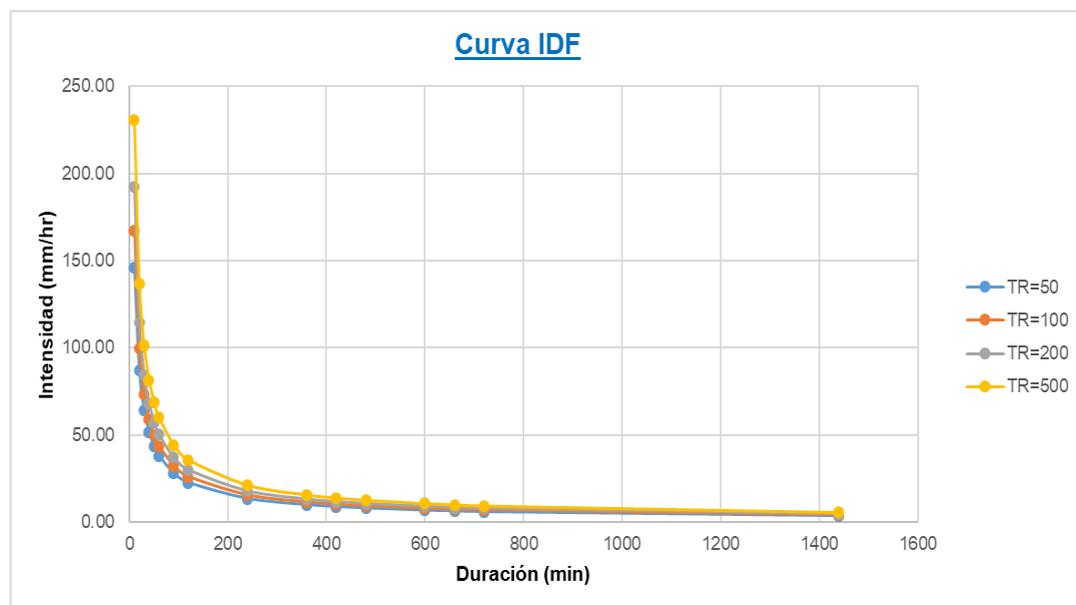
*Intensidades máximas de la microcuenca Atoc Huacanca*

<b>Intensidades máximas-Microcuenca Atoc Huacanca (mm/h)</b>					
<b>Duración (t) minutos</b>		<b>Período de Retorno (TR) en años</b>			
<b>Hr</b>	<b>min</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
1	60	22.76	26.11	29.97	35.95
2	120	15.67	17.99	20.64	24.76
3	180	12.60	14.46	16.60	19.91
4	240	10.80	12.39	14.22	17.05
5	300	9.57	10.99	12.61	15.12
6	360	8.68	9.96	11.43	13.71
7	420	7.99	9.17	10.52	12.62
8	480	7.44	8.53	9.79	11.75
10	600	6.59	7.57	8.68	10.42
12	720	5.98	6.86	7.87	9.44
14	840	5.50	6.31	7.25	8.69
16	960	5.12	5.88	6.74	8.09
18	1080	4.81	5.52	6.33	7.59
20	1200	4.54	5.21	5.98	7.17
22	1320	4.32	4.95	5.68	6.82
24	1440	4.12	4.73	5.42	6.50

*Nota.* En la tabla se muestra los resultados de las intensidades máximas obtenidas a partir de la ecuación generada de intensidad.

**Figura 23**

*Curva Intensidad-Duración-Frecuencia de la microcuenca Atoc Huacanca*



*Nota.* El gráfico representa la curva intensidad y frecuencia de la microcuenca Atoc Huacanca, la cual representa las intensidades de precipitación en diferentes duraciones y periodos de retorno.

- La elaboración de los hietogramas se elaboró mediante el método de bloque alternos como se presenta en la Tabla 25 los hietogramas obtenidos a partir de la ecuación de intensidad y las duraciones para cada periodo de retorno, cuyo resultado es necesario como dato de ingreso al software Hec-Hms para realizar el modelamiento hidrológico, como podemos ver en el Anexo 6 las gráficas de los hietogramas generados a partir de las precipitaciones y el tiempo de duración para cada periodo de retorno.

**Tabla 25**

*Hietograma de diseño para la microcuenca Atoc Huacanca*

<b>Hietograma de Diseño (Método del Bloque Alterno)</b>									
<b>Periodo de Retorno</b>		<b>TR=50 años</b>		<b>TR=100 años</b>		<b>TR=200 años</b>		<b>TR=500 años</b>	
<b>Duración</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Precipitación</b>
<b>min</b>	<b>min</b>	<b>mm/hr</b>	<b>mm</b>	<b>mm/hr</b>	<b>mm</b>	<b>mm/hr</b>	<b>mm</b>	<b>mm/hr</b>	<b>mm</b>
60	0-60	22.76	1.925	26.11	2.208	29.97	2.534	35.95	3.040
120	60-120	15.67	2.019	17.99	2.317	20.64	2.659	24.76	3.189
180	120-180	12.60	2.128	14.46	2.442	16.60	2.802	19.91	3.361
240	180-240	10.80	2.255	12.39	2.588	14.22	2.970	17.05	3.563
300	240-300	9.57	2.408	10.99	2.763	12.61	3.170	15.12	3.803
360	300-360	8.68	2.593	9.96	2.976	11.43	3.415	13.71	4.097
420	360-420	7.99	2.827	9.17	3.244	10.52	3.723	12.62	4.466
480	420-480	7.44	3.134	8.53	3.596	9.79	4.127	11.75	4.950
540	480-540	6.98	3.559	8.01	4.085	9.19	4.687	11.02	5.622
600	540-600	6.59	4.208	7.57	4.829	8.68	5.541	10.42	6.647
660	600-660	6.27	5.375	7.19	6.168	8.25	7.078	9.90	8.490
720	660-720	5.98	8.591	6.86	9.859	7.87	11.313	9.44	13.571
780	720-780	5.73	22.757	6.57	26.115	7.54	29.967	9.05	35.946
840	780-840	5.50	6.460	6.31	7.413	7.25	8.506	8.69	10.203
900	840-900	5.30	4.690	6.08	5.382	6.98	6.176	8.38	7.409
960	900-960	5.12	3.845	5.88	4.412	6.74	5.063	8.09	6.073
1020	960-1020	4.96	3.327	5.69	3.818	6.53	4.381	7.83	5.256
1080	1020-1080	4.81	2.969	5.52	3.407	6.33	3.910	7.59	4.690
1140	1080-1140	4.67	2.703	5.36	3.102	6.15	3.560	7.38	4.270
1200	1140-1200	4.54	2.496	5.21	2.864	5.98	3.286	7.17	3.942
1260	1200-1260	4.42	2.328	5.08	2.671	5.83	3.066	6.99	3.677
1320	1260-1320	4.32	2.189	4.95	2.512	5.68	2.882	6.82	3.458
1380	1320-1380	4.21	2.071	4.83	2.377	5.55	2.728	6.65	3.272
1440	1380-1440	4.12	1.970	4.73	2.261	5.42	2.594	6.50	3.112

*Nota.* En la tabla se muestra los valores del hietograma de diseño obtenidos de la intensidad y duraciones para cada periodo de retorno.



➤ Cálculo del número de curva (CN) y abstracción inicial

El número de curva y abstracción inicial de la microcuenca Atoc Huacanca fue obtenida mediante la metodología descrita anteriormente, para lo cual se realizó el trabajo en gabinete y campo mediante la extracción de muestras de suelos como se muestra en la Tabla 26, en la cual se aprecia las coordenadas UTM de extracción de las muestras de suelo como también los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla y las clases texturales a la que corresponde cada muestra de suelo, como podemos ver en el Mapa A-08 se presentan la ubicación espacial de los puntos de extracción de las muestras de suelo extraídas en las dos fases respectivas.

**Tabla 26**

*Coordenadas de extracción de las muestras de suelo y clase textural*

Símbolo	Este	Norte	Altitud	Textura (%)			Clase Textural
				Arena	Limo	Arcilla	
P-1	231278	8924726	3527	59	21	20	Franco arenoso
P-2	231855	8924253	3557	51	27	22	Franco arcillo arenoso
P-3	234876	8924948	3707	61	23	16	Franco arenoso
P-4	237320	8925632	3926	65	25	10	Franco arenoso
P-5	240341	8926099	4362	69	23	8	Franco arenoso
P-6	240736	8927341	4384	59	25	16	Franco arenoso
P-7	237767	8927008	4127	49	38	18	Franco
P-8	235290	8926733	3920	59	27	14	Franco arenoso
P-9	233654	8925468	3706	61	29	10	Franco arenoso
P-10	231876	8924990	3570	73	19	8	Franco arenoso
P-11	231029	8924388	3432	72	10	10	Franco arenoso
P-12	231065	8924218	3417	56	28	16	Franco arenoso
P-13	231202	8924028	3426	60	26	14	Franco arenoso
P-14	231365	8924192	3470	56	24	20	Franco arenoso
P-15	232301	8924432	3514	52	26	22	Franco arcillo arenoso
P-16	233440	8924358	3676	52	28	20	Franco
P-17	234237	8924949	3625	68	22	10	Franco arenoso
P-18	236027	8925726	3774	56	28	16	Franco arenoso
P-19	238235	8926185	3984	60	30	10	Franco arenoso
P-20	238951	8925456	4161	56	32	12	Franco arenoso
P-21	240415	8925188	4389	56	30	14	Franco arenoso
P-22	239421	8927121	4083	60	28	12	Franco arenoso
P-23	239879	8928116	4203	54	32	14	Franco arenoso
P-24	238785	8927277	4071	56	28	16	Franco arenoso
P-25	238035	8927587	4102	48	36	16	Franco
P-26	237176	8926553	3968	60	28	12	Franco arenoso
P-27	236270	8926621	3935	58	30	12	Franco arenoso
P-28	234320	8926726	3802	50	34	16	Franco
P-29	232807	8924936	3543	54	28	18	Franco arenoso
P-30	232527	8925463	3600	56	28	16	Franco arenoso

*Nota.* En la tabla se presenta la ubicación de extracción de las muestras de suelos, los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla obteniendo así tres clases texturales: Franco Arenoso, Franco y Franco arcillo arenoso.

- Como podemos ver en el Mapa A-09 la pendiente de la microcuenca Atoc Huacanca mediante el procedimiento descrito anteriormente, en la cual se obtuvo un 98.99% de pendiente  $\geq 3\%$  y tan solo un 1.01% con pendiente  $< 3\%$ . En cuya capa shapefile generada en el entorno de ArcGIS se le asigno su respectivo código de número primo.
  
- Como podemos ver en el Mapa A-10 la textura de suelo de la microcuenca Atoc Huacanca la cual fue realizada mediante la información de las muestras de suelos y la interpolación (Kriging) en el entorno de ArcGIS en la cual un 87.93% de textura es Franco arenoso, 8.66% es de textura Franco, 2.66% es de textura Franco arcillo arenoso y 0.75% correspondiente a roca.
  
- Como podemos ver en el Mapa A-11 se presenta el grupo hidrológico de la microcuenca Atoc Huacanca, el cual fue elaborado en base a la información de textura de suelo en el entorno de ArcGIS, en el cual se aprecia la conformación de los grupos hidrológicos con el porcentaje de influencia A (87.93%), B (2.66%), C (8.66%) y D (0.75%). En cuya capa shapefile generada en el entorno de ArcGIS se le asigno su respectivo código de número primo.
  
- Como podemos ver en el Mapa A-12 se presenta el uso y aprovechamiento del suelo de la microcuenca Atoc Huacanca el cual fue elaborado siguiendo el procedimiento ya antes descrito en el cual se obtuvo los porcentajes del área en Rotación de cultivos pobres R (0.37%), Pradera pobre (46.97%), Pradera media (39.28%), Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal (2.39%), Masa forestal bosques media (8.81%), Rocas permeables (1.42%) y Roca impermeable (0.75%). En cuya capa shapefile generada en el entorno de ArcGIS se le asigno su respectivo código de número primo.
  
- Como podemos ver en el Mapa A-13 se presenta el número de curva de la microcuenca Atoc Huacanca la cual se obtuvo mediante la metodología descrita anteriormente y en el entorno de ArcGIS. En cuya capa shapefile generada se le asignó su respectivo código de número primo para así obtener un número de curva CN de 60.66 variando en un rango de 35 a 96 y una abstracción inicial de 32.95 mm cuyos valores se utilizó para el modelamiento hidrológico en el software Hec-Hms.

➤ Modelamiento hidrológico con el software Hec-Hms

Con los diferentes resultados obtenidos anteriormente como el área de la microcuenca, número de curva, abstracción inicial y lag time mediante la metodología presentada se realizó el modelamiento hidrológico con el software Hec-Hms para obtener el hidrograma de avenidas máximas para los diferentes periodos de retorno, como podemos ver en el Anexo 7 se presenta el procesamiento del modelamiento en el software Hec-Hms desde el ingreso de los datos en cada uno de sus componente hasta la obtención de los resultados, en la Tabla 27 se presenta los caudales máximos obtenidos del modelamiento hidrológico en los diferentes periodos de retorno, como se aprecia en la Figura 24 al 27 los hidrogramas de avenidas máximas en los diferentes periodos de retorno de la quebrada Atoc Huacanca.

**Tabla 27**

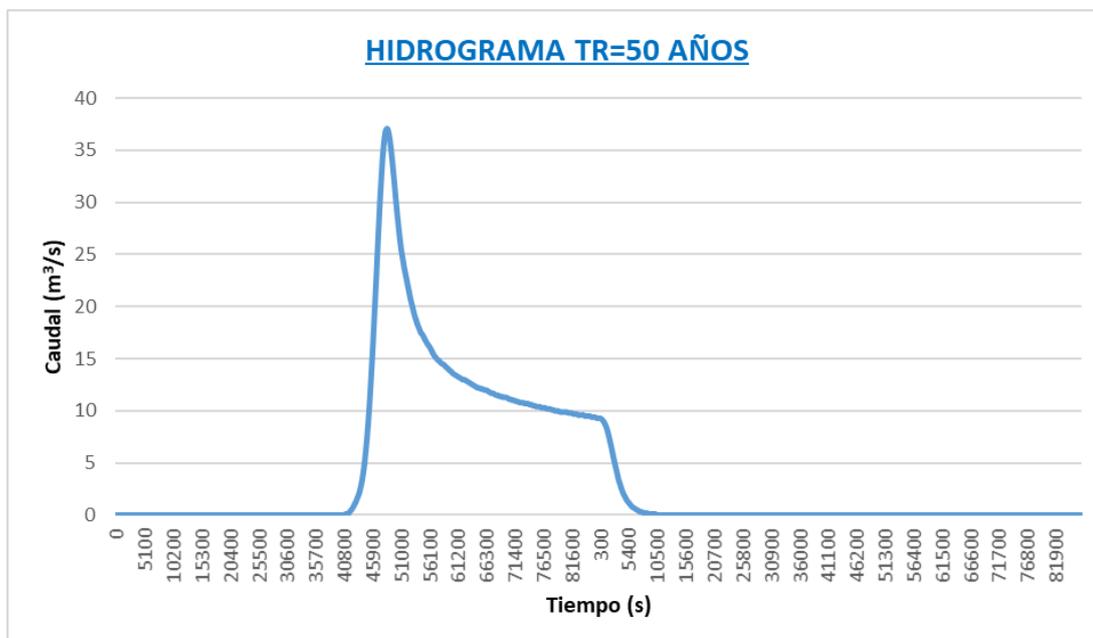
*Caudales máximos de la quebrada Atoc Huacanca*

<b>Descripción</b>	<b>Período de retorno (años)</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>
Caudal Q <sub>50</sub>	50	37.1
Caudal Q <sub>100</sub>	100	55.4
Caudal Q <sub>200</sub>	200	78.7
Caudal Q <sub>500</sub>	500	118.2

*Nota.* En la tabla se muestra los caudales máximos obtenidos del modelamiento hidrológico con el software Hec-Hms.

**Figura 24**

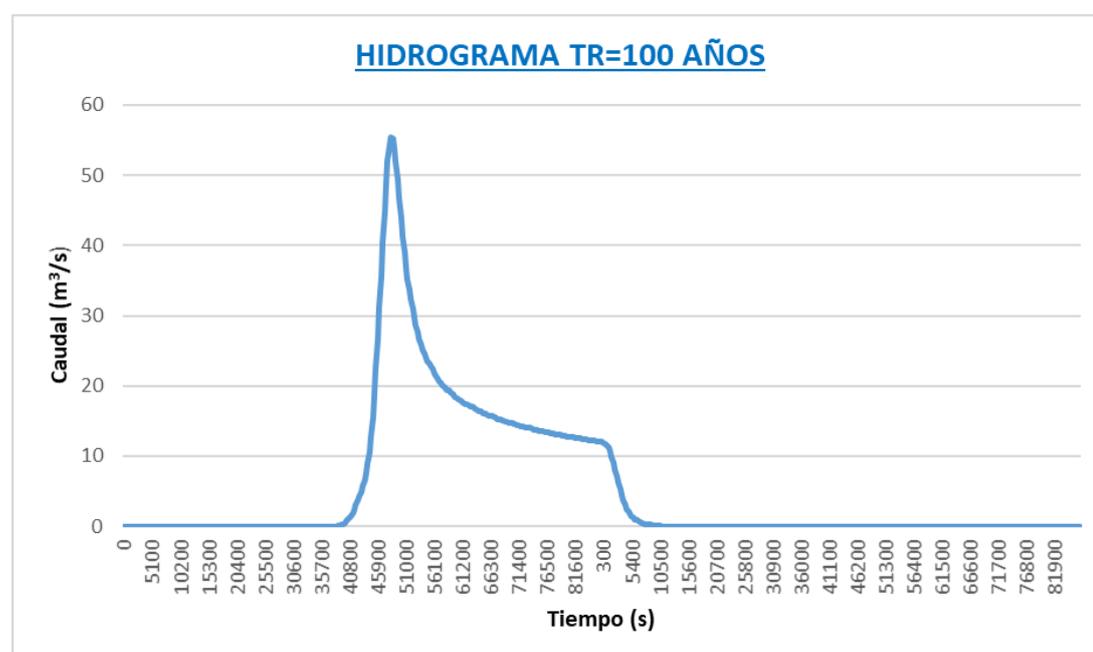
*Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 50 años*



*Nota.* En el gráfico se presenta el hidrograma de avenida máxima la cual representa la variación del caudal a lo largo del tiempo, teniendo así un caudal máximo de  $37.1 \text{ m}^3/\text{s}$  y posterior un descenso para un periodo de retorno de 50 años en la microcuenca Atoc Huacanca.

**Figura 25**

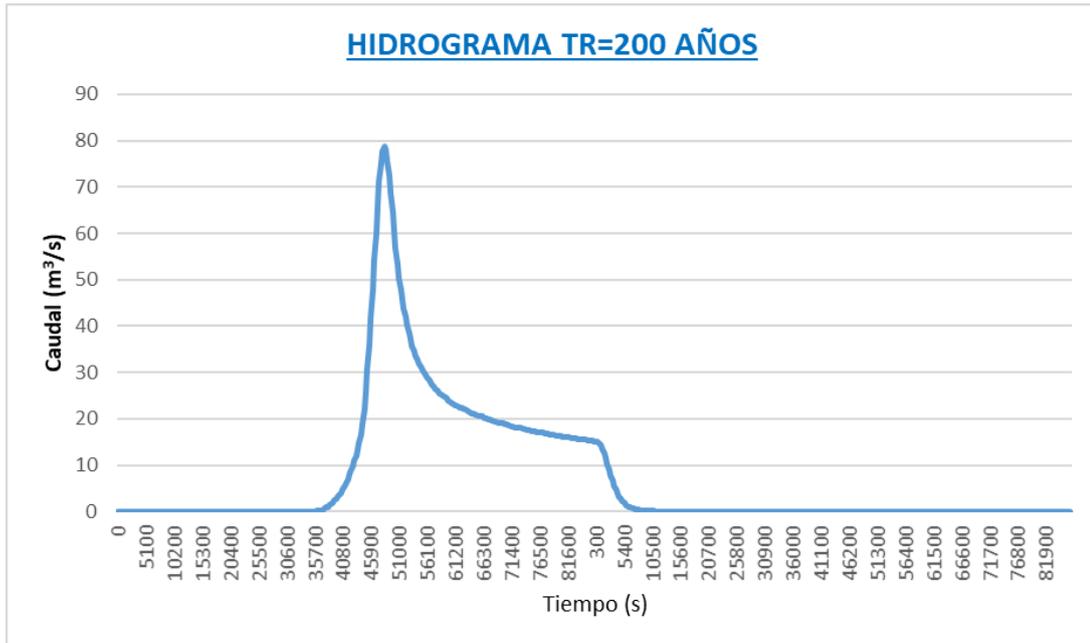
*Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 100 años*



*Nota.* En el gráfico se presenta el hidrograma de avenida máxima la cual representa la variación del caudal a lo largo del tiempo, teniendo así un caudal máximo de  $55.4 \text{ m}^3/\text{s}$  y posterior un descenso para un periodo de retorno de 100 años en la microcuenca Atoc Huacanca.

**Figura 26**

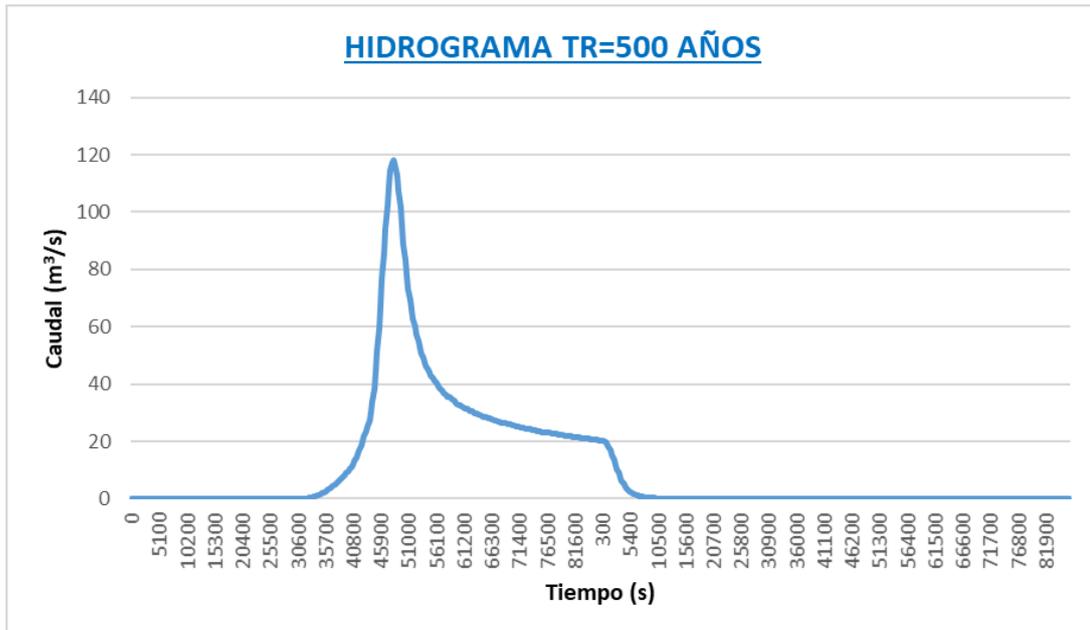
*Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 200 años*



*Nota.* En el gráfico se presenta el hidrograma de avenida máxima la cual representa la variación del caudal a lo largo del tiempo, teniendo así un caudal máximo de 78.7 m<sup>3</sup>/s y posterior un descenso para un periodo de retorno de 200 años en la microcuenca Atoc Huacanca.

**Figura 27**

*Hidrograma de avenida máxima para un periodo de retorno de 500 años*



*Nota.* En el gráfico se presenta el hidrograma de avenida máxima la cual representa la variación del caudal a lo largo del tiempo, teniendo así un caudal máximo de 118.2 m<sup>3</sup>/s y posterior un descenso para un periodo de retorno de 500 años en la microcuenca Atoc Huacanca.

### 4.1.3. Modelamiento Hidráulico

En esta etapa de desarrollo del trabajo de investigación se solicitó la autorización del alcalde del centro poblado Huancapampa como podemos ver en el Anexo 9 se tiene la carta de autorización para realizar la recolección y realización de trabajos en campo.

#### ➤ Levantamiento geodésico

Como podemos ver en el Mapa A-14, la ubicación de la zona en estudio de la presente tesis en la cual se realizó el trabajo de levantamiento geodésico y topográfico.

El levantamiento geodésico se realizó en referencia a un punto geodésico del IGN como se explica en la metodología y como se puede ver en el Anexo 9 el documento de conformidad de la adquisición del punto geodésico y en el Anexo 10 las especificaciones del Gps diferencial.

**Tabla 28**

*Coordenadas de los puntos geodésicos*

<b>Punto Geodésico</b>	<b>Nombre</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTITUD (m.s.n.m)</b>
Orden 0	<b>AN05</b>	223196.842	8945875.525	3085.823
Orden C	<b>BM-1</b>	231163.176	8924308.180	3405.215
Orden C	<b>BM-2</b>	231057.497	8924326.181	3399.705

*Nota.* En la tabla se muestra las coordenadas UTM del punto geodésico base del IGN de orden 0 (AN05) y los dos puntos de orden C establecidos en la zona de estudio BM-1 y BM-2.

#### ➤ Levantamiento topográfico

El trabajo de levantamiento topográfico se realizó con una estación total como se puede ver en el Anexo 10 las especificaciones del equipo. Mediante la metodología descrita anteriormente se realizó el levantamiento topográfico para el área de estudio como se muestra en el Mapa A-15 la ubicación de los puntos geodésicos y puntos de control y sus coordenadas respectivas.

Del procesamiento del levantamiento topográfico se obtuvo un modelo digital de elevación como se muestra en el Mapa A-16 el cual fue realizado en el entorno de ArcGIS.

➤ Coeficiente de rugosidad de Manning

Los valores de los coeficientes de rugosidad de Manning para el área de estudio se realizó mediante el trabajo de campo (observación directa) y gabinete como se muestra en la Tabla 29 los valores del coeficiente de rugosidad según las consideraciones establecidas en el cauce del río, mientras que en la Tabla 30 se tiene el valor del coeficiente de rugosidad del río Atoc Huacanca, en la Tabla 31 se muestran los valores del coeficiente de Manning del área de estudio y cómo podemos ver en el Mapa A-17 se tiene a distribución de los coeficientes de Manning.

**Tabla 29**

*Consideraciones del coeficiente de Manning en el cauce del río*

Consideraciones	Vistas fotográficas	Descripción	Valor del coeficiente de rugosidad
Material involucrado en el cauce		Grava gruesa	$\eta_0 = 0.028$
Grado de irregularidad presente en el fondo del cauce		Suave	$\eta_1 = 0.000$
Variaciones de la sección transversal		Ocasionalmente alternante	$\eta_2 = 0.005$
Efecto relativo de las obstrucciones		Insignificante	$\eta_3 = 0.000$

Vegetación en el cauce		Baja	$\eta_4 = 0.005$
Grado de los efectos por meandros		Menor	$m_5 = 1.000$

*Nota.* En la tabla se muestra las consideraciones tomadas al momento de asignar los valores del coeficiente de rugosidad en el cauce del río Atoc Huacanca.

**Tabla 30**

*Valores del coeficiente de rugosidad para el cauce del río*

Consideraciones del canal natural (Río )		Valores	
Material involucrado	Grava gruesa	n0	0.028
Grado de irregularidad	Suave	n1	0.000
Variaciones de la sección transversal	Ocasionalmente alternante	n2	0.005
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000
Vegetación	Baja	n4	0.005
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
<b>Coefficiente de rugosidad</b>	<b><math>n=(n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5</math></b>	<b>n</b>	<b>0.038</b>

*Nota.* En la tabla se muestra los valores del coeficiente de rugosidad como también el coeficiente de rugosidad de Manning del río Atoc Huacanca.

**Tabla 31**

*Coefficientes de rugosidad de Manning de la zona de estudio*

Zona de Estudio	Rugosidad de Manning (n)	Descripción
Cauce del Río	0.038	Grava gruesa, poca vegetación
Árboles	0.100	Algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales
Matorrales	0.050	Matorrales dispersos, mucha maleza
Pastizales	0.025	Pastos cortos sin matorrales
Terreno con troncos	0.040	Troncos sin retoños
Viviendas	0.030	Escasa presencia de árboles

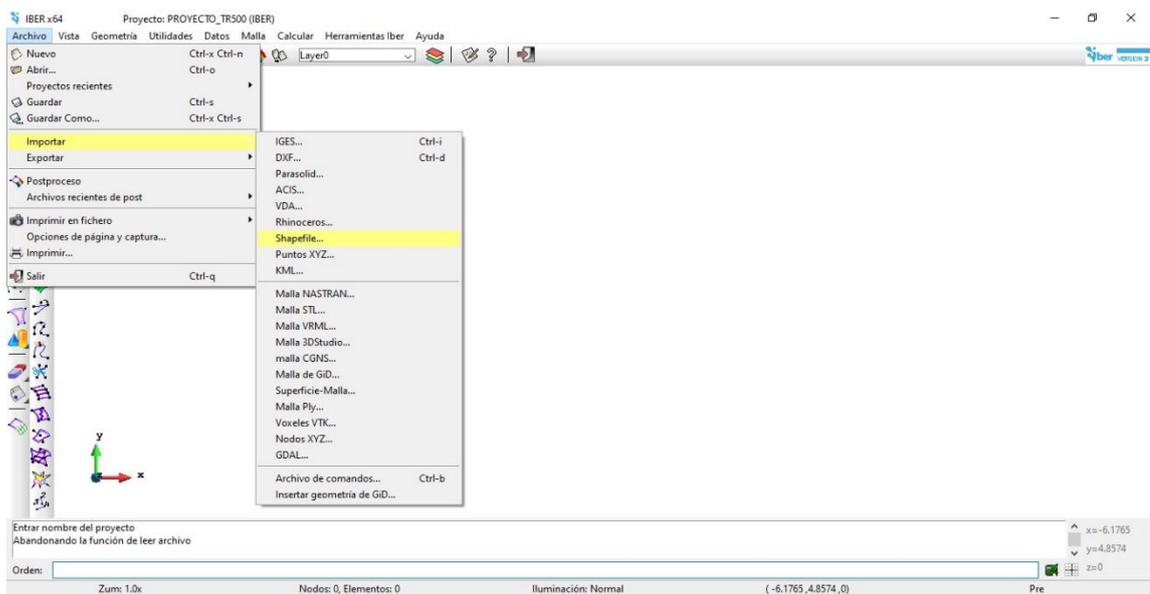
*Nota.* En la tabla se muestra los diferentes coeficientes de rugosidad de Manning que tiene la zona de estudio.

➤ Modelamiento hidráulico con el software Iber

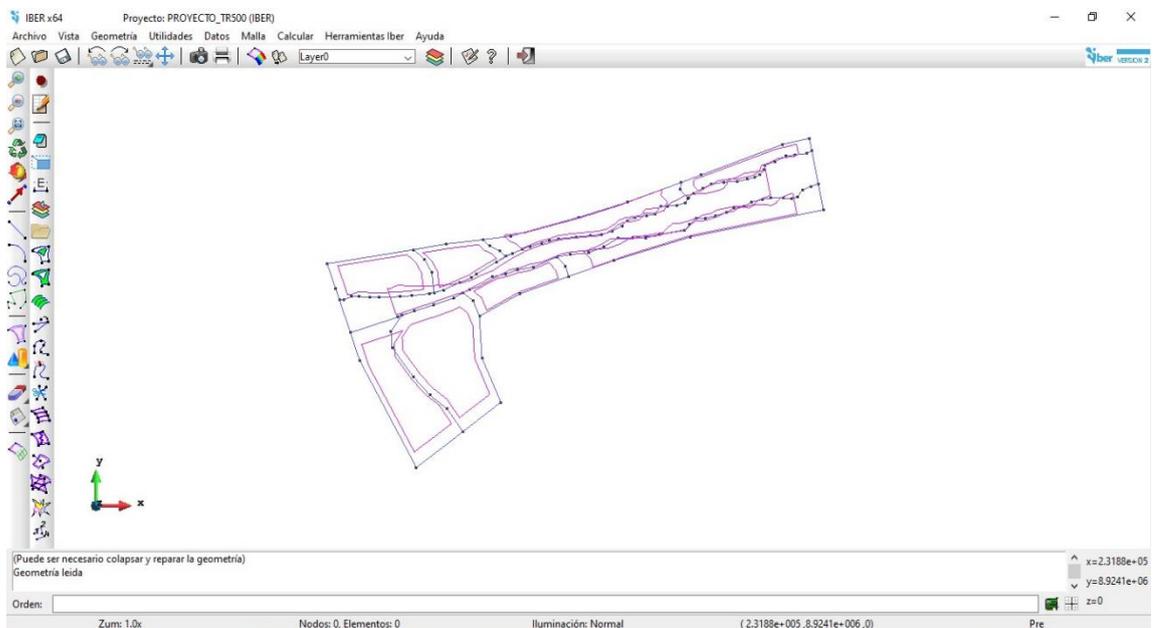
Mediante la metodología antes descrita y los resultados obtenidos de los estudios antes realizados, se procedió a realizar el modelamiento hidráulico con el software Iber, para lo cual se presentan los procesos para obtener los resultados de los tirantes de agua.

**Figura 28**

*Preproceso / importación de archivos de entrada*



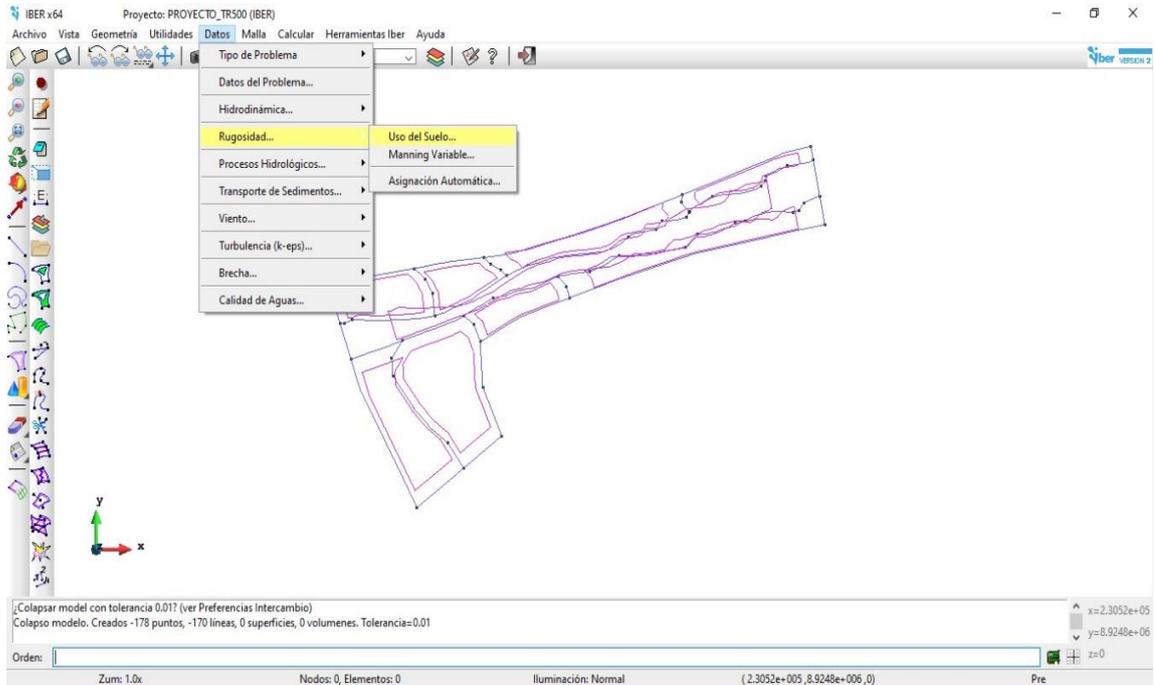
*Nota.* En la figura se muestra la ventana de importación del archivo en formato shapefile.



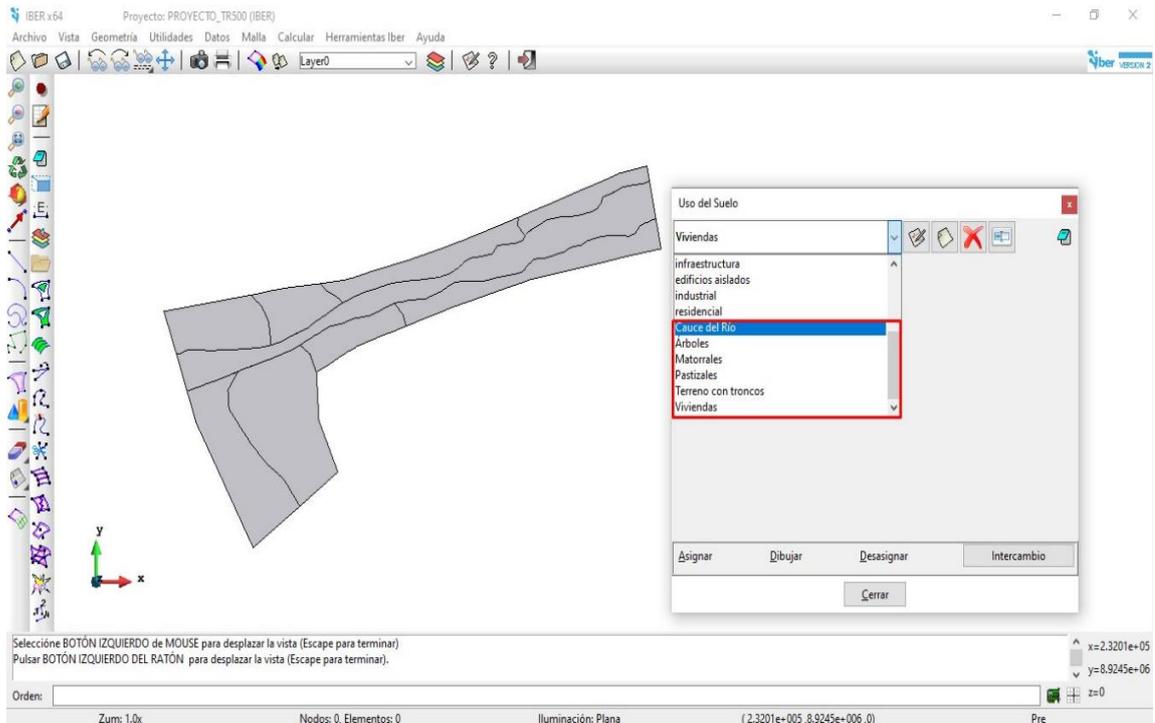
*Nota.* En la figura se muestra el archivo de ingreso de la geometría en formato shapefile del área de estudio.

**Figura 29**

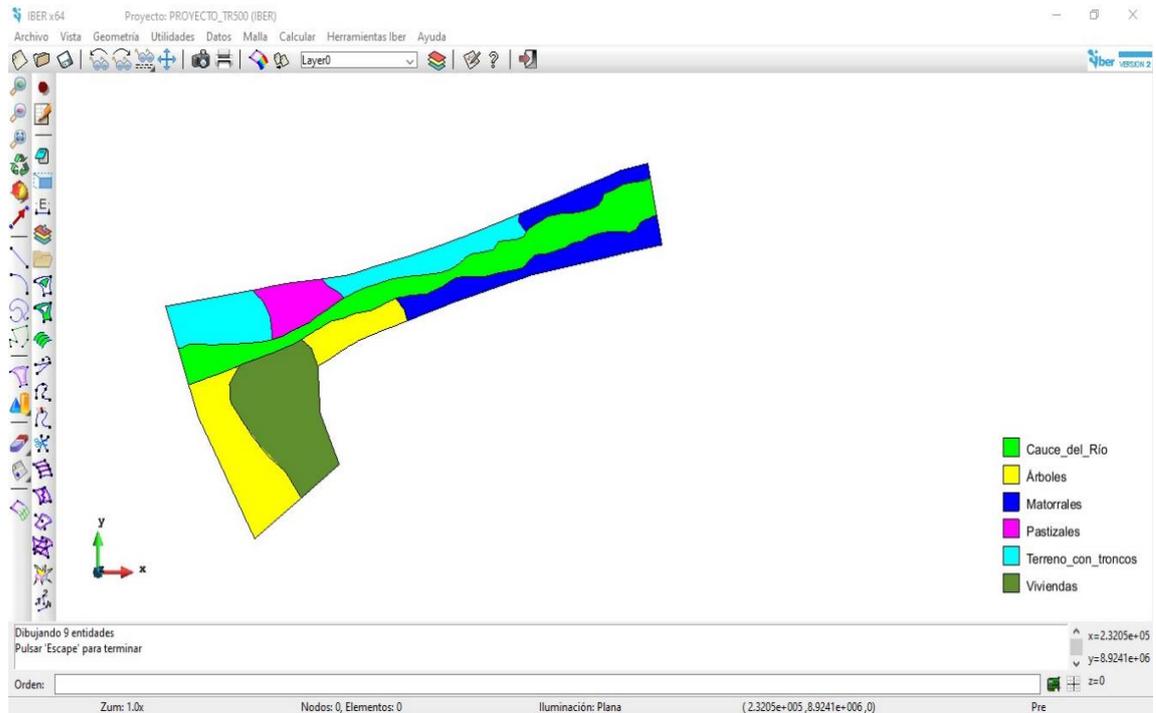
*Asignación de los coeficientes de rugosidad de Manning*



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de asignación del coeficiente de rugosidad a través del uso de suelo.



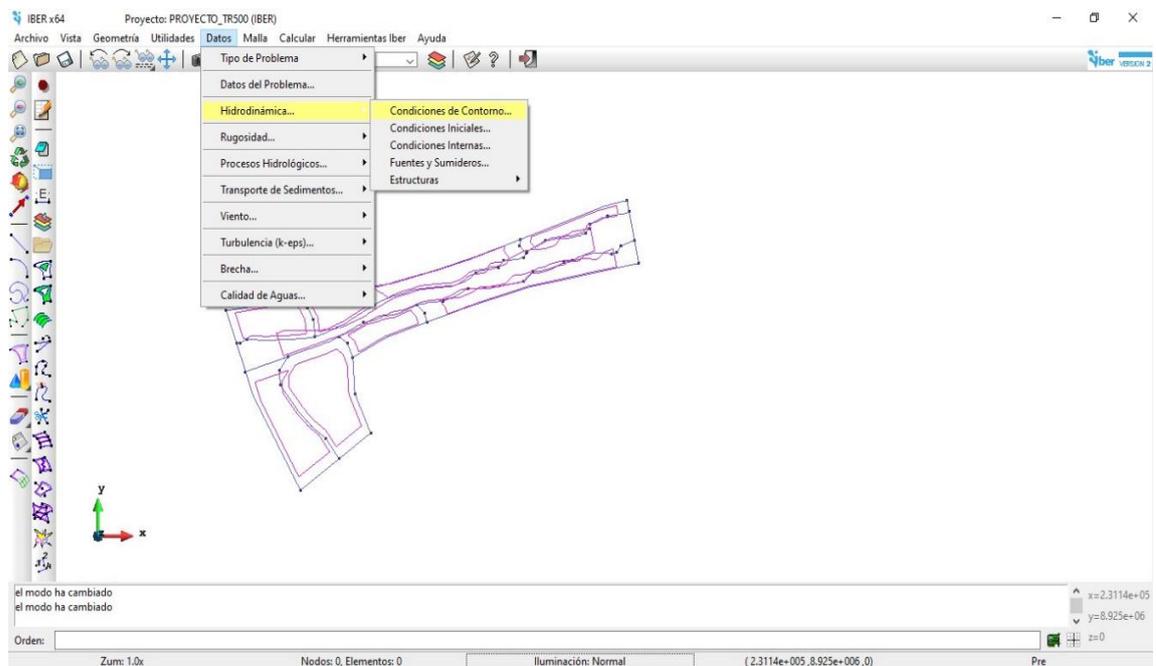
*Nota.* En la figura se muestra la ventana de creación de los coeficientes de rugosidad en el entorno de Iber.



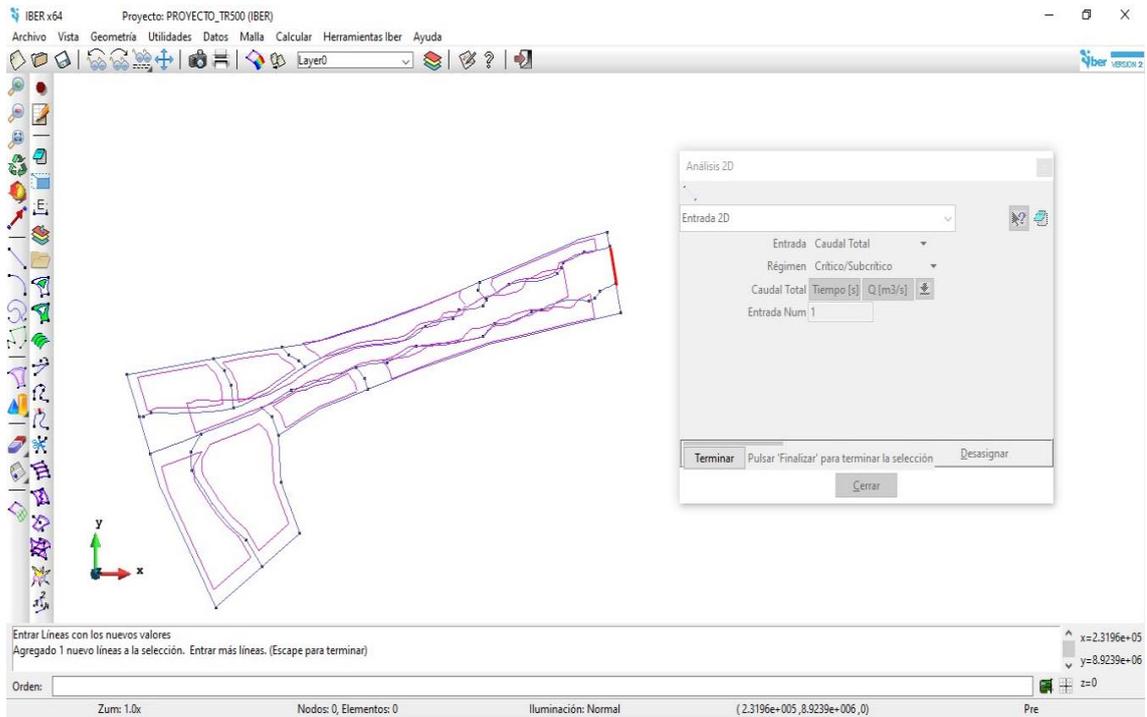
*Nota.* En la figura se muestra la asignación de los coeficientes de rugosidad antes creados al área de estudio.

**Figura 30**

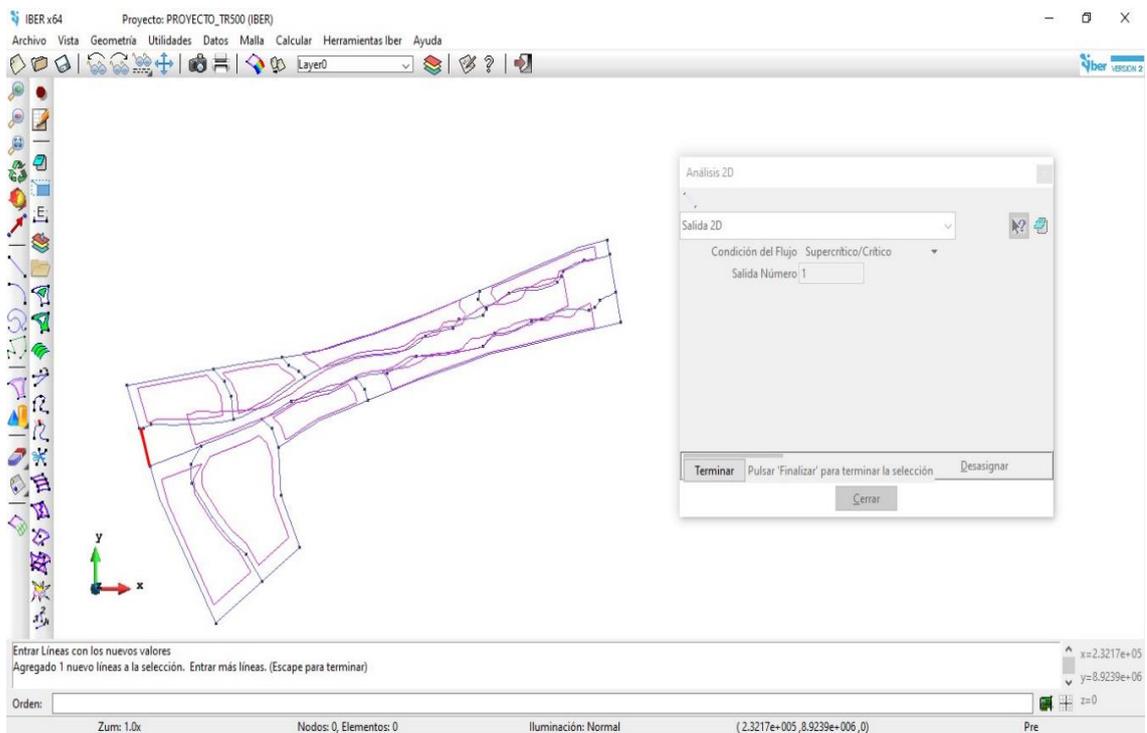
*Asignación de las condiciones de contorno Ingreso y Salida*



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de asignación de condición de contorno al área de estudio.



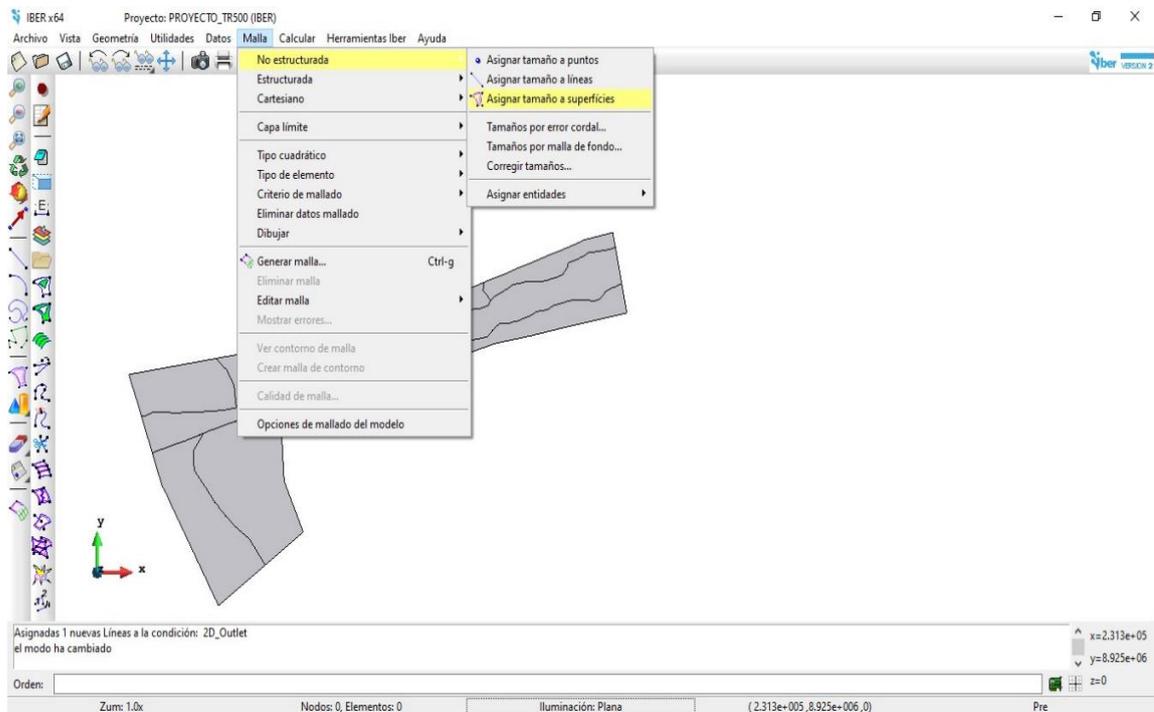
*Nota.* En la figura se muestra la asignación de la condición de contorno – Ingreso, en la parte superior de color rojo.



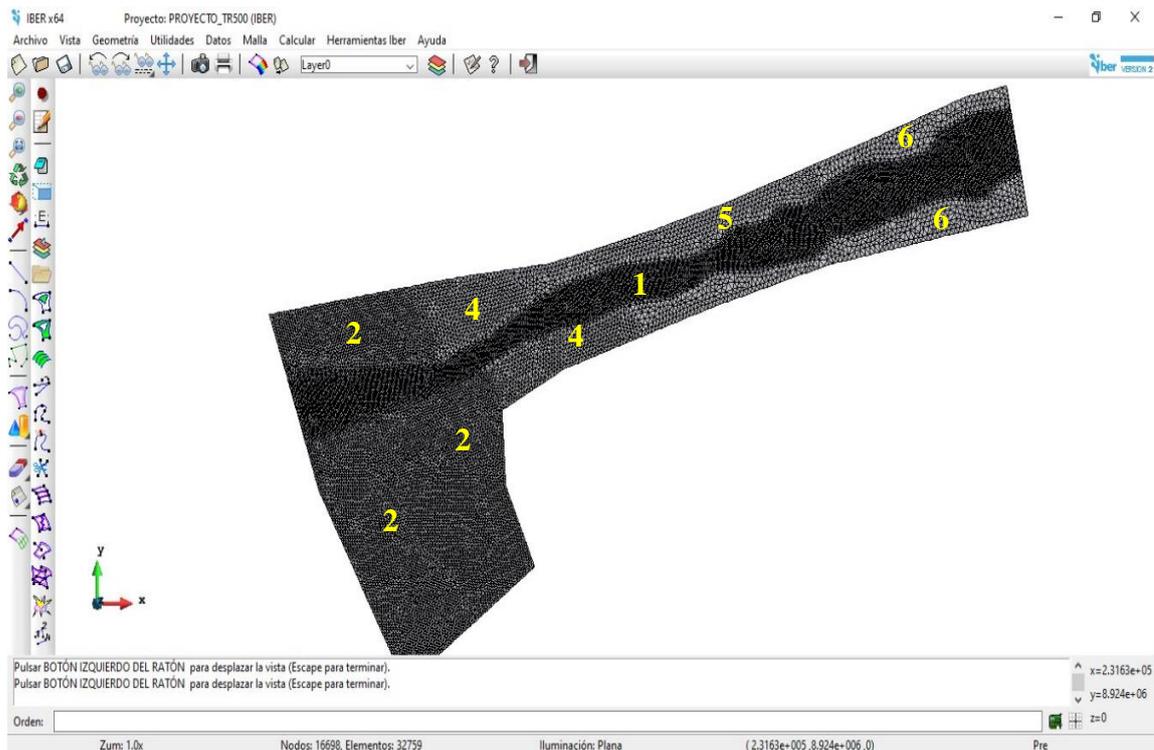
*Nota.* En la figura se muestra la asignación de la condición de contorno – Salida, en la parte inferior de color rojo.

**Figura 31**

*Generación del mallado*



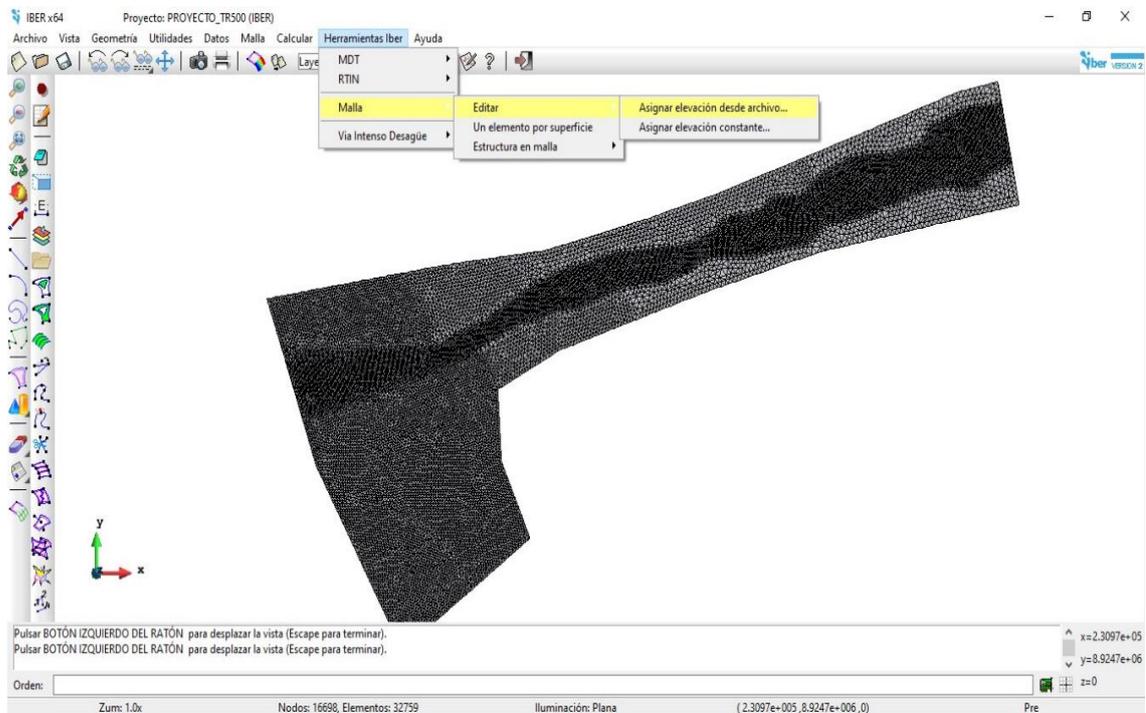
*Nota.* En la figura se muestra la ventana de asignación de la malla a través de una malla no estructurada.



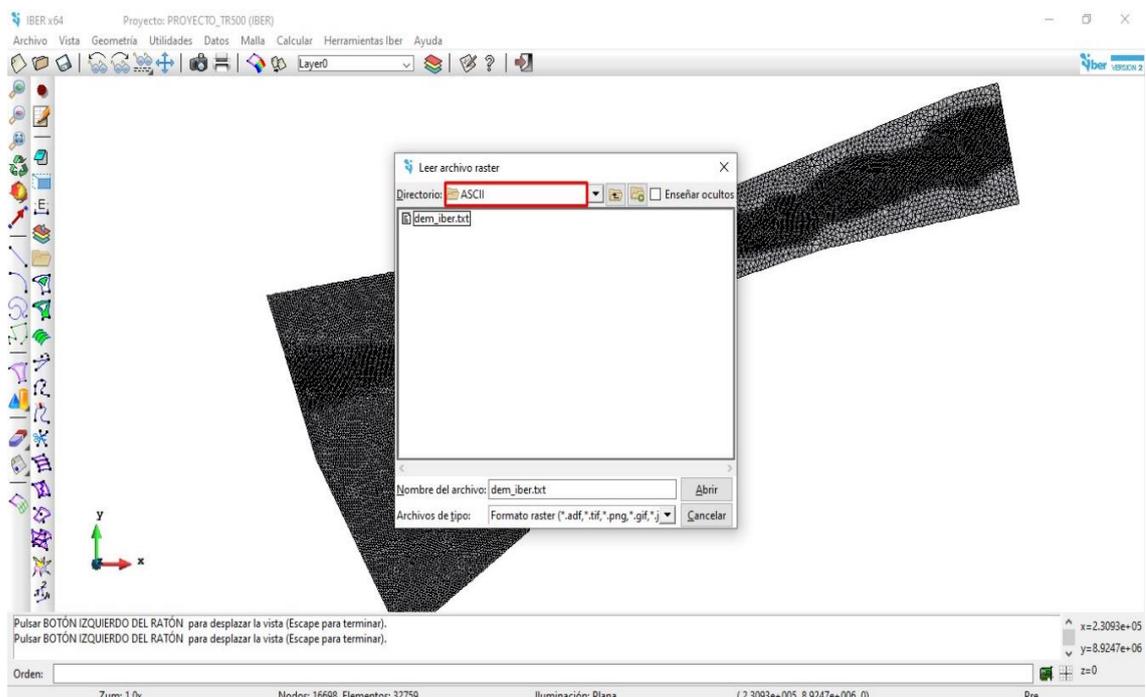
*Nota.* En la figura se muestra la asignación del tamaño de malla no estructural de 1, 2, 4, 5 y 6 metros asignándole menor valor a las áreas más importantes.

**Figura 32**

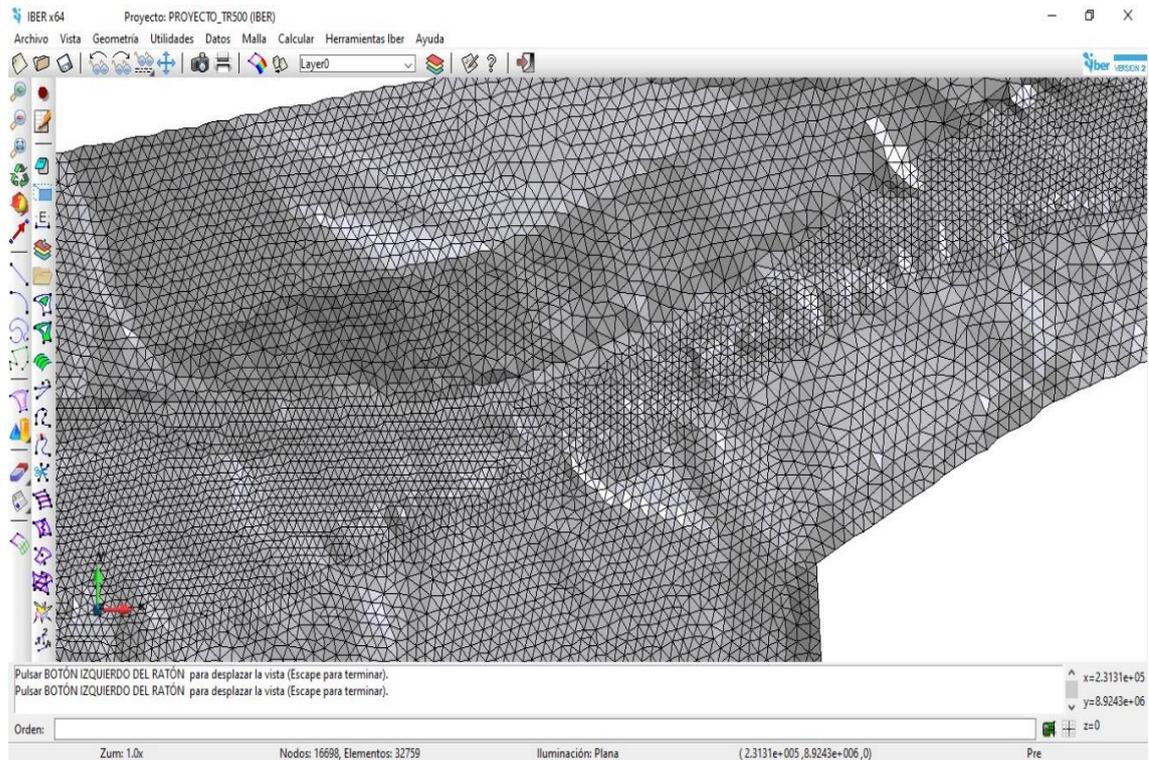
*Asignación de la elevación al mallado*



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de asignación de la malla.



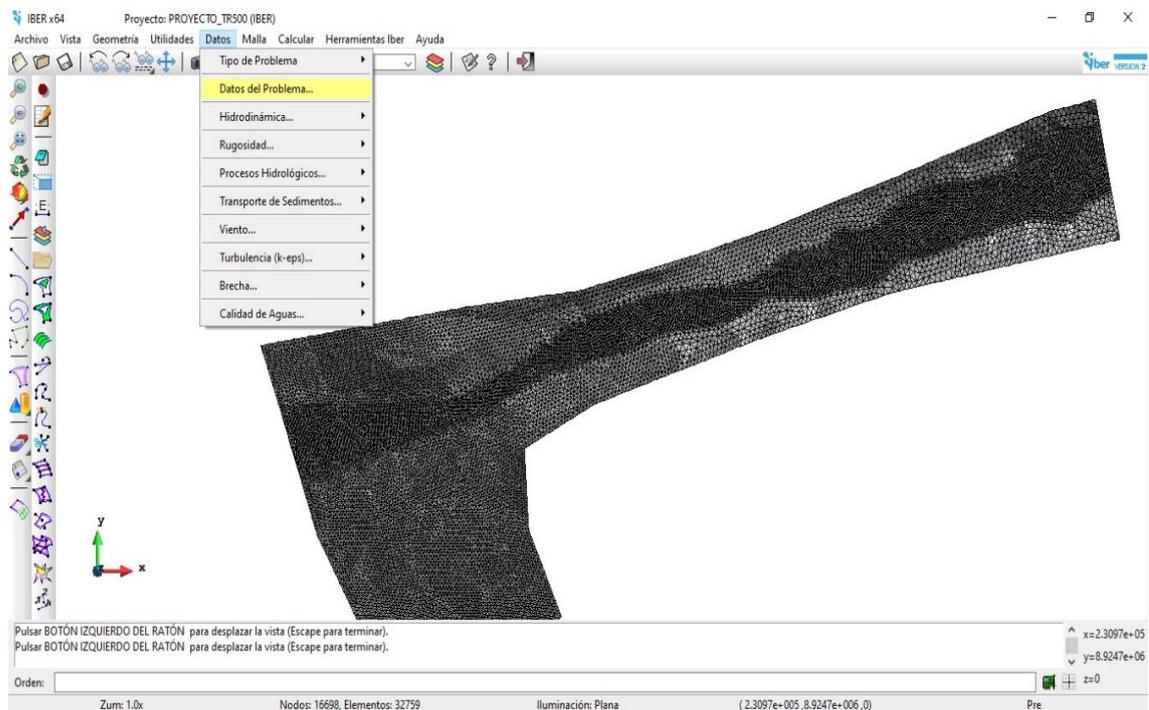
*Nota.* En la figura se muestra la importación de la elevación a través de la malla del área de estudio en formato ASCII.



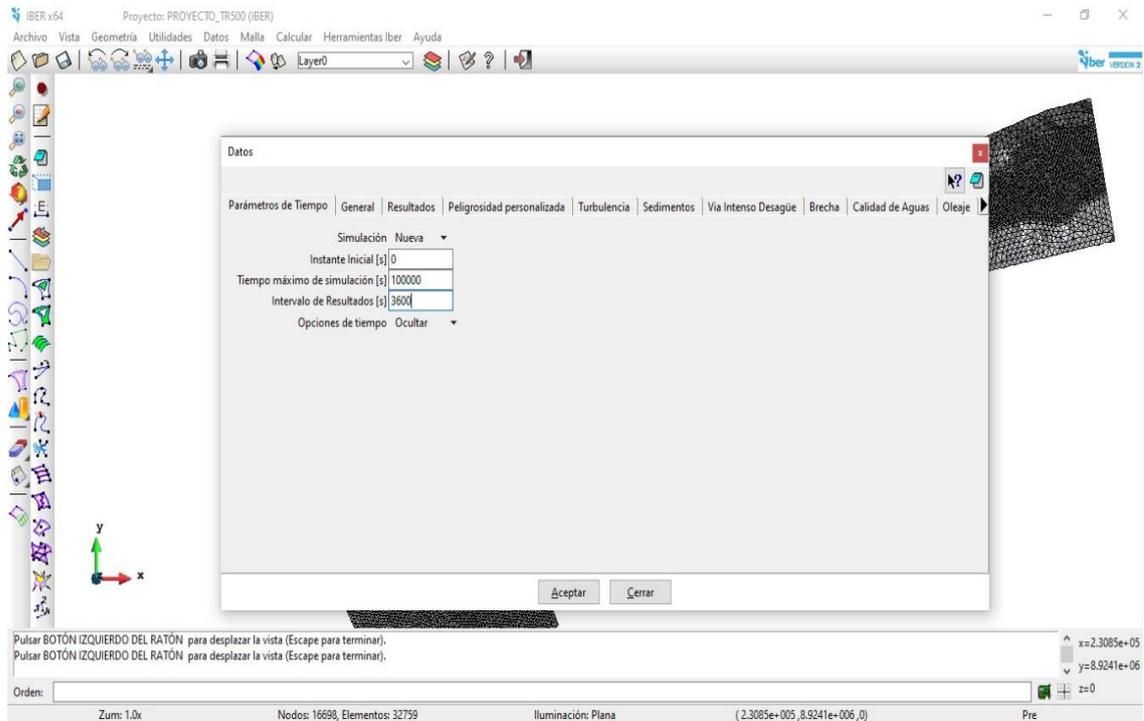
*Nota.* En la figura se muestra los diferentes tamaños de malla asignados al área de estudio.

### Figura 33

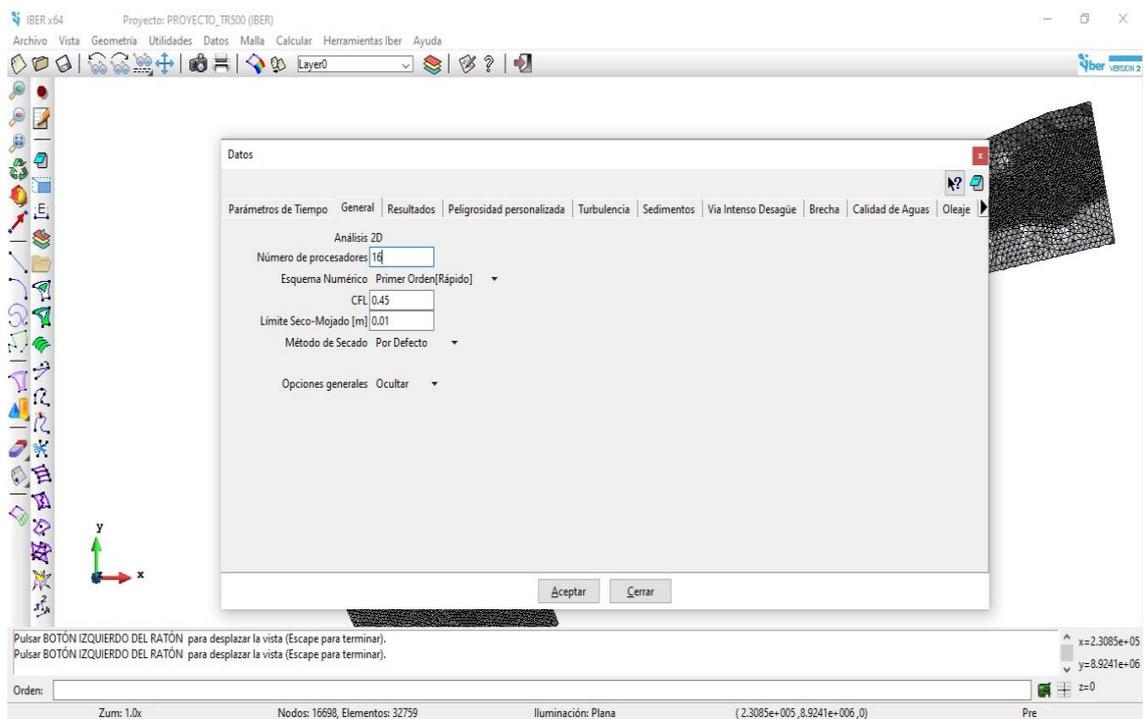
#### *Proceso / Ingreso de datos*



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de ingreso de datos del problema.



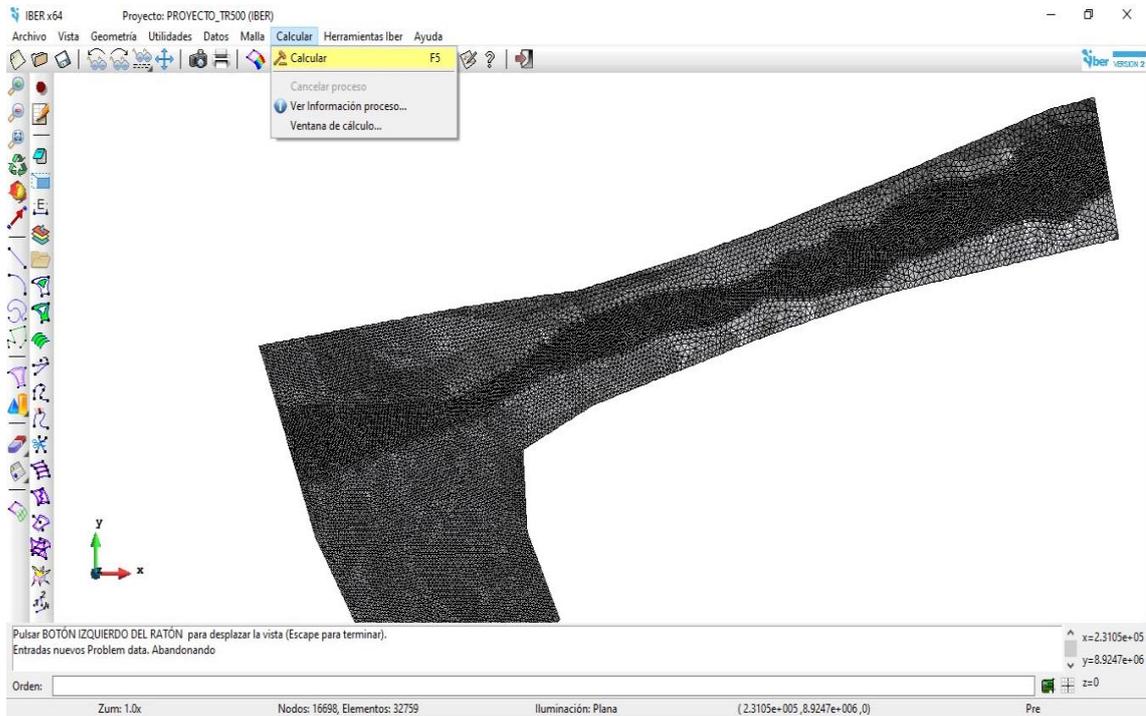
*Nota.* En la figura se muestra la ventana de ingreso de los parámetros de tiempo y los intervalos de resultados.



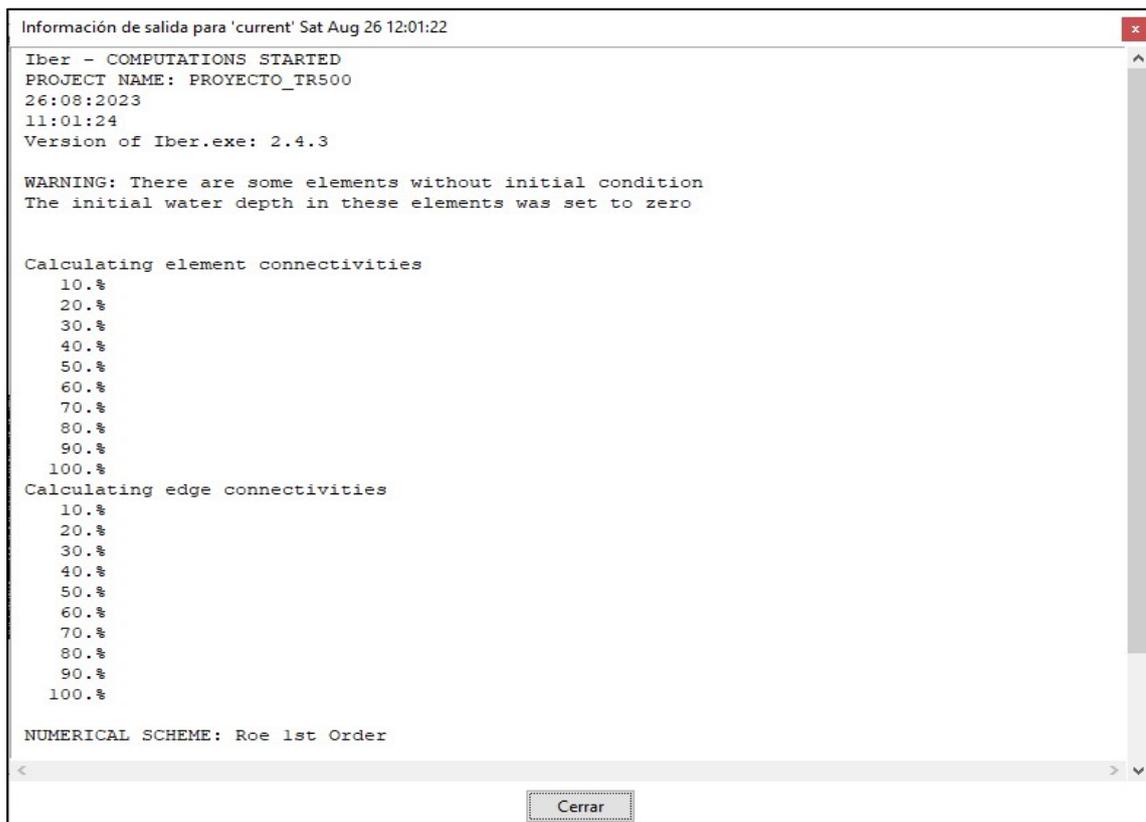
*Nota.* En la figura se muestra la ventana de ingreso de datos generales como el número de procesadores, CFL y el limite seco mojado asignado en la simulación.

**Figura 34**

*Corrida del modelo*



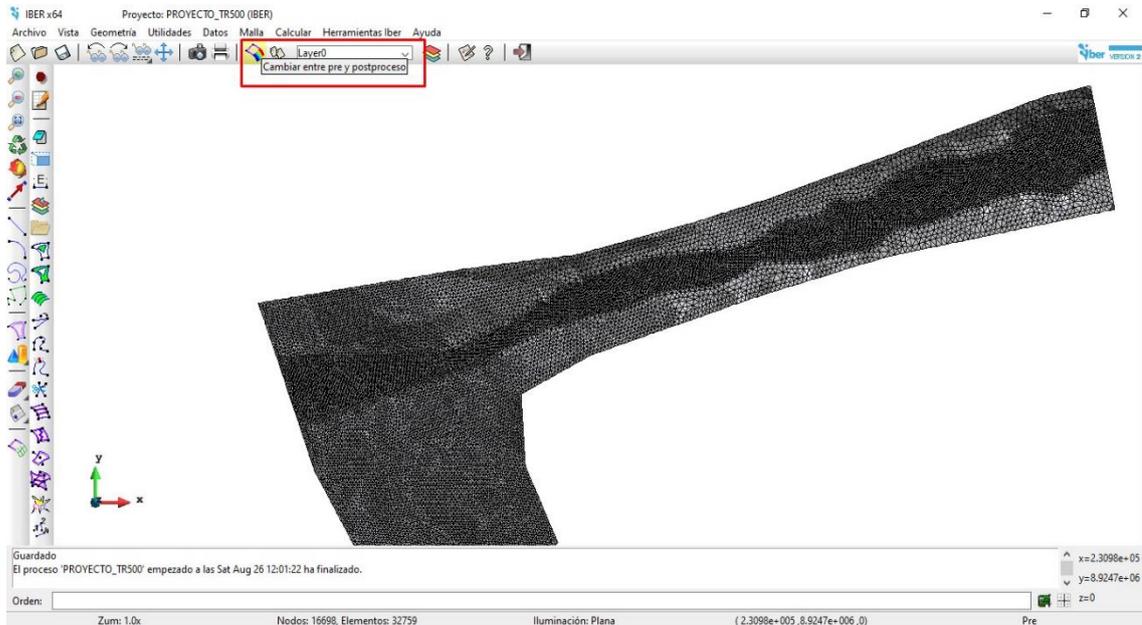
*Nota.* En la figura se muestra la ventana para realizar el proceso de cálculo.



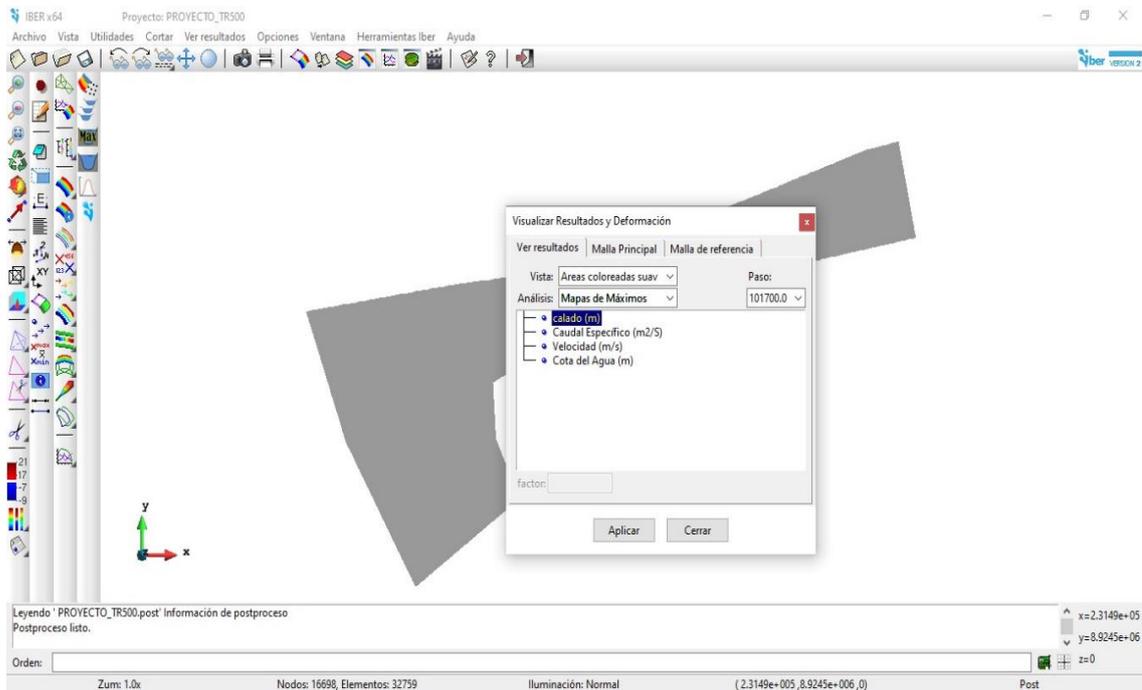
*Nota:* En la figura se muestra el inicio del procesamiento de cálculo.

**Figura 35**

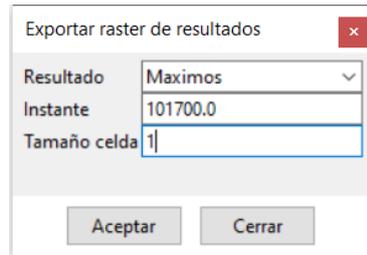
*Postproceso / obtención de los resultados*



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de cambio de preproceso a postproceso.



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de resultados con la selección del análisis de mapa de máximos y la opción del calado.



*Nota.* En la figura se muestra la ventana de exportación de resultados con un tamaño de celda de 1 metro.

Mediante el procedimiento del modelamiento hidráulico en el software Iber se obtuvo los tirantes de agua para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años los cuales fueron exportados en formato raster y cargados al software ArcGIS como podemos ver en los Mapas A-18 al A-21 se realizó los mapas de tirantes de agua en el cual el rango de tirante para el TR=50 años varia de (1.59-0.01) metros, para TR=100 años varia de (1.89-0.01) metros, para TR=200 años varia de (2.08-0.01) metros y para TR=500 años varia de (2.46-0.01) metros.

#### ***4.1.4. Determinación de los Niveles de Peligro***

Mediante la metodología descrita anteriormente se determinó los niveles de peligro por inundación en la quebrada Atoc Huacanca para lo cual se presenta los resultados de cada parámetro evaluado.

##### ➤ **Parámetro de evaluación**

El parámetro de evaluación considerado son los tirantes de agua los cuales fueron obtenidos del modelamiento hidráulico, es independiente por cada periodo de retorno debido a que se tiene diferentes escenarios los cuales se presentan a continuación.

##### ▪ **Tirante de agua TR= 50 años**

Como podemos ver en el Mapa A-18 se tiene el resultado del tirante de agua cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 32**

*Matriz de comparación de pares TR=50 años*

Tirante de agua	Altura 1.27-1.59 m	Altura 0.96-1.27 m	Altura 0.64-0.96 m	Altura 0.33-0.64 m	Altura 0.01-0.33 m
Altura 1.27-1.59 m	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Altura 0.96-1.27 m	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Altura 0.64-0.96 m	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Altura 0.33-0.64 m	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Altura 0.01-0.33 m	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto al tirante de agua para un TR=50 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asigno su valor correspondiente.

**Tabla 33**

*Matriz de normalización TR=50 años*

Tirante de agua	Altura 1.27-1.59 m	Altura 0.96-1.27 m	Altura 0.64-0.96 m	Altura 0.33-0.64 m	Altura 0.01-0.33 m	Vector Priorización
Altura 1.27-1.59 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Altura 0.96-1.27 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Altura 0.64-0.96 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Altura 0.33-0.64 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Altura 0.01-0.33 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 34**

*Vector suma ponderado TR=50 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 35**

*Índice y relación de consistencia TR=50 años*

	<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

▪ **Tirante de agua TR= 100 años**

Como podemos ver en el Mapa A-19 se tiene el resultado del tirante de agua cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 36**

*Matriz de comparación de pares TR=100 años*

<b>Tirante de agua</b>	<b>Altura 1.51-1.89 m</b>	<b>Altura 1.14-1.51 m</b>	<b>Altura 0.76-1.14 m</b>	<b>Altura 0.39-0.76 m</b>	<b>Altura 0.01-0.39 m</b>
<b>Altura 1.51-1.89 m</b>	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
<b>Altura 1.14-1.51 m</b>	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
<b>Altura 0.76-1.14 m</b>	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
<b>Altura 0.39-0.76 m</b>	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
<b>Altura 0.01-0.39 m</b>	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto al tirante de agua para un TR=100 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 37**

*Matriz de normalización TR=100 años*

Tirante de agua	Altura 1.51-1.89 m	Altura 1.14-1.51 m	Altura 0.76-1.14 m	Altura 0.39-0.76 m	Altura 0.01-0.39 m	Vector Priorización
Altura 1.51-1.89 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Altura 1.14-1.51 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Altura 0.76-1.14 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Altura 0.39-0.76 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Altura 0.01-0.39 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 38**

*Vector suma ponderado TR=100 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 39**

*Índice y relación de consistencia TR=100 años*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

▪ **Tirante de agua TR= 200 años**

Como podemos ver en el Mapa A-20 se tiene el resultado del tirante de agua cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 40**

*Matriz de comparación de pares TR=200 años*

Tirante de agua	Altura 1.67-2.08 m	Altura 1.25-1.67 m	Altura 0.84-1.25 m	Altura 0.42-0.84 m	Altura 0.01-0.42 m
Altura 1.67-2.08 m	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Altura 1.25-1.67 m	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Altura 0.84-1.25 m	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Altura 0.42-0.84 m	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Altura 0.01-0.42 m	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto al tirante de agua para un TR=200 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 41**

*Matriz de normalización TR=200 años*

Tirante de agua	Altura 1.67-2.08 m	Altura 1.25-1.67 m	Altura 0.84-1.25 m	Altura 0.42-0.84 m	Altura 0.01-0.42 m	Vector Priorización
Altura 1.67-2.08 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Altura 1.25-1.67 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Altura 0.84-1.25 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Altura 0.42-0.84 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Altura 0.01-0.42 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 42**

*Vector suma ponderado TR=200 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 43***Índice y relación de consistencia TR=200 años*

	<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

▪ **Tirante de agua TR= 500 años**

Como podemos ver en el Mapa A-21 se tiene el resultado del tirante de agua cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 44***Matriz de comparación de pares TR=500 años*

<b>Tirante de agua</b>	<b>Altura 1.97-2.46 m</b>	<b>Altura 1.48-1.97 m</b>	<b>Altura 0.99-1.48 m</b>	<b>Altura 0.50-0.99 m</b>	<b>Altura 0.01-0.50 m</b>
<b>Altura 1.97-2.46 m</b>	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
<b>Altura 1.48-1.97 m</b>	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
<b>Altura 0.99-1.48 m</b>	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
<b>Altura 0.50-0.99 m</b>	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
<b>Altura 0.01-0.50 m</b>	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto al tirante de agua para un TR=500 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 45**

*Matriz de normalización TR=500 años*

Tirante de agua	Altura 1.97-2.46 m	Altura 1.48-1.97 m	Altura 0.99-1.48 m	Altura 0.50-0.99 m	Altura 0.01-0.50 m	Vector Priorización
Altura 1.97-2.46 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Altura 1.48-1.97 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Altura 0.99-1.48 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Altura 0.50-0.99 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Altura 0.01-0.50 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 46**

*Vector suma ponderado TR=500 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 47**

*Índice y relación de consistencia TR=500 años*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

➤ Susceptibilidad

▪ **Factor Condicionante**

Los parámetros de los factores condicionantes a considerar fueron la pendiente, geomorfología y geología a los cuales se le realizó el análisis, para luego evaluar cada uno de ellos independientemente. Estos parámetros serán únicos en su evaluación en cada periodo de retorno.

**Tabla 48**

*Parámetros del factor condicionante*

Ítem	Parámetros
P1	Pendiente
P2	Geomorfología
P3	Geología

*Nota.* En la tabla se muestra los factores condicionantes considerados en el presente estudio.

**Tabla 49**

*Matriz de comparación de pares del factor condicionante*

Parámetro	Pendiente	Geomorfología	Geología
<b>Pendiente</b>	<b>1.00</b>	3.00	5.00
<b>Geomorfología</b>	0.33	<b>1.00</b>	3.00
<b>Geología</b>	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.53	4.33	9.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.65</b>	<b>0.23</b>	<b>0.11</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a la pendiente, geomorfología y geología en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 50**

*Matriz de normalización del factor condicionante*

Parámetro	Pendiente	Geomorfología	Geología	Vector Priorización
<b>Pendiente</b>	0.652	0.692	0.556	<b>0.633</b>
<b>Geomorfología</b>	0.217	0.231	0.333	<b>0.260</b>
<b>Geología</b>	0.130	0.077	0.111	<b>0.106</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 51***Vector suma ponderado del factor condicionante*

<b>Parámetro</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Geología</b>	<b>Vector Suma Ponderado</b>
<b>Pendiente</b>	0.633	0.781	0.531	1.946
<b>Geomorfología</b>	0.211	0.260	0.318	0.790
<b>Geología</b>	0.127	0.087	0.106	0.320

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 52***Índice y relación de consistencia del factor condicionante*

	<b>Vector Suma Ponderado/Vector Priorización</b>
	3.072
	3.033
	3.011
<b>Suma Promedio</b>	9.116
<b>IC</b>	<b>3.039</b>
<b>RC</b>	0.019
	<b>0.037</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando tres parámetros es 0.525 y la relación de consistencia RC por estar evaluando tres parámetros debe ser menor a 0.04.

**- Pendiente**

Como podemos ver en el Mapa A-22 se tiene el mapa de pendiente el cual fue realizado del levantamiento topográfico y el DEM obtenido anteriormente y mediante el cual se realizó su análisis que se presenta a continuación.

**Tabla 53***Matriz de comparación de pares de la pendiente*

<b>Pendiente</b>	<b>0° a 7°</b>	<b>7° a 15°</b>	<b>15° a 28°</b>	<b>28° a 40°</b>	<b>Mayor a 40°</b>
<b>0° a 7°</b>	<b>1.00</b>	2.00	5.00	6.00	7.00
<b>7° a 15°</b>	0.50	<b>1.00</b>	2.00	5.00	6.00
<b>15° a 28°</b>	0.20	0.50	<b>1.00</b>	2.00	5.00
<b>28° a 40°</b>	0.17	0.20	0.50	<b>1.00</b>	2.00
<b>Mayor a 40°</b>	0.14	0.17	0.20	0.50	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	2.01	3.87	8.70	14.50	21.00
<b>1/Suma</b>	0.50	0.26	0.11	0.07	0.05

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a la pendiente en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 54***Matriz de normalización de la pendiente*

Pendiente	0° a 7°	7° a 15°	15° a 28°	28° a 40°	Mayor a 40°	Vector Priorización
0° a 7°	0.498	0.517	0.575	0.414	0.333	<b>0.467</b>
7° a 15°	0.249	0.259	0.230	0.345	0.286	<b>0.274</b>
15° a 28°	0.100	0.129	0.115	0.138	0.238	<b>0.144</b>
28° a 40°	0.083	0.052	0.057	0.069	0.095	<b>0.071</b>
Mayor a 40°	0.071	0.043	0.023	0.034	0.048	<b>0.044</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 55***Vector suma ponderado de la pendiente*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.467	0.547	0.720	0.428	0.307	2.469
0.234	0.274	0.288	0.356	0.263	1.415
0.093	0.137	0.144	0.143	0.219	0.736
0.078	0.055	0.072	0.071	0.088	0.364
0.067	0.046	0.029	0.036	0.044	0.221

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 56***Índice y relación de consistencia de la pendiente*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.283
	5.171
	5.113
	5.101
	5.031
<b>Suma</b>	25.699
<b>Promedio</b>	5.140
<b>IC</b>	0.035
<b>RC</b>	<b>0.031</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

## - Geología

Como se muestra en la Tabla 57 se identificó cinco unidades geológicas en la zona de estudio las que podemos ver en el Mapa A-23.

**Tabla 57**

*Unidades geológicas del área de estudio*

<b>Unidades Geológicas</b>	
<i>Descripción</i>	<i>Simbología</i>
Deposito Coluvial	Q-cl
Deposito Fluvial	Q-fl
Deposito Aluvial	Q-al
Deposito Glaciofluvial	Qh-gf
Grupo Calipuy-Miembro inferior	PN-ca_i

*Nota.* En la tabla se muestra las unidades geológicas de la zona de estudio, así como su simbología.

- ✓ *Deposito Fluvial (Q-fl)*, Se ubica en el cauce del río Atoc Huacanca, está conformado por materiales sueltos que rellenan el cauce actual como curso hidrológico principal, así como el transporte de la parte alta de la micro cuenca Atoc Huacanca que arrastra el material en épocas de lluvia, relleno el cauce, constituidos por cantos rodados, quijarros y bloques redondeados, con relleno de gravas y arenas sueltas, tiene alta permeabilidad y baja compacidad.
- ✓ *Deposito Coluvial (Q-cl)*, generado debido al deslizamientos y desprendimiento de las rocas, materiales transportados pendiente abajo por flujos torrenciales ocasionados por las precipitaciones pluvial en la micro cuenca Atoc Huacanca, transportados por gravedad, constituido de fragmentos de rocas angulosas y sub angulosas.
- ✓ *Deposito Aluvial (Q-al)*, están conformados por materiales como la arena, limos, arcillas, gravas y bolonerías, los cuales se han ido depositando a lo largo de los años debido a los depósitos aluviales. Gran parte de la zona urbana del centro poblado Huancapampa está conformada de depósito aluvial la cual con el paso de los años fue conformado un sistema de terraza antigua, en una amplia ladera en la cual tiene escorrentía difusa la cual genera estos depósitos y conos aluviales.

- ✓ *Deposito Glaciofluvial (Qh-gf)*, compuestas por clastos heterogéneos y materiales conformados de arena, limo y arcilla provenientes de las capas de los glaciares que al pasar de los años fueron desprendidos y transportados, se ubican en los márgenes de los ríos debido a inundaciones generadas.
- ✓ *Grupo Calipuy -Miembro inferior (PN-ca\_i)*, conformada por piroclásticos, derrames, brechas y tufos de espesor considerable, consistente de conglomerados finos a gruesos con un delgado horizonte superior de areniscas tufáceas, perteneciendo al miembro inferior de aglomerados y areniscas y tobas de ceniza y lapilli.

Con la información y resultados obtenidos respecto a las unidades geológicas se procedió a evaluar este parámetro como se presenta a continuación.

**Tabla 58**

*Matriz de comparación de pares de la geología*

Formación Geológica	Deposito Fluvial	Deposito Coluvial	Deposito Aluvial	Deposito Glaciofluvial	Grupo Calipuy (Miembro inferior)
<b>Deposito Fluvial</b>	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
<b>Deposito Coluvial</b>	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
<b>Deposito Aluvial</b>	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
<b>Deposito Glaciofluvial</b>	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
<b>Grupo Calipuy (Miembro inferior)</b>	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a la geología en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 59**

*Matriz de normalización de la geología*

Formación Geológica	Deposito Fluvial	Deposito Coluvial	Deposito Aluvial	Deposito Glaciofluvial	Grupo Calipuy (Miembro inferior)	Vector Priorización
<b>Deposito Fluvial</b>	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
<b>Deposito Coluvial</b>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
<b>Deposito Aluvial</b>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
<b>Deposito Glaciofluvial</b>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
<b>Grupo Calipuy (Miembro inferior)</b>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 60**

*Vector suma ponderado de la geología*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 61**

*Índice y relación de consistencia de la geología*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

## - Geomorfología

Como se muestra en la Tabla 62 se determinó cinco unidades geomorfológicas en la zona de estudio las que podemos ver en el Mapa A-24.

**Tabla 62**

*Unidades geomorfológicas del área de estudio*

<b>Unidades Geomorfológicas</b>	
<i>Descripción</i>	<i>Simbología</i>
Terraza aluvial inundable	T-ai
Terraza aluvial media	T-am
Cauce del río	Río
Ladera de colina baja	L-cb
Ladera de colina alta	L-ca

Nota. En la tabla se muestra las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, así como su simbología.

- ✓ *Cauce del río (Río)*, Se caracteriza por la composición de gravas, arenas y cantos rodados las cuales han sido transportados por las corrientes de las aguas de la quebrada Atoc Huacanca desde la parte alta.
- ✓ *Terraza aluvial inundable (T-ai)*, son aquellos terrenos con pendientes inferiores a 15° aproximadamente, que se encuentran ubicadas en los costados de la llanura de inundación o costados del lecho principal del río, la cual presenta antigua acumulación de sedimentación fluvial del transporte del río Atoc Huacanca.
- ✓ *Terraza aluvial media (T-am)*, aquella geoforma con pendientes inferiores a 15° aproximadamente las cuales fueron formadas por la geodinámica fluvial de tiempos anteriores, en la mayoría son habitadas por viviendas, zonas de asentamientos humanos y terrenos agrícolas.
- ✓ *Ladera de colina baja (L-cb)*, son aquellos que tienen un relieve colinoso la cual se puede apreciar en la margen derecha del río Santa y frente a la ciudad de Recuay, con pendientes que son menores a los 28° con vegetaciones de árboles en la parte baja.

- ✓ *Ladera de colina alta (L-ca)*, es aquel relieve colinoso con elevación del terreno de forma abrupta la cual se puede apreciar en la margen derecha del río Atoc Huacanca parte alta, con pendientes que son mayor a los 28° con vegetaciones escasas y presencia de algunas rocas.

Con la información y resultados obtenidos respecto a las unidades geomorfológicas se procedió a evaluar este parámetro como se presenta a continuación.

**Tabla 63**

*Matriz de comparación de pares de la geomorfología*

Geomorfología	Cauce del río	Terraza aluvial inundable	Terraza aluvial media	Ladera de colina baja	Ladera de colina alta
Cauce del río	<b>1.00</b>	2.00	3.00	5.00	7.00
Terraza aluvial inundable	0.50	<b>1.00</b>	2.00	3.00	5.00
Terraza aluvial media	0.33	0.50	<b>1.00</b>	2.00	3.00
Ladera de colina baja	0.20	0.33	0.50	<b>1.00</b>	2.00
Ladera de colina alta	0.14	0.20	0.33	0.50	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
<b>1/Suma</b>	<b>0.46</b>	<b>0.25</b>	<b>0.15</b>	<b>0.09</b>	<b>0.06</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a la geomorfología en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 64**

*Matriz de normalización de la geomorfología*

Geomorfología	Cauce del río	Terraza aluvial inundable	Terraza aluvial media	Ladera de colina baja	Ladera de colina alta	Vector Priorización
Cauce del río	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	<b>0.444</b>
Terraza aluvial inundable	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	<b>0.262</b>
Terraza aluvial media	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	<b>0.153</b>
Ladera de colina baja	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	<b>0.089</b>
Ladera de colina alta	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	<b>0.053</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 65***Vector suma ponderado de la geomorfología*

<b>Resultados de la operación de matrices</b>					<b>Vector Suma Ponderado</b>
0.444	0.524	0.458	0.446	0.368	2.240
0.222	0.262	0.306	0.267	0.263	1.320
0.148	0.131	0.153	0.178	0.158	0.768
0.089	0.087	0.076	0.089	0.105	0.447
0.063	0.052	0.051	0.045	0.053	0.264

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 66***Índice y relación de consistencia de la geomorfología*

	<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
	5.049
	5.041
	5.024
	5.011
	5.015
<b>Suma</b>	25.140
<b>Promedio</b>	5.028
<b>IC</b>	0.007
<b>RC</b>	<b>0.006</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

#### ▪ **Factor Desencadenante**

El factor desencadenante está dado por las precipitaciones máximas de 24 horas de la zona de estudio la cual se evaluó en los diferentes periodos de retorno.

#### - **Precipitaciones máximas de 24 horas TR=50 años**

Como podemos ver en el Mapa A-25 se tiene el mapa de precipitaciones máximas de 24 horas del área de estudio cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 67**

*Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=50 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Precipitación 57.52-58.10 mm	Precipitación 56.93-57.52 mm	Precipitación 56.38-56.93 mm	Precipitación 55.81-56.38 mm	Precipitación 55.29-55.81 mm
Precipitación 57.52-58.10 mm	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Precipitación 56.93-57.52 mm	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Precipitación 56.38-56.93 mm	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Precipitación 55.81-56.38 mm	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Precipitación 55.29-55.81 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a las precipitaciones máximas para TR=50 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 68**

*Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=50 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Prec. 57.52-58.10 mm	Prec. 56.93-57.52 mm	Prec. 56.38-56.93 mm	Prec. 55.81-56.38 mm	Prec 55.29-55.81 mm	Vector Priorización
Prec. 57.52-58.10 mm	<b>0.560</b>	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Prec. 56.93-57.52 mm	<b>0.187</b>	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Prec. 56.38-56.93 mm	<b>0.112</b>	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Prec. 55.81-56.38 mm	<b>0.080</b>	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Prec. 55.29-55.81 mm	<b>0.062</b>	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 69***Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=50 años*

<b>Resultados de la operación de matrices</b>					<b>Vector Suma Ponderado</b>
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 70***Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=50 años*

	<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

#### - Precipitaciones máximas de 24 horas TR=100 años

Como podemos ver en el Mapa A-26 se tiene el mapa de precipitaciones máximas de 24 horas del área de estudio cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 71**

*Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=100 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Precipitación 63.63-64.48 mm	Precipitación 63.02-63.63 mm	Precipitación 62.38-63.02 mm	Precipitación 61.64-62.38 mm	Precipitación 60.93-61.64 mm
Precipitación 63.63-64.48 mm	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Precipitación 63.02-63.63 mm	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Precipitación 62.38-63.02 mm	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Precipitación 61.64-62.38 mm	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Precipitación 60.93-61.64 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a las precipitaciones máximas para TR=100 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 72**

*Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=100 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Prec. 63.63-64.48 mm	Prec. 63.02-63.63 mm	Prec. 62.38-63.02 mm	Prec. 61.64-62.38 mm	Prec. 60.93-61.64 mm	Vector Priorización
Prec. 63.63-64.48 mm	<b>0.560</b>	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Prec. 63.02-63.63 mm	<b>0.187</b>	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Prec. 62.38-63.02 mm	<b>0.112</b>	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Prec. 61.64-62.38 mm	<b>0.080</b>	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Prec. 60.93-61.64 mm	<b>0.062</b>	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 73**

*Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=100 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 74**

*Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=100 años*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

#### - Precipitaciones máximas de 24 horas TR=200 años

Como podemos ver en el Mapa A-27 se tiene el mapa de precipitaciones máximas de 24 horas del área de estudio cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 75**

*Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=200 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Precipitación 71.01-72.64 mm	Precipitación 70.15-71.01 mm	Precipitación 69.32-70.15 mm	Precipitación 68.35-69.32 mm	Precipitación 67.39-68.35 mm
Precipitación 71.01-72.64 mm	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Precipitación 70.15-71.01 mm	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Precipitación 69.32-70.15 mm	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Precipitación 68.35-69.32 mm	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Precipitación 67.39-68.35 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a las precipitaciones máximas para TR=200 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asignó su valor correspondiente.

**Tabla 76**

*Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=200 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Prec. 71.01-72.64 mm	Prec. 70.15-71.01 mm	Prec. 69.32-70.15 mm	Prec. 68.35-69.32 mm	Prec. 67.39-68.35 mm	Vector Priorización
Prec. 71.01-72.64 mm	<b>0.560</b>	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Prec. 70.15-71.01 mm	<b>0.187</b>	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Prec. 69.32-70.15 mm	<b>0.112</b>	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Prec. 68.35-69.32 mm	<b>0.080</b>	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Prec. 67.39-68.35 mm	<b>0.062</b>	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 77**

*Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=200 años*

<b>Resultados de la operación de matrices</b>					<b>Vector Suma Ponderado</b>
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 78**

*Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=200 años*

	<b>Vector Suma Ponderado / Vector Priorización</b>
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

#### **- Precipitaciones máximas de 24 horas TR=500 años**

Como podemos ver en el Mapa A-28 se tiene el mapa de precipitaciones máximas de 24 horas del área de estudio cuyo análisis del parámetro de evaluación se presenta a continuación.

**Tabla 79**

*Matriz de comparación de pares de las precipitaciones máximas TR=500 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Precipitación 80.39-82.60 mm	Precipitación 79.19-80.39 mm	Precipitación 78.02-79.19 mm	Precipitación 76.87-78.02 mm	Precipitación 75.81-76.87 mm
Precipitación 80.39-82.60 mm	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00	9.00
Precipitación 79.19-80.39 mm	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00	7.00
Precipitación 78.02-79.19 mm	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00	5.00
Precipitación 76.87-78.02 mm	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>	3.00
Precipitación 75.81-76.87 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
<b>1/Suma</b>	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de pares respecto a las precipitaciones máximas para TR=500 años en la cual mediante la escala de Saaty se asignó la valoración numérica siendo así que cada parámetro de igual comparación tiene el valor 1 mientras que la valoración de uno respecto al otro se le asigno su valor correspondiente.

**Tabla 80**

*Matriz de normalización de las precipitaciones máximas TR=500 años*

Precipitaciones máximas de 24 hr	Prec. 80.39-82.60 mm	Prec. 79.19-80.39 mm	Prec. 78.02-79.19 mm	Prec. 76.87-78.02 mm	Prec. 75.81-76.87 mm	Vector Priorización
Prec. 80.39-82.60 mm	<b>0.560</b>	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Prec. 79.19-80.39 mm	<b>0.187</b>	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Prec. 78.02-79.19 mm	<b>0.112</b>	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Prec. 76.87-78.02 mm	<b>0.080</b>	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Prec. 75.81-76.87 mm	<b>0.062</b>	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la matriz de comparación de normalización y los valores del vector priorización obtenidas del promedio de los parámetros evaluados los cuales son los pesos del parámetro a evaluar.

**Tabla 81***Vector suma ponderado de las precipitaciones máximas TR=500 años*

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderado
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

*Nota.* En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderado obtenido de la operación de los valores de la matriz de comparación de pares con el vector priorización.

**Tabla 82***Índice y relación de consistencia de las precipitaciones máximas TR=500 años*

	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
<b>Suma</b>	26.213
<b>Promedio</b>	5.243
<b>IC</b>	0.061
<b>RC</b>	<b>0.054</b>

*Nota.* En la tabla se muestra el índice de consistencia IC cuyo índice aleatorio por estar evaluando cinco parámetros es 1.115 y la relación de consistencia RC por estar evaluando cinco parámetros debe ser menor a 0.10.

➤ Niveles de peligro

La obtención de los niveles de peligro por inundación se realizó en referencia a cada uno de los parámetros estudiados para cada periodo de retorno, a continuación, se presenta un resumen de cada parámetro y descriptor con sus respectivos pesos asignados, como también los niveles de peligro.

**Tabla 83**

*Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=50 años*

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
		Nombre	Peso	Nombre	Peso	Clasificación	Peso
Susceptibilidad	40%	Condicionante	70%	Geomorfología	0.633	0° a 7°	0.467
						7° a 15°	0.274
						15° a 28°	0.144
						28° a 40°	0.071
						Mayor a 40°	0.044
				Geología	0.106	Cauce del río	0.444
						Terraza aluvial inundable	0.262
						Terraza aluvial media	0.153
						Ladera de colina baja	0.089
						Ladera de colina alta	0.053
						Deposito Fluvial	0.503
						Deposito Coluvial	0.260
						Deposito Aluvial	0.134
						Deposito Glaciofluvial	0.068
						Grupo Calipuy (Miembro inferior)	0.035
Desencadenante	30%	Precipitación máxima de 24hr	1.000	Precipitación 57.52-58.10 mm	0.503		
				Precipitación 56.93-57.52 mm	0.260		
				Precipitación 56.38-56.93 mm	0.134		
				Precipitación 55.81-56.38 mm	0.068		
				Precipitación 55.29-55.81 mm	0.035		
Parámetro de Evaluación	60%	Tirante de Agua	1.000	Altura 1.27-1.59 m	0.503		
				Altura 0.96-1.27 m	0.260		
				Altura 0.64-0.96 m	0.134		
				Altura 0.33-0.64 m	0.068		
				Altura 0.01-0.33 m	0.035		

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los descriptores y los parámetros evaluados con sus respectivos pesos ya antes obtenidos para un TR=50 años.



**Tabla 84**

*Niveles de peligro por inundación TR=50 años*

SUSCEPTIBILIDAD			FACTOR DESENCADENANTE	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO
40%						
FACTORES CONDICIONANTES			Precipitación máxima de 24hr	Tirante de Agua	VP	NIVELES DE PELIGRO
70%		30%				
Pendiente	Geomorfología	Geología				
<b>0.633</b>	<b>0.260</b>	<b>0.106</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>VP</b>	<b>0.263&lt;=P&lt;=0.492</b> MUY ALTO
0.467	0.444	0.503	0.503	0.503	<b>0.492</b>	<b>0.137&lt;=P&lt;0.263</b> ALTO
0.274	0.262	0.260	0.260	0.260	<b>0.263</b>	<b>0.070&lt;=P&lt;0.137</b> MEDIO
0.144	0.153	0.134	0.134	0.134	<b>0.137</b>	<b>0.038&lt;=P&lt;0.070</b> BAJO
0.071	0.089	0.068	0.068	0.068	<b>0.070</b>	
0.044	0.053	0.035	0.035	0.035	<b>0.038</b>	

*Nota.* En la tabla se muestra los valores de los parámetros evaluados con sus pesos asignados, como también los rangos de los niveles de peligro obtenidos para un periodo de retorno de 50 años.

En resumen, los pesos asignados a los descriptores se obtuvieron independientemente en cada análisis, el peso asignado al parámetro de precipitaciones máximas de 24 hr y tirante de agua fue de 1 por ser solo un parámetro evaluando, para el factor condicionante y desencadenante se le asignó un mayor peso al factor condicionante por tener tres parámetros evaluando y por estar continuamente en el lugar, en referencia al factor desencadenante cuya presencia se da por un periodo de tiempo y para la susceptibilidad se asignó un peso de 40% por ser menos relevante en comparación al parámetro que se está evaluando como es el tirante de agua con un peso de 60% para un primer escenario de TR= 50 años.



**Tabla 85**

*Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=100 años*

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR			
		Nombre	Peso	Nombre	Peso	Clasificación	Peso		
Susceptibilidad	35%	Condicionante	65%	Geomorfología	0.260	0° a 7°	0.467		
						7° a 15°	0.274		
						15° a 28°	0.144		
						28° a 40°	0.071		
						Mayor a 40°	0.044		
		Desencadenante	35%	Precipitación máxima de 24hr	1.000	Geología	0.106	Cauce del río	0.444
								Terraza aluvial inundable	0.262
								Terraza aluvial media	0.153
								Ladera de colina baja	0.089
								Ladera de colina alta	0.053
								Deposito Fluvial	0.503
								Deposito Coluvial	0.260
								Deposito Aluvial	0.134
								Deposito Glaciofluvial	0.068
								Grupo Calipuy (Miembro inferior)	0.035
Parámetro de Evaluación	65%	Tirante de Agua	1.000			Precipitación 63.63-64.48 mm	0.503		
						Precipitación 63.02-63.63 mm	0.260		
						Precipitación 62.38-63.02 mm	0.134		
						Precipitación 61.64-62.38 mm	0.068		
						Precipitación 60.93-61.64 mm	0.035		
						Altura 1.51-1.89 m	0.503		
						Altura 1.14-1.51 m	0.260		
						Altura 0.76-1.14 m	0.134		
						Altura 0.39-0.76 m	0.068		
						Altura 0.01-0.39 m	0.035		

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los descriptores y los parámetros evaluados con sus respectivos pesos ya antes obtenidos para un TR=100 años.

**Tabla 86**

*Niveles de peligro por inundación TR=100 años*

SUSCEPTIBILIDAD			PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO		
35%							
FACTORES CONDICIONANTES			FACTOR DESENCADENANTE	65%	NIVELES DE PELIGRO		
65%			Precipitación máxima de 24hr			Tirante de Agua	
Pendiente	Geomorfología	Geología	1	1	VP		
0.633	0.260	0.106	1	1	VP	0.262 ≤ P ≤ 0.494	MUY ALTO
0.467	0.444	0.503	0.503	0.503	0.494	0.137 ≤ P < 0.262	ALTO
0.274	0.262	0.260	0.260	0.260	0.262	0.070 ≤ P < 0.137	MEDIO
0.144	0.153	0.134	0.134	0.134	0.137	0.037 ≤ P < 0.070	BAJO
0.071	0.089	0.068	0.068	0.068	0.070		
0.044	0.053	0.035	0.035	0.035	0.037		

*Nota.* En la tabla se muestra los valores de los parámetros evaluados con sus pesos asignados, como también los rangos de los niveles de peligro obtenidos para un periodo de retorno de 100 años.

En resumen, los pesos asignados a los descriptores se obtuvieron independientemente en cada análisis, el peso asignado al parámetro de precipitaciones máximas de 24 hr y tirante de agua fue de 1 por ser solo un parámetro evaluando, para el factor condicionante y desencadenante se le asignó un mayor peso al factor condicionante por tener tres parámetros evaluando y por estar continuamente en el lugar, en referencia al factor desencadenante cuya presencia se da por un periodo de tiempo y para la susceptibilidad se asignó un peso de 35% por ser menos relevante en comparación al parámetro que se está evaluando como es el tirante de agua con un peso de 65% para un primer escenario de TR= 100 años.



**Tabla 87**

*Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=200 años*

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
		Nombre	Peso	Nombre	Peso	Clasificación	Peso
Susceptibilidad	30%	Condicionante	60%	Pendiente	0.633	0° a 7°	0.467
						7° a 15°	0.274
						15° a 28°	0.144
						28° a 40°	0.071
						Mayor a 40°	0.044
				Geomorfología	0.260	Cauce del río	0.444
						Terraza aluvial inundable	0.262
						Terraza aluvial media	0.153
						Ladera de colina baja	0.089
						Ladera de colina alta	0.053
						Deposito Fluvial	0.503
						Deposito Coluvial	0.260
						Deposito Aluvial	0.134
						Deposito Glaciofluvial	0.068
						Grupo Calipuy (Miembro inferior)	0.035
Desencadenante	40%	Precipitación máxima de 24hr	1.000	Precipitación 71.01-72.64 mm	0.503		
				Precipitación 70.15-71.01 mm	0.260		
				Precipitación 69.32-70.15 mm	0.134		
				Precipitación 68.35-69.32 mm	0.068		
				Precipitación 67.39-68.35 mm	0.035		
Parámetro de Evaluación	70%	Tirante de Agua	1.000	Altura 1.67-2.08 m	0.503		
				Altura 1.25-1.67 m	0.260		
				Altura 0.84-1.25 m	0.134		
				Altura 0.42-0.84 m	0.068		
				Altura 0.01-0.42 m	0.035		

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los descriptores y los parámetros evaluados con sus respectivos pesos ya antes obtenidos para un TR=200 años.

**Tabla 88**

*Niveles de peligro por inundación TR=200 años*

SUSCEPTIBILIDAD			PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO	
30%						70%
FACTORES CONDICIONANTES			FACTOR DESENCADENANTE			
60%			40%			
Pendiente	Geomorfología	Geología	Precipitación máxima de 24hr	Tirante de Agua		
<b>0.633</b>	<b>0.260</b>	<b>0.106</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>VP</b>	<b>NIVELES DE PELIGRO</b>
0.467	0.444	0.503	0.503	0.503	<b>0.496</b>	<b>0.262&lt;=P&lt;=0.496</b> MUY ALTO
0.274	0.262	0.260	0.260	0.260	<b>0.262</b>	<b>0.136&lt;=P&lt;0.262</b> ALTO
0.144	0.153	0.134	0.134	0.134	<b>0.136</b>	<b>0.069&lt;=P&lt;0.136</b> MEDIO
0.071	0.089	0.068	0.068	0.068	<b>0.069</b>	<b>0.037&lt;=P&lt;0.069</b> BAJO
0.044	0.053	0.035	0.035	0.035	<b>0.037</b>	

*Nota.* En la tabla se muestra los valores de los parámetros evaluados con sus pesos asignados, como también los rangos de los niveles de peligro obtenidos para un periodo de retorno de 200 años.

En resumen, los pesos asignados a los descriptores se obtuvieron independientemente en cada análisis, el peso asignado al parámetro de precipitaciones máximas de 24 hr y tirante de agua fue de 1 por ser solo un parámetro evaluando, para el factor condicionante y desencadenante se le asignó un mayor peso al factor condicionante por tener tres parámetros evaluando y por estar continuamente en el lugar, en referencia al factor desencadenante cuya presencia se da por un periodo de tiempo y para la susceptibilidad se asignó un peso de 30% por ser menos relevante en comparación al parámetro que se está evaluando como es el tirante de agua con un peso de 70% para un primer escenario de TR= 200 años.



**Tabla 89**

*Resumen de los parámetros de evaluación del peligro por inundación TR=500 años*

NOMBRE	PESO	FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR			
		Nombre	Peso	Nombre	Peso	Clasificación	Peso		
Susceptibilidad	25%	Condicionante	55%	Pendiente	0.633	0° a 7°	0.467		
						7° a 15°	0.274		
						15° a 28°	0.144		
						28° a 40°	0.071		
						Mayor a 40°	0.044		
				Geomorfología	0.260	Cauce del río	0.444		
						Terraza aluvial inundable	0.262		
						Terraza aluvial media	0.153		
						Ladera de colina baja	0.089		
						Ladera de colina alta	0.053		
		Deposito Fluvial	0.503						
		Deposito Coluvial	0.260						
		Geología	0.106	Deposito Aluvial	0.134				
				Deposito Glaciofluvial	0.068				
				Grupo Calipuy (Miembro inferior)	0.035				
				Precipitación 80.39-82.60 mm	0.503				
				Precipitación 79.19-80.39 mm	0.260				
Precipitación 78.02-79.19 mm	0.134								
Precipitación 76.87-78.02 mm	0.068								
Desencadenante	45%	Precipitación máxima de 24hr	1.000	Precipitación 76.87-78.02 mm	0.068				
				Precipitación 75.81-76.87 mm	0.035				
				Altura 1.97-2.46 m	0.503				
				Altura 1.48-1.97 m	0.260				
				Altura 0.99-1.48 m	0.134				
				Altura 0.50-0.99 m	0.068				
				Altura 0.01-0.50 m	0.035				
				Parámetro de Evaluación	75%	Tirante de Agua	1.000	Altura 1.97-2.46 m	0.503
								Altura 1.48-1.97 m	0.260
								Altura 0.99-1.48 m	0.134
Altura 0.50-0.99 m	0.068								
				Altura 0.01-0.50 m	0.035				

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los descriptores y los parámetros evaluados con sus respectivos pesos ya antes obtenidos para un TR=500 años.



**Tabla 90**

*Niveles de peligro por inundación TR=500 años*

SUSCEPTIBILIDAD			PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	VALOR DE PELIGRO	RANGOS DE PELIGRO		
25%							
FACTORES CONDICIONANTES			FAC DESENCADENANTE	75%	NIVELES DE PELIGRO		
55%			45%				
Pendiente	Geomorfología	Geología	Precipitación máxima de 24hr	Tirante de Agua	VP		
<b>0.633</b>	<b>0.260</b>	<b>0.106</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.498</b>	<b>0.261&lt;=P&lt;=0.498</b>	MUY ALTO
0.467	0.444	0.503	0.503	0.503	<b>0.261</b>	<b>0.136&lt;=P&lt;0.261</b>	ALTO
0.274	0.262	0.260	0.260	0.260	<b>0.136</b>	<b>0.069&lt;=P&lt;0.136</b>	MEDIO
0.144	0.153	0.134	0.134	0.134	<b>0.069</b>	<b>0.036&lt;=P&lt;0.069</b>	BAJO
0.071	0.089	0.068	0.068	0.068	<b>0.036</b>		
0.044	0.053	0.035	0.035	0.035			

*Nota.* En la tabla se muestra los valores de los parámetros evaluados con sus pesos asignados, como también los rangos de los niveles de peligro obtenidos para un periodo de retorno de 500 años.

En resumen, los pesos asignados a los descriptores se obtuvieron independientemente en cada análisis, el peso asignado al parámetro de precipitaciones máximas de 24 hr y tirante de agua fue de 1 por ser solo un parámetro evaluando, para el factor condicionante y desencadenante se le asignó un mayor peso al factor condicionante por tener tres parámetros evaluando y por estar continuamente en el lugar, en referencia al factor desencadenante cuya presencia se da por un periodo de tiempo y para la susceptibilidad se asignó un peso de 25% por ser menos relevante en comparación al parámetro que se está evaluando como es el tirante de agua con un peso de 75% para un primer escenario de TR= 500 años.



➤ Áreas de inundación

Las áreas de inundación se obtuvieron mediante la intersección de las capas shapefile de los parámetros en evaluación antes mencionados a los cuales se les reclasifico según los rangos de los niveles de peligro para cada periodo de retorno.

▪ **Áreas de inundación TR=50 años**

Como se muestra en el Mapa A-29 los niveles de peligro en áreas inundables cuyos cálculos se realizó en el entorno del software ArcGIS y Excel. En el cual se tiene un total de 5664.23 m<sup>2</sup> de área inundable en el cual un 69% de las áreas a inundar es del nivel Medio con 3922.65 m<sup>2</sup> de área y viéndose afectado seis viviendas, cuyos resultados detallados se muestran a continuación.

**Tabla 91**

*Áreas de los niveles de peligro por entidades TR=50 años*

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	0	321.58	65.74	387.32
Cultivos	0	0	129.22	14.87	144.09
Carretera	0	18.54	147.33	5.62	171.49
Parque	0	0	0	0	0
Otros	0.11	587.47	3324.53	1049.22	4961.33
<b>Total</b>	<b>0.11</b>	<b>606.01</b>	<b>3922.65</b>	<b>1135.46</b>	<b>5664.23</b>

*Nota.* En la tabla se muestra las áreas inundables en los diferentes niveles de peligro, afectando así viviendas, cultivos, carretera y en otros se consideró los bordes del río, las tierras eriazas, áreas de pastoreo o sin uso alguno.

**Tabla 92**

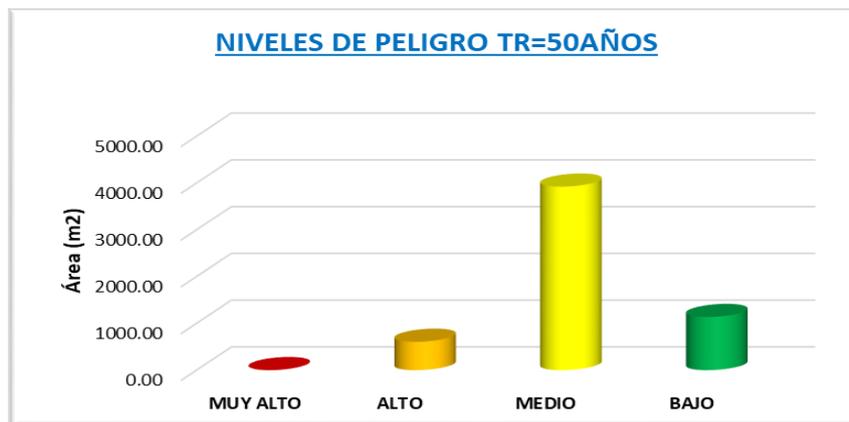
*Niveles de peligro en las áreas inundables TR=50 años*

NIVEL DE PELIGRO	Área (m <sup>2</sup> )	% Área
MUY ALTO	0.11	0%
ALTO	606.01	11%
MEDIO	3922.65	69%
BAJO	1135.46	20%
<b>Total</b>	<b>5664.23</b>	<b>100%</b>

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los niveles de peligro, así como las áreas inundables y el porcentaje que representa, siendo así el mayor porcentaje de un nivel Medio.

**Figura 36**

*Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=50 años*



*Nota.* La figura representa las áreas inundables en relación a los niveles de peligro obtenidos siendo la mayor el nivel Alto para un TR=50 años.

▪ **Áreas de inundación TR=100 años**

Como se muestra en el Mapa A-30 los niveles de peligro en áreas inundables cuyos cálculos se realizó en el entorno del software ArcGIS y Excel. En el cual se tiene un total de 10525.92 m<sup>2</sup> de área inundable en el cual un 79% de las áreas a inundar es del nivel Medio con 8363.44 m<sup>2</sup> de área y viéndose afectado nueve viviendas, cuyos resultados detallados se muestran a continuación.

**Tabla 93**

*Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=100 años*

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	0	568.24	10.60	578.84
Cultivos	0	24.85	491.48	13.22	529.55
Carretera	0	99.03	294.74	0.49	394.26
Parque	0	0	0	0	0
Otros	2.80	1631.69	7008.98	379.80	9023.27
<b>Total</b>	<b>2.80</b>	<b>1755.57</b>	<b>8363.44</b>	<b>404.11</b>	<b>10525.92</b>

*Nota.* En la tabla se muestra las áreas inundables en los diferentes niveles de peligro, afectando así viviendas, cultivos, carretera y en otros se consideró los bordes del río, las tierras eriazas, áreas de pastoreo o sin uso alguno.

**Tabla 94**

*Niveles de peligro en las áreas inundables TR=100 años*

<b>NIVEL DE PELIGRO</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% Área</b>
<b>MUY ALTO</b>	2.80	0%
<b>ALTO</b>	1755.57	17%
<b>MEDIO</b>	8363.44	79%
<b>BAJO</b>	404.11	4%
<b>Total</b>	<b>10525.92</b>	<b>100%</b>

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los niveles de peligro, así como las áreas inundables y el porcentaje que representa, siendo así el mayor porcentaje de un nivel Medio.

**Figura 37**

*Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=100 años*



*Nota.* La figura representa las áreas inundables en relación a los niveles de peligro obtenidos siendo la mayor el nivel Medio para un TR=100 años.

#### ▪ **Áreas de inundación TR=200 años**

Como se muestra en el Mapa A-31 los niveles de peligro en áreas inundables cuyos cálculos se realizó en el entorno del software ArcGIS y Excel. En el cual se tiene un total de 14593.03 m<sup>2</sup> de área inundable en el cual un 87% de las áreas a inundar es del nivel Medio con 12686.45 m<sup>2</sup> de área y viéndose afectado dieciséis viviendas, cuyos resultados detallados se muestran a continuación.

**Tabla 95**

*Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=200 años*

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	136.56	878.33	0	1014.89
Cultivos	0	9.21	923.93	0	933.14
Carretera	0	14.81	512.38	0	527.19
Parque	0	0	0	0	0
Otros	2.08	1544.00	10371.81	199.92	12117.81
<b>Total</b>	<b>2.08</b>	<b>1704.58</b>	<b>12686.45</b>	<b>199.92</b>	<b>14593.03</b>

*Nota.* En la tabla se muestra las áreas inundables en los diferentes niveles de peligro, afectando así viviendas, cultivos, carretera y en otros se consideró los bordes del río, las tierras eriazas, áreas de pastoreo o sin uso alguno.

**Tabla 96**

*Niveles de peligro en las áreas inundables TR=200 años*

NIVEL DE PELIGRO	Área (m <sup>2</sup> )	% Área
MUY ALTO	2.08	0%
ALTO	1704.58	12%
MEDIO	12686.45	87%
BAJO	199.92	1%
<b>Total</b>	<b>14593.03</b>	<b>100%</b>

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los niveles de peligro, así como las áreas inundables y el porcentaje que representa, siendo así el mayor porcentaje de un nivel Medio.

**Figura 38**

*Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=200 años*



*Nota.* La figura representa las áreas inundables en relación a los niveles de peligro obtenidos siendo la mayor el nivel Medio para un TR=200 años

▪ **Áreas de inundación TR=500 años**

Como se muestra en el Mapa A-32 los niveles de peligro en áreas inundables cuyos cálculos se realizó en el entorno del software ArcGIS y Excel. En el cual se tiene un total de 24220.51 m<sup>2</sup> de área inundable en el cual un 89% de las áreas a inundar es del nivel Medio con 21501.10 m<sup>2</sup> de área y viéndose afectado dieciocho viviendas, cuyos resultados detallados se muestran a continuación.

**Tabla 97**

*Áreas de los niveles de peligro por inundación TR=500 años*

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	280.63	1230.13	16.40	1527.16
Cultivos	0	193.52	1042.26	34.46	1270.24
Carretera	0	73.28	1227.54	2.01	1302.83
Parque	0	0	21.56	0	21.56
Otros	9.31	1338.61	17979.61	771.19	20098.72
<b>Total</b>	<b>9.31</b>	<b>1886.04</b>	<b>21501.10</b>	<b>824.06</b>	<b>24220.51</b>

*Nota.* En la tabla se muestra las áreas inundables en los diferentes niveles de peligro, afectando así viviendas, cultivos, carretera, parque y en otros se consideró los bordes del río, las tierras eriazas, áreas de pastoreo o sin uso alguno.

**Tabla 98**

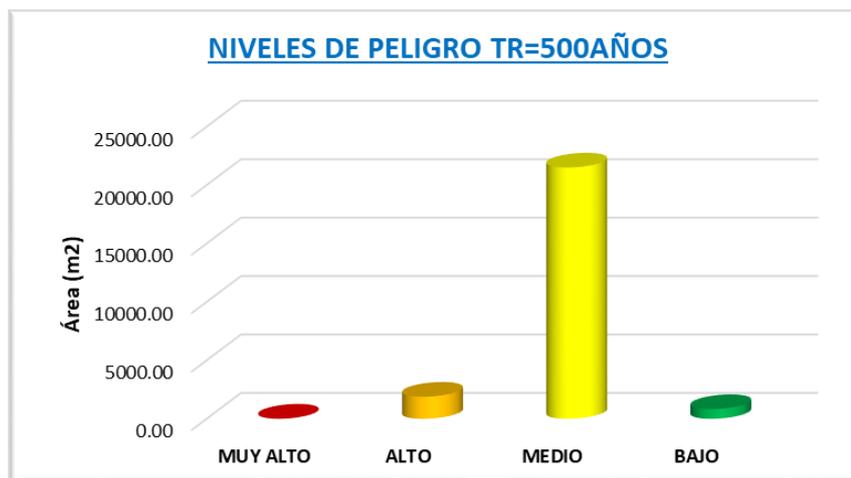
*Niveles de peligro en las áreas inundables TR=500 años*

NIVEL DE PELIGRO	Área (m <sup>2</sup> )	% Área
MUY ALTO	9.31	0%
ALTO	1886.04	8%
MEDIO	21501.10	89%
BAJO	824.06	3%
<b>Total</b>	<b>24220.51</b>	<b>100%</b>

*Nota.* En la tabla se muestra un resumen de los niveles de peligro, así como las áreas inundables y el porcentaje que representa, siendo así el mayor porcentaje de un nivel Medio.

**Figura 39**

*Representación de los niveles de peligro en áreas inundables TR=500 años*



*Nota.* La figura representa las áreas inundables en relación a los niveles de peligro obtenidos siendo la mayor el nivel Medio para un TR=500 años.

#### 4.2. Discusión

Debido a la falta de estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio se tomó en cuenta realizar una regionalización de las precipitaciones máximas de 24 horas con las estaciones cercanas al área de estudio en comparación con el estudio realizado por Pachac (2015), a falta de estaciones dentro de la cuenca de estudio plantea una relación de Altitud vs Precipitación mediante un análisis de regresión lineal que tenga una buena correlación, la cual con mis resultados obtenidos si cumple con ello y además las áreas de estudio pertenecen a la misma cuenca del Santa.

El análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas se elaboró en base a un modelo digital de elevación y mediante las ecuaciones de regionalización en el entorno de ArcGIS en la cual se realizó la interpolación para el área de estudio mediante el método de Kriging ya que es un método geoestadístico usado en estos casos más confiable.

El modelamiento hidráulico fue generado mediante la topografía por lo cual se tomó mucha importancia en el levantamiento topográfico, así como su georreferenciación mediante dos BM geodésicos de orden C, para generar un mallado no estructural de la zona de estudio, como menciona Ochoa et al. (2016), en un modelo bidimensional como es Iber

se considera una malla conformada por celdas de polígonos que representa la topografía del cauce y las llanuras de inundación siendo la mejor la no estructurada.

El modelamiento hidráulico se realizó con el software Iber como menciona Díaz (2012), Iber proporciona muy buenos resultados para áreas planas en comparación con el Hec Ras, pero el procesamiento del mallado que se genera tarda mucho tiempo debido a la resolución de la topografía.

Los resultados obtenidos con respecto a los caudales máximos fueron validados mediante la huella máxima del paso de las aguas del cauce del río Atoc Huacanca las cuales se muestran en el Anexo 8.

La elaboración de los mapas del número de curva, geomorfología y geología fueron realizados con información digital como información recopilada en campo para luego ser plasmadas en mapas del área de estudio mediante el uso de los SIG, como menciona Maskrey (1998), la utilización de los SIG nos facilita la realización de mapas temáticos en la que se puede evaluar diferentes tipos de información para la toma de decisiones.

El CENEPRED (2014), menciona que la elaboración de los mapas de peligro debe estar en una escala adecuada por lo cual los mapas de los parámetros de evaluación y los de niveles de peligro por inundación de la presente investigación se realizaron a una escala de 1/5 000 cumpliendo con lo mencionado.

La determinación de los niveles de peligro en áreas inundables se obtuvo de los resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico y el uso de los SIG, como señala Alarcón (2018), la combinación de los softwares Hec-Hms y Iber son robustos para estudios de inundación y su identificación de zonas inundables mediante los SIG.

Del estudio realizado por Pachac (2015), en la sub cuenca Quillcay se obtuvo caudales máximos de 71.42, 77.45 y 84.18 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 100, 200 y 500 años, cuyas áreas de inundación fueron de 12394, 13017 y 13615 m<sup>2</sup> en comparación con el estudio realizado en la microcuenca Atoc Huacanca se obtuvo caudales máximos de 37.1, 55.4, 78.7, 118.2 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años, cuyas áreas afectadas por inundación son de 5664.23, 10525.92, 14593.03, 24220.51 m<sup>2</sup> en la cual

se aprecia mayor área de afectación y esto es debido a la topografía de la zona ya que es una zona de llanura plana tanto en el cauce del río como la zona del centro poblado Huancapampa.

Mediante la metodología del CENEPRED se obtuvo niveles de peligro Muy Alto, Alto, Medio y Bajo en la quebrada Atoc Huacanca esto en diferentes periodos de retorno, mientras el estudio realizado por INDECI-PNUD (2004), determinó como peligro Muy Alto en la quebrada Atoc Huacanca debido a que fue un estudio a gran escala.

## V.CONCLUSIONES

1. Se realizó el modelamiento hidrológico en la quebrada Atoc Huacanca con el uso del software Hec-Hms, obteniendo el hidrograma de avenidas máximas con caudales máximos de 37.1, 55.4, 78.7 y 118.2 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años respectivamente.
2. Se realizó el modelamiento hidráulico en la quebrada Atoc Huacanca con el uso del software Iber, obteniendo los tirantes de agua máximos de 1.59, 1.89, 2.08 y 2.46 m para los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años respectivamente.
3. Se identificó y determinó los niveles de peligro por inundación en la quebrada Atoc Huacanca mediante la normativa del CENEPRED y el uso del software ArcGIS en la cual para el TR= 50 años se obtuvo un área total de inundación de 5664.23 m<sup>2</sup> la cual comprende viviendas, zonas agrícolas, carretera y otros con áreas de inundación de 387.32, 144.09, 171.49 y 4961.33 m<sup>2</sup> respectivamente con niveles de peligro Muy Alto (0.11 m<sup>2</sup>), Alto (606.01 m<sup>2</sup>), Medio (3922.65 m<sup>2</sup>) y Bajo (1135.46 m<sup>2</sup>), para el TR= 100 años se obtuvo un área total de inundación de 10525.92 m<sup>2</sup> la cual comprende viviendas, zonas agrícolas, carretera y otros con áreas de inundación de 578.84, 529.55, 394.26 y 9023.27 m<sup>2</sup> respectivamente con niveles de peligro Muy Alto (2.80 m<sup>2</sup>), Alto (1755.57 m<sup>2</sup>), Medio (8363.44 m<sup>2</sup>) y Bajo (404.11 m<sup>2</sup>), para el TR= 200 años se obtuvo un área total de inundación de 14593.03 m<sup>2</sup> la cual comprende viviendas, zonas agrícolas, carretera y otros con áreas de inundación de 1014.89, 933.14, 527.19 y 12117.81 m<sup>2</sup> respectivamente con niveles de peligro Muy Alto (2.08 m<sup>2</sup>), Alto (1704.58 m<sup>2</sup>), Medio (12686.45 m<sup>2</sup>) y Bajo (199.92 m<sup>2</sup>) y para TR= 500 años se obtuvo un área total de inundación de 24220.51 m<sup>2</sup> la cual comprende viviendas, zonas agrícolas, carretera, parque y otros con áreas de inundación de 1527.16, 1270.24, 1302.83, 21.56 y 20098.72 m<sup>2</sup> respectivamente con niveles de peligro Muy Alto (9.31 m<sup>2</sup>), Alto (1886.04 m<sup>2</sup>), Medio (21501.10 m<sup>2</sup>) y Bajo (824.06 m<sup>2</sup>).

## VI.RECOMENDACIONES

Se recomienda complementar la presente investigación con la determinación de los niveles de vulnerabilidad y riesgo en áreas inundables de la quebrada Atoc Huacanca.

Se recomienda evaluar otros parámetros en la determinación de los niveles de peligro a través de la metodología del CENEPRED.

Se recomienda realizar estudios de peligro por flujos hiperconcentrados en la quebrada Atoc Huacanca con ayuda de la información generada en la presente investigación.

Se recomienda realizar la implementación de estructuras de encauzamiento con material propio de la zona en la parte baja de la quebrada Atoc Huacanca, la cual es la más afectada ante eventos extraordinarios de precipitaciones.

Se recomienda a las autoridades competentes realizar la sensibilización de planes de prevención de peligro por inundación en el marco del fenómeno del niño, además realizar la limpieza del cauce del río Atoc Huacanca frecuentemente y con mayor importancia en temporadas de lluvias.

Se recomienda a la población aledaña al cauce del río Atoc Huacanca la conservación y plantación de árboles en los márgenes del río y así reducir posibles daños de inundación.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. (2018). *Estimación de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas, caso: Morelia, Michoacán, México* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados campus Montecillo]. <https://acortar.link/vfSPbX>
- Alcocer, V., Rodríguez, J., Bourguett, V., Llaguno, O., y Albornoz, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y Ciencia del Agua*. 7(5),33-55.
- Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Identificación de puntos críticos ante peligro de inundación, flujo de detritos (Huaico) y erosión en los principales Ríos y Quebradas 2021*(Tomo XI). <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/13268>
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vásquez, E., Dolz, J., y Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*. 30(1),1-10.
- Cabrera, J., Timbe, L., y Crespo, J. (2019). Evaluación del modelo Hec-Hms para la simulación hidrológica de una cuenca de páramo. *DYNA*, 86(210), pp.338-344. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.70738>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales* (02 versión).<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Chow, V., Maidment, D., y Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. MacGRAW-HILL.
- Chow, V. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. MacGRAW-HILL.

- Contreras, F., y Odriozola, M. (2016). Aplicación de modelos de elevación digital para la delimitación de áreas de riesgo por inundaciones. San Luis del Palmar, Corrientes, RCA. Argentina. *Contribuciones científicas-Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, 28,83-94.
- Dal-Ré, R. (2003). *Pequeños Embalses de uso Agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Díaz, V. (2012). *Análisis hidrológico e hidráulico mediante técnicas SIG de la peligrosidad por inundaciones en la cuenca del Pla de Sant Jordi (Mallorca)* [Tesis de maestría, Universidad Complutense Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/36572>
- García, D. (2019). *Modelamiento hidráulico del río Amojú aplicando el software Iber para zonificar áreas inundables en la ciudad de Jaén, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/228>
- Ibáñez, S., Moreno, H., y Gisbert, J. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. <http://hdl.handle.net/10251/10782>
- Igarza, A. (2019). *Determinación de peligro por inundaciones en el municipio Moa: Subcuenca del río Cabaña* [Tesis de pregrado, Universidad de Moa]. <https://acortar.link/FmNLSg>
- Instituto Nacional de Defensa Civil-PNUD. (2004). *Mapa de peligros, plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres Ciudades de Recuay, Ticapampa y Catac*. [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Ancash/recuay/recuay\\_catac\\_ticapampa.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Ancash/recuay/recuay_catac_ticapampa.pdf)
- Londoño, J. (2021). *Evaluación del riesgo urbano por inundaciones del río Supía* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://acortar.link/xHqoIW>
- Luna, C., Almanza, M. y Nina, R. (2020). Peligro de inundación del río Vilcanota en el centro poblado de Písac, Cusco 2018. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(2), 18-32. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/514>

- Mancebo, S., Ortega, E., Valentín, A., Martín, B., y Martín, L. (2008). *Libro SIG: Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental*. Madrid, España: Los autores.
- Martinez, R. (2017). *Evaluación de riesgos por inundaciones, en el Barrio Bajo del Distrito de Yuracyacu, Provincia de Rioja, Región San Martín* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://acortar.link/V94BAT>
- Maskrey, A. (1998). *La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. Navegando entre Brumas.
- Mejía, J. (2006). *Hidrología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. <https://acortar.link/U00F2E>
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Nanía, L. (2007). *Manual básico de Hec-Hms 3.0.0 y Hec-GeoHms 1.1*. Recuperado de <https://acortar.link/T4AQ1M>
- Ochoa, S., Reyna, T., Reyna, S., García, M., Labaque, M., y Díaz, J. (2016). Modelación hidrodinámica del tramo medio del río Ctalamochita, Provincia de Córdoba. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 3(2), 95-101.
- Ochoa Acuña, R., y Quispe Ramos, P. L. (2010). *Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la Vertiente del Pacífico-cuencas de la Costa Sur* (Informe final). Autoridad Nacional del Agua. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/739>
- Pachac, Y. (2015). *Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para avenidas de la Sub Cuenca Quillcay, con fines de protección del sector Nueva Florida, distrito de Independencia 2013* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1192>

- Palavecino, A. (2015). *Modelación bidimensional del flujo generado por la rotura de una presa de tierra, utilizando el programa Iber* [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. <https://acortar.link/J29s9W>
- Parillo, Y. (2014). *Modelamiento hidrológico usando Hec-Hms para proyectar defensas contra avenidas en la localidad de Borogueña-Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <https://acortar.link/ASJYMC>
- Porras, A. (2017). *Descripción bivariada: Diplomado en Análisis de Información Geoespacial*. CENTROGEO. <https://acortar.link/IKirOL>
- Rodríguez, P. (2008). *Hidráulica de Canales*. <https://acortar.link/nKZHbW>
- Sánchez, V. (2021). *Determinación de los niveles de peligro por inundación de la Subcuenca del Río Lullán-Laguna Parón 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://acortar.link/8GycEB>
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., Vásquez, C., Castro, A., Tapia, M., y Alcántara, J. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Fondo Editorial-UNALM.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Editorial Villón.
- Zucarelli, A., Paris, M., y Macor, J. (2014). Utilización de kriging para la elaboración de curvas isohietas de precipitación mensual en la Provincia de Santa Fe, Argentina. *2do Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos. Instituto Nacional del Agua (INA)*. Buenos Aires, Argentina. <http://www.tvdigitalargen.ina.gov.ar/ifrh-2014/Eje3/3.39.pdf>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

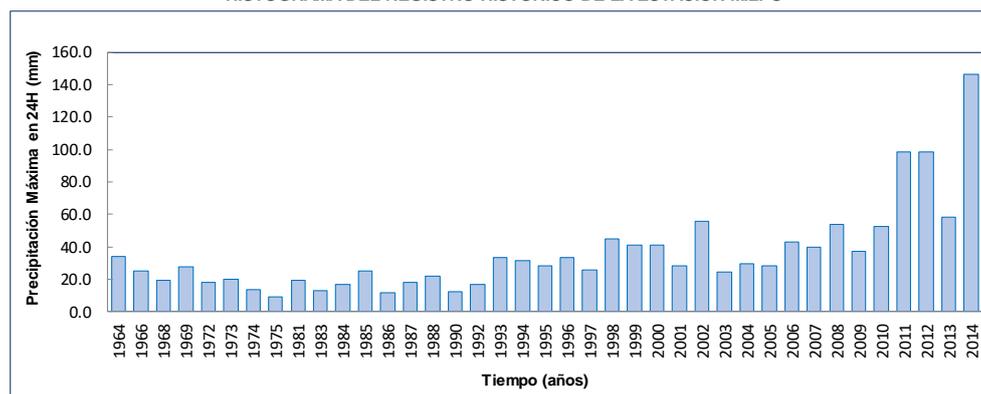
#### Registro histórico de la precipitación máxima de 24 horas e histograma

##### REGISTRO HISTÓRICO ESTACIÓN MILPO

Estación : MILPO/150902/DZ04      Longitud : 77° 14' 0" "W"      Dpto. ANCASH  
 Parámetro : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)      Latitud : 09° 53' 0" "S"      Prov. RECUAY  
 Altitud : 4400      m.s.n.m.      Dist. CATAC

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁXIMO
1964	16.9	26.5	18.7	16.8	24.9	6.8	6.0	6.9	13.0	33.8	23.2	12.0	33.8
1966	11.8	14.0	21.0	8.0	12.7	2.6	S/D	7.8	10.6	15.0	25.2	21.4	25.2
1968	19.5	16.2	13.8	10.6	4.3	7.5	8.6	7.4	12.4	15.1	8.5	14.3	19.5
1969	12.0	13.8	13.7	13.3	3.4	10.2	7.2	6.8	12.0	8.7	27.6	21.8	27.6
1972	11.2	16.0	14.1	12.3	10.1	3.8	11.9	7.4	18.0	11.1	13.1	11.6	18.0
1973	9.0	15.0	20.1	9.0	0.0	0.0	S/D	6.9	10.6	8.4	9.8	12.2	20.1
1974	13.2	8.0	6.6	8.4	0.0	S/D	6.6	11.8	8.8	5.8	5.2	7.0	13.2
1975	7.2	7.4	7.4	5.6	6.0	S/D	4.4	7.6	6.0	7.2	9.0	6.0	9.0
1981	18.4	19.2	16.7	10.1	7.0	7.7	3.0	9.2	7.0	10.5	16.5	13.5	19.2
1983	13.0	5.6	11.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.7	0.5	10.1	13.0
1984	15.4	8.2	12.4	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	7.4	10.0	16.6	16.6
1985	10.2	10.5	8.6	11.1	0.0	0.0	0.0	4.2	24.7	15.2	10.0	18.0	24.7
1986	5.7	7.0	10.8	11.2	10.8	0.9	0.0	10.1	7.2	5.5	9.8	11.5	11.5
1987	18.1	14.2	12.3	13.3	5.1	0.0	0.0	2.0	9.9	11.3	16.8	14.5	18.1
1988	17.0	11.5	20.0	21.6	6.3	4.0	0.0	4.3	11.0	8.7	10.2	13.4	21.6
1990	4.2	11.5	12.1	2.6	1.5	1.2	0.3	1.9	0.9	8.8	12.0	2.7	12.1
1992	10.0	13.0	16.8	14.0	7.3	0.0	6.6	4.1	1.9	10.9	12.5	8.0	16.8
1993	16.2	22.4	22.0	29.7	8.8	6.4	3.7	3.7	15.5	13.5	19.5	33.5	33.5
1994	25.8	29.0	31.6	14.8	14.9	3.3	2.8	6.3	11.5	12.4	11.3	18.0	31.6
1995	28.2	18.7	23.8	12.2	15.2	5.2	3.0	9.8	8.1	11.4	20.2	25.3	28.2
1996	33.2	11.4	20.6	27.4	12.2	7.0	0.5	3.8	12.2	8.2	17.2	16.7	33.2
1997	17.6	16.8	10.0	6.5	9.5	0.7	9.6	9.8	14.8	9.3	11.8	25.4	25.4
1998	44.8	30.0	30.2	33.7	9.8	10.9	0.0	2.8	6.2	20.0	13.5	15.0	44.8
1999	40.8	34.2	26.4	13.5	5.9	8.1	4.4	3.4	12.8	15.1	23.1	11.9	40.8
2000	17.1	17.8	41.0	10.1	15.5	3.9	3.1	6.2	12.1	20.0	8.5	24.5	41.0
2001	23.6	18.3	28.4	4.5	7.3	2.0	5.0	0.5	10.7	16.7	20.0	24.0	28.4
2002	29.5	46.6	55.6	16.8	6.4	3.9	1.3	2.0	10.2	29.2	16.8	25.0	55.6
2003	11.3	24.6	18.8	23.0	7.9	3.9	9.5	2.5	12.9	10.3	14.3	22.1	24.6
2004	17.0	26.8	27.6	29.5	10.7	3.7	11.6	3.3	2.6	19.0	28.1	24.3	29.5
2005	23.7	18.6	24.6	16.0	25.2	1.5	4.5	6.1	3.4	24.9	28.2	21.8	28.2
2006	17.9	24.4	29.1	43.2	14.1	9.2	3.4	1.5	10.2	18.9	13.4	15.9	43.2
2007	39.4	3.2	38.9	34.0	12.0	5.2	8.0	13.8	1.8	26.3	24.9	23.5	39.4
2008	38.4	30.5	53.8	19.6	2.5	15.4	25.1	28.2	20.3	32.7	9.0	24.4	53.8
2009	34.6	26.0	31.2	27.6	3.6	4.4	4.2	2.8	2.6	37.2	24.4	31.2	37.2
2010	19.1	14.6	30.1	9.5	10.9	2.0	0.9	2.3	15.7	16.2	52.7	40.8	52.7
2011	26.5	31.8	29.0	18.2	4.2	2.4	7.2	4.4	30.1	27.7	40.4	98.5	98.5
2012	32.5	98.6	51.6	55.2	11.2	27.3	3.0	2.7	41.0	18.4	35.5	50.6	98.6
2013	22.3	45.2	45.7	54.0	23.8	58.0	14.4	7.4	25.4	34.3	24.7	39.3	58.0
2014	63.1	146.2	59.9	29.2	48.0	9.8	9.7	6.4	9.1	22.2	24.3	47.7	146.2
<b>PROMEDIO</b>	21.4	24.4	24.8	18.1	9.7	6.5	5.1	5.9	11.5	16.1	18.0	22.4	35.7
<b>DESV. EST.</b>	12.3	25.7	14.0	12.8	9.0	10.2	5.2	4.9	8.2	9.0	10.2	16.5	27.0
<b>MÁXIMO</b>	63.1	146.2	59.9	55.2	48.0	58.0	25.1	28.2	41.0	37.2	52.7	98.5	146.2
<b>MÍNIMO</b>	4.2	3.2	6.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.5	2.7	9.0

HISTOGRAMA DEL REGISTRO HISTÓRICO DE LA ESTACIÓN MILPO



Fuente: SENAMHI, 2023.

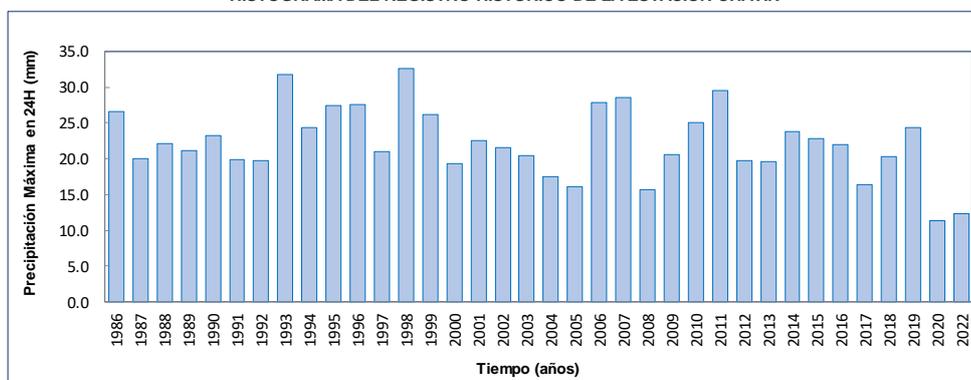
S/D: Sin Dato

### REGISTRO HISTÓRICO ESTACIÓN CHAVIN

Estación : CHAVIN/000445/DZ04      Longitud : 77° 10' 30.94" "W"      Dpto. ANCASH  
 Parámetro : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)      Latitud : 09° 35' 9.54" "S"      Prov. HUARI  
 Altitud : 3140      m.s.n.m.      Dist. CHAVIN DE HUANTAR

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁXIMO
1986	9.3	14.1	6.6	11.4	8.5	2.0	5.2	9.4	26.6	0.0	0.0	0.0	26.6
1987	0	0.0	20.0	15.1	5.9	6.3	7.2	7.9	13.6	13.8	15.2	18.8	20.0
1988	19.6	12.8	13.3	22.1	4.6	0.0	0.0	0.0	13.5	13.8	9.6	13.6	22.1
1989	14.1	19.5	15.1	17.1	6.4	8.1	1.9	7.2	14.9	10.3	14.9	21.2	21.2
1990	13.4	19.9	22.5	12.9	10.4	17.2	6.7	0.0	11.2	23.2	10.4	19.0	23.2
1991	15.8	18.2	19.9	13.5	9.3	4.1	2.8	0.0	16.0	11.5	19.2	16.1	19.9
1992	9.1	19.7	13.8	9.8	0.0	2.8	2.4	14.5	5.6	8.5	17.1	18.7	19.7
1993	26.6	22.6	17.2	9.9	5.9	2.8	5.0	7.1	23.1	13.6	24.9	31.7	31.7
1994	20	24.1	18.2	24.4	4.8	8.4	0.0	0.0	23.7	18.3	17.3	13.6	24.4
1995	24.2	23.8	20.4	18.4	20.6	14.1	1.0	0.0	10.5	27.4	21.4	24.2	27.4
1996	20	17.2	17.5	27.5	12.1	2.4	0.0	8.8	9.9	10.1	9.2	14.8	27.5
1997	19.8	13.0	21.0	5.7	6.0	1.5	1.4	4.6	11.6	12.4	15.9	11.7	21.0
1998	18.4	18.0	10.1	12.8	5.6	3.0	0.0	3.7	4.3	10.7	32.6	11.0	32.6
1999	17.5	26.1	19.9	11.9	8.2	5.3	2.9	2.1	11.0	14.7	17.0	10.7	26.1
2000	10.2	19.3	11.2	17.7	7.7	3.2	3.7	12.0	5.8	3.7	13.2	14.5	19.3
2001	13.6	11.9	16.5	10.6	9.1	1.9	2.9	6.9	8.7	22.5	13.2	18.6	22.5
2002	10	13.1	21.5	16.0	8.4	1.8	11.0	2.6	5.6	9.4	12.8	13.8	21.5
2003	8.5	15.2	20.4	8.8	7.0	6.7	1.0	15.3	5.1	8.3	11.0	15.4	20.4
2004	9.4	17.5	6.3	4.4	4.7	6.6	5.2	2.9	11.7	15.1	13.2	15.8	17.5
2005	8.5	15.2	10.4	6.5	10.2	1.4	0.8	3.1	5.4	15.9	16.1	9.7	16.1
2006	8.7	13.4	13.7	13.6	4.6	27.9	3.7	3.1	10.0	9.9	18.0	15.7	27.9
2007	13.7	6.8	28.6	18.4	7.5	0.9	2.6	5.1	8.6	21.5	15.4	14.5	28.6
2008	15.7	13.0	10.6	13.5	5.8	8.0	1.7	3.8	7.5	14.7	11.0	10.7	15.7
2009	19.8	12.9	18.3	15.6	9.2	7.6	4.1	2.9	3.2	16.7	6.0	20.6	20.6
2010	19.9	25.0	9.5	6.3	13.1	1.2	7.5	1.6	10.8	9.7	11.5	14.2	25.0
2011	12.5	15.2	16.7	27.6	4.2	0.0	5.0	2.2	7.4	11.2	13.2	29.5	29.5
2012	12.8	19.8	15.2	15.1	5.0	4.0	0.0	3.3	8.8	11.8	13.4	12.6	19.8
2013	17.8	19.6	15.6	8.2	11.0	2.8	3.5	12.5	3.5	12.0	12.4	16.5	19.6
2014	15.4	23.8	16.9	15.8	10.8	1.3	1.1	0.0	13.2	17.0	11.1	9.4	23.8
2015	16	7.1	13.0	13.6	18.4	7.8	1.4	4.2	9.0	9.5	22.8	17.0	22.8
2016	6.5	20.5	10.5	22.0	3.2	2.4	2.3	1.5	12.8	15.7	12.5	16.2	22.0
2017	16.4	11.8	11.4	12.2	8.0	4.0	0.9	2.4	5.0	13.4	7.2	11.7	16.4
2018	20.3	11.5	14.0	9.9	9.4	6.3	2.8	2.3	15.0	13.2	9.4	18.3	20.3
2019	14.6	24.4	15.6	8.5	6.2	7.4	2.3	1.0	18.5	7.5	10.4	11.5	24.4
2020	8.7	11.3	S/D	11.3									
2022	S/D	S/D	S/D	12.3	8.7	1.8	1.0	2.2	9.7	6.4	S/D	7.2	12.3
<b>PROMEDIO</b>	14.5	16.5	15.6	14.0	8.0	5.2	2.9	4.5	10.9	13.0	14.1	15.4	22.2
<b>DESV. EST.</b>	5.5	5.8	4.9	5.8	3.9	5.5	2.5	4.2	5.6	5.4	5.8	5.8	4.9
<b>MÁXIMO</b>	26.6	26.1	28.6	27.6	20.6	27.9	11.0	15.3	26.6	27.4	32.6	31.7	32.6
<b>MÍNIMO</b>	0.0	0.0	6.3	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	11.3

HISTOGRAMA DEL REGISTRO HISTÓRICO DE LA ESTACIÓN CHAVIN



Fuente: SENAMHI, 2023.

S/D: Sin Dato





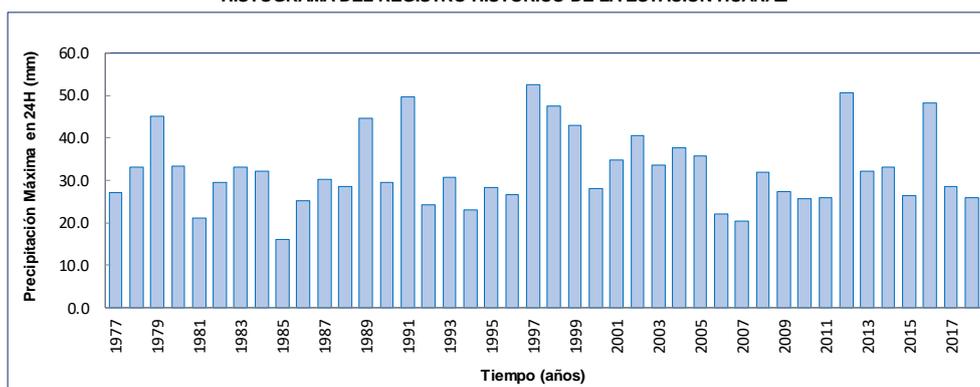
### REGISTRO HISTÓRICO ESTACIÓN HUARAZ

Estación : HUARAZ/155407/DZ04      Longitud : 77° 31' 53.7" "W"      Dpto. ANCASH  
 Parámetro : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)      Latitud : 09° 32' 3.2" "S"      Prov. HUARAZ  
 Altitud : 3052      m.s.n.m.      Dist. HUARAZ

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁXIMO
1996	22.9	9.6	14.7	26.6	4.3	0.0	0.0	1.5	7.5	22.1	15.0	20.1	26.6
1997	16.6	27.2	28.6	22.5	4.5	0.0	0.0	0.0	22.8	12.6	18.5	52.5	52.5
1998	21.2	29.9	47.4	16.5	0.0	10.2	0.0	0.0	10.2	18.6	23.5	12.6	47.4
1999	18.0	29.0	43.0	21.2	9.9	10.8	0.0	0.2	11.5	22.5	15.8	11.3	43.0
2000	15.4	16.4	14.7	16.8	8.5	0.0	2.4	4.2	22.2	7.6	12.0	28.0	28.0
2001	16.3	19.5	22.5	17.2	6.2	0.0	0.0	0.0	12.5	20.2	23.1	34.8	34.8
2002	19.5	21.8	40.5	17.5	5.0	0.0	0.0	0.0	9.3	21.3	19.9	14.2	40.5
2003	33.5	10.5	16.0	10.0	8.2	3.0	4.5	0.0	3.5	10.5	9.8	S/D	33.5
2015	26.4	13.2	20.6	18.4	13.5	1.4	2.7	0.1	6.5	S/D	19.6	S/D	26.4
PROMEDIO	21.1	19.7	27.6	18.5	6.7	2.8	1.1	0.7	11.8	16.9	17.5	24.8	37.0
DEV. EST.	5.8	7.8	12.9	4.6	3.9	4.5	1.7	1.4	6.7	5.8	4.7	15.0	9.5
MÁXIMO	33.5	29.9	47.4	26.6	13.5	10.8	4.5	4.2	22.8	22.5	23.5	52.5	52.5
MÍNIMO	15.4	9.6	14.7	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.6	9.8	11.3	26.4

Precipitación máxima de 24 hr			
AÑO	MÁXIMO	AÑO	MÁXIMO
1977	27.0	1998	47.4
1978	33.0	1999	43.0
1979	45.0	2000	28.0
1980	33.3	2001	34.8
1981	21.0	2002	40.5
1982	29.5	2003	33.5
1983	33.1	2004	37.7
1984	32.2	2005	35.8
1985	16.2	2006	22.1
1986	25.2	2007	20.4
1987	30.3	2008	32.0
1988	28.6	2009	27.3
1989	44.6	2010	25.7
1990	29.5	2011	25.8
1991	49.7	2012	50.5
1992	24.2	2013	32.1
1993	30.6	2014	33.2
1994	23.1	2015	26.4
1995	28.3	2016	48.2
1996	26.6	2017	28.5
1997	52.5	2018	25.8
PROMEDIO			32.4
DEV. EST.			8.9
MÁXIMO			52.5
MÍNIMO			16.2

HISTOGRAMA DEL REGISTRO HISTÓRICO DE LA ESTACIÓN HUARAZ



Fuente: SENAMHI, 2023.

S/D: Sin Dato

## ANEXO 2

### Análisis de datos dudosos de cada estación meteorológica

#### Prueba de Datos Dudosos Estación MILPO

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1964	14	33.8	1.5289
2	1966	24	25.2	1.4014
3	1968	29	19.5	1.2900
4	1969	22	27.6	1.4409
5	1972	32	18	1.2553
6	1973	28	20.1	1.3032
7	1974	35	13.2	1.1206
8	1975	39	9	0.9542
9	1981	30	19.2	1.2833
10	1983	36	13	1.1139
11	1984	34	16.6	1.2201
12	1985	25	24.7	1.3927
13	1986	38	11.5	1.0607
14	1987	31	18.1	1.2577
15	1988	27	21.6	1.3345
16	1990	37	12.1	1.0828
17	1992	33	16.8	1.2253
18	1993	15	33.5	1.5250
19	1994	17	31.6	1.4997
20	1995	20	28.2	1.4502
21	1996	16	33.2	1.5211
22	1997	23	25.4	1.4048
23	1998	8	44.8	1.6513
24	1999	11	40.8	1.6107
25	2000	10	41	1.6128
26	2001	19	28.4	1.4533
27	2002	5	55.6	1.7451
28	2003	26	24.6	1.3909
29	2004	18	29.5	1.4698
30	2005	21	28.2	1.4502
31	2006	9	43.2	1.6355
32	2007	12	39.4	1.5955
33	2008	6	53.8	1.7308
34	2009	13	37.2	1.5705
35	2010	7	52.7	1.7218
36	2011	3	98.5	1.9934
37	2012	2	98.6	1.9939
38	2013	4	58	1.7634
39	2014	1	146.2	2.1649

#### Estación MILPO

	P24	Log (P24)
Numero de datos n	39	39
Suma $\Sigma$	1392.4	57.2204
Máximo	146.2	2.1649
Mínimo	9.0	0.9542
Promedio $\bar{x}$	35.7	1.4672
Desviación estándar s	27.0430	0.2637
Coefficiente asimetría Cs	2.4689	0.4872
Cs/6 k	0.4115	0.0812

#### PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 39$$

$$K_n = 2.671 *$$

#### → Umbral de datos dudosos altos ( $y_H$ : unid. logarítmicas)

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \quad Y_H = 2.1716$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{y_H} \quad PH = 148.5 \text{ mm}$$

#### → Umbral de datos dudosos bajos ( $y_H$ : unid. logarítmicas)

$$y_H = \bar{y} - K_n S_y \quad Y_H = 0.7628$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{y_H} \quad PL = 5.8 \text{ mm}$$

**Nota:** Se observa que todos los valores 'P24' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 148.5 mm y 5.8 mm. No existen datos dudosos.

**Prueba de Datos Dudosos Estación  
CHAVIN**

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1986	8	26.6	1.4249
2	1987	25	20	1.3010
3	1988	17	22.1	1.3444
4	1989	20	21.2	1.3263
5	1990	14	23.2	1.3655
6	1991	26	19.9	1.2989
7	1992	28	19.7	1.2945
8	1993	2	31.7	1.5011
9	1994	11	24.4	1.3874
10	1995	7	27.4	1.4378
11	1996	6	27.5	1.4393
12	1997	21	21	1.3222
13	1998	1	32.6	1.5132
14	1999	9	26.1	1.4166
15	2000	30	19.3	1.2856
16	2001	16	22.5	1.3522
17	2002	19	21.5	1.3324
18	2003	23	20.4	1.3096
19	2004	31	17.5	1.2430
20	2005	33	16.1	1.2068
21	2006	5	27.9	1.4456
22	2007	4	28.6	1.4564
23	2008	34	15.7	1.1959
24	2009	22	20.6	1.3139
25	2010	10	25	1.3979
26	2011	3	29.5	1.4698
27	2012	27	19.8	1.2967
28	2013	29	19.6	1.2923
29	2014	13	23.8	1.3766
30	2015	15	22.8	1.3579
31	2016	18	22	1.3424
32	2017	32	16.4	1.2148
33	2018	24	20.3	1.3075
34	2019	12	24.4	1.3874

**Estación CHAVIN**

	P24	Log (P24)
Numero de datos n	34	34
Suma $\Sigma$	777.1	45.9578
Máximo	32.6	1.5132
Mínimo	15.7	1.1959
Promedio $\bar{x}$	22.9	1.3517
Desviación estándar s	4.2876	0.0807
Coficiente asimetría Cs	0.4834	0.0789
Cs/6 k	0.0806	0.0131

**PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)**

$$n = 34$$

$$K_n = 2.616 *$$

⇒ **Umbral de datos dudosos altos ( $y_H$ : unid. logaritmicas)**

$$y_H = \bar{y} + K_n s y \quad y_H = 1.5628$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{y_H} \quad PH = 36.5 \text{ mm}$$

⇒ **Umbral de datos dudosos bajos ( $y_H$ : unid. logaritmicas)**

$$y_H = \bar{y} - K_n s y \quad y_H = 1.1406$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{y_H} \quad PL = 13.8 \text{ mm}$$

**Nota:** Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL,

es decir se encuentran entre 36.5 mm y 13.8 mm. No existen datos dudosos.

**Prueba de Datos Dudosos Estación  
RECUAY**

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1966	48	19.5	1.2900
2	1967	45	22.9	1.3598
3	1968	36	26.3	1.4200
4	1969	43	23.4	1.3692
5	1970	17	32.2	1.5079
6	1971	37	26	1.4150
7	1972	35	26.5	1.4232
8	1973	31	28.3	1.4518
9	1979	23	29.8	1.4742
10	1980	40	24.8	1.3945
11	1981	2	47.3	1.6749
12	1982	20	30.3	1.4814
13	1983	13	33.4	1.5237
14	1984	15	32.4	1.5105
15	1985	3	45.4	1.6571
16	1986	21	30.1	1.4786
17	1987	41	24.5	1.3892
18	1988	46	22.6	1.3541
19	1989	6	41.3	1.6160
20	1990	33	26.8	1.4281
21	1991	25	29.4	1.4683
22	1992	11	34	1.5315
23	1993	29	28.4	1.4533
24	1994	5	42.3	1.6263
25	1995	7	40.3	1.6053
26	1996	32	28	1.4472
27	1997	28	28.9	1.4609
28	1998	1	53.3	1.7267
29	1999	34	26.8	1.4281
30	2000	44	23	1.3617
31	2001	26	29.4	1.4683
32	2002	8	38.8	1.5888
33	2003	49	19.4	1.2878
34	2004	12	33.7	1.5276
35	2005	16	32.4	1.5105
36	2006	42	24.5	1.3892
37	2007	14	33	1.5185
38	2008	47	19.8	1.2967
39	2009	4	44	1.6435
40	2010	38	25.7	1.4099
41	2011	24	29.5	1.4698
42	2012	9	38.3	1.5832
43	2013	18	31.4	1.4969
44	2014	19	30.4	1.4829
45	2015	39	25.5	1.4065
46	2016	30	28.4	1.4533
47	2017	22	30	1.4771
48	2018	10	35.1	1.5453
49	2019	27	29.2	1.4654

**Estación RECUAY**

	P24	Log (P24)
Numero de datos n	49	49
Suma $\Sigma$	1506.7	72.3500
Máximo	53.3	1.7267
Mínimo	19.4	1.2878
Promedio $\bar{x}$	30.7	1.4765
Desviación estándar s	7.3627	0.0987
Coficiente asimetría Cs	1.0158	0.3874
Cs/6 k	0.1693	0.0646

**PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)**

$$n = 49$$

$$Kn = 2.76 *$$

⇒ **Umbral de datos dudosos altos ( $y_H$ : unid. logaritmicas)**

$$y_H = \bar{y} + KnSy \quad y_H = 1.7491$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{y_H} \quad PH = 56.1 \text{ mm}$$

⇒ **Umbral de datos dudosos bajos ( $y_H$ : unid. logaritmicas)**

$$y_H = \bar{y} - KnSy \quad y_H = 1.2040$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{y_H} \quad PL = 16.0 \text{ mm}$$

**Nota:** Se observa que todos los valores 'P24' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 56.1 mm y 16 mm. No existen datos dudosos.

Prueba de Datos Dudosos Estación  
HUARAZ

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1977	30	27	1.4314
2	1978	17	33	1.5185
3	1979	6	45	1.6532
4	1980	14	33.3	1.5224
5	1981	40	21	1.3222
6	1982	23	29.5	1.4698
7	1983	16	33.1	1.5198
8	1984	18	32.2	1.5079
9	1985	42	16.2	1.2095
10	1986	36	25.2	1.4014
11	1987	22	30.3	1.4814
12	1988	25	28.6	1.4564
13	1989	7	44.6	1.6493
14	1990	24	29.5	1.4698
15	1991	3	49.7	1.6964
16	1992	37	24.2	1.3838
17	1993	21	30.6	1.4857
18	1994	38	23.1	1.3636
19	1995	27	28.3	1.4518
20	1996	31	26.6	1.4249
21	1997	1	52.5	1.7202
22	1998	5	47.4	1.6758
23	1999	8	43	1.6335
24	2000	28	28	1.4472
25	2001	12	34.8	1.5416
26	2002	9	40.5	1.6075
27	2003	13	33.5	1.5250
28	2004	10	37.7	1.5763
29	2005	11	35.8	1.5539
30	2006	39	22.1	1.3444
31	2007	41	20.4	1.3096
32	2008	20	32	1.5051
33	2009	29	27.3	1.4362
34	2010	35	25.7	1.4099
35	2011	33	25.8	1.4116
36	2012	2	50.5	1.7033
37	2013	19	32.1	1.5065
38	2014	15	33.2	1.5211
39	2015	32	26.4	1.4216
40	2016	4	48.2	1.6830
41	2017	26	28.5	1.4548
42	2018	34	25.8	1.4116

**Estación HUARAZ**

	P24	Log (P24)
Numero de datos n	42	42
Suma $\Sigma$	1362.2	62.8191
Máximo	52.5	1.7202
Mínimo	16.2	1.2095
Promedio $x\bar{}$	32.4	1.4957
Desviación estándar s	8.8833	0.1162
Coficiente asimetría Cs	0.7225	0.1089
Cs/6 k	0.1204	0.0181

**PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)**

$$n = 42$$

$$Kn = 2.7 *$$

⇒ Umbral de datos dudosos altos ( $y_H$ : unid. logarítmicas)

$$y_H = \bar{y} + KnSy \quad y_H = 1.8096$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{y_H} \quad PH = 64.5 \text{ mm}$$

⇒ Umbral de datos dudosos bajos ( $y_H$ : unid. logarítmicas)

$$y_H = \bar{y} - KnSy \quad y_H = 1.1818$$

Precipitación mínima aceptada

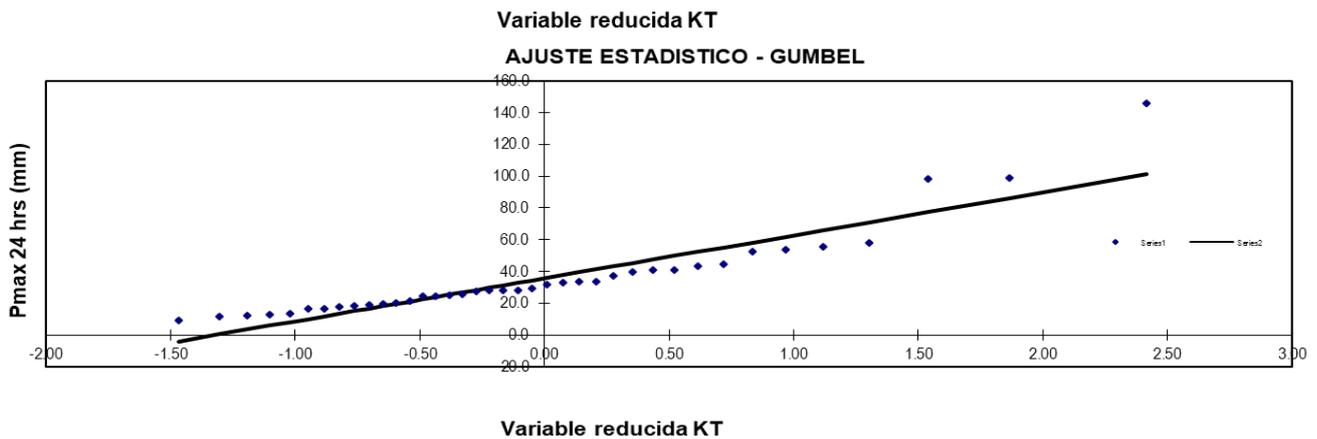
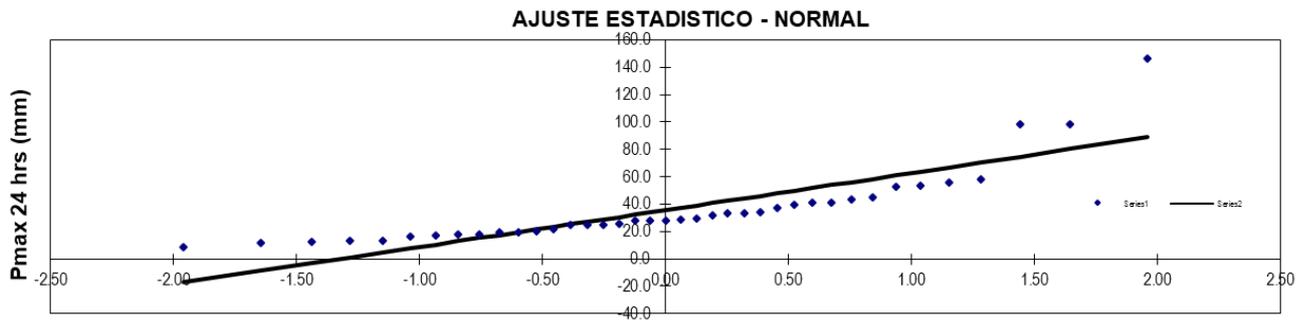
$$PL = 10^{y_H} \quad PL = 15.2 \text{ mm}$$

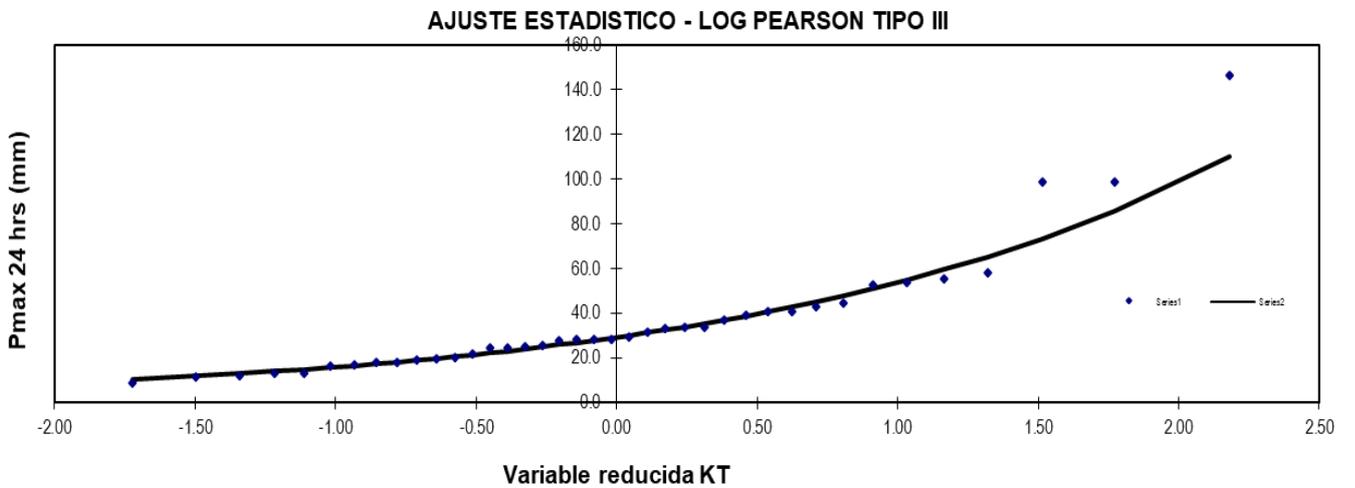
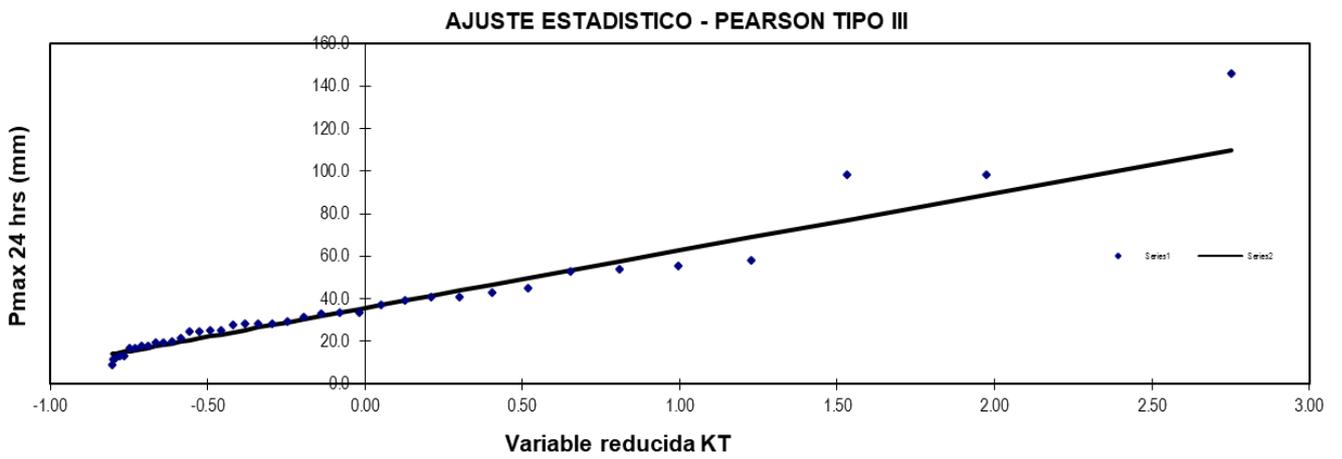
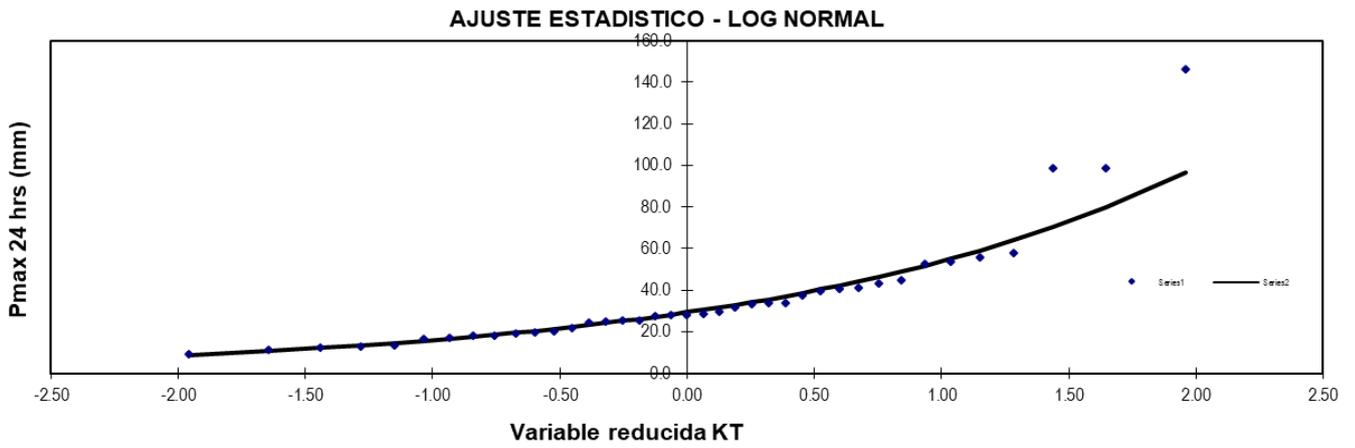
**Nota:** Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 64.5 mm y 15.2 mm. No existen datos dudosos.

### ANEXO 3

#### Prueba de bondad de ajuste y gráfica de probabilidades de las estaciones meteorológicas

ESTACIÓN MILPO															
N	T	P( $X \leq t$ )	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III		
			P24	log(P24)	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$
1	40.00	2.50%	146.2	2.1649	1.9600	88.7	2.4163	101.0	1.9600	96.4	2.7526	110.1	2.1800	110.2	
2	20.00	5.00%	98.6	1.9939	1.6449	80.2	1.8658	86.2	1.6449	79.6	1.9731	89.1	1.7706	85.9	
3	13.33	7.50%	98.5	1.9934	1.4395	74.6	1.5394	77.3	1.4395	70.3	1.5321	77.1	1.5137	73.5	
4	10.00	10.00%	58.0	1.7634	1.2816	70.4	1.3046	71.0	1.2816	63.9	1.2266	68.9	1.3212	65.4	
5	8.00	12.50%	55.6	1.7451	1.1503	66.8	1.1198	66.0	1.1503	59.0	0.9941	62.6	1.1647	59.5	
6	6.67	15.00%	53.8	1.7308	1.0364	63.7	0.9666	61.8	1.0364	55.0	0.8073	57.5	1.0312	54.8	
7	5.71	17.50%	52.7	1.7218	0.9346	61.0	0.8352	58.3	0.9346	51.7	0.6516	53.3	0.9139	51.1	
8	5.00	20.00%	44.8	1.6513	0.8416	58.5	0.7195	55.2	0.8416	48.9	0.5186	49.7	0.8083	47.9	
9	4.44	22.50%	43.2	1.6355	0.7554	56.1	0.6157	52.4	0.7554	46.4	0.4028	46.6	0.7118	45.2	
10	4.00	25.00%	41.0	1.6128	0.6745	53.9	0.5214	49.8	0.6745	44.2	0.3004	43.8	0.6223	42.8	
11	3.64	27.50%	40.8	1.6107	0.5978	51.9	0.4345	47.5	0.5978	42.2	0.2088	41.3	0.5385	40.7	
12	3.33	30.00%	39.4	1.5955	0.5244	49.9	0.3538	45.3	0.5244	40.3	0.1261	39.1	0.4593	38.8	
13	3.08	32.50%	37.2	1.5705	0.4538	48.0	0.2781	43.2	0.4538	38.6	0.0509	37.1	0.3839	37.0	
14	2.86	35.00%	33.8	1.5289	0.3853	46.1	0.2066	41.3	0.3853	37.1	-0.0180	35.2	0.3117	35.4	
15	2.67	37.50%	33.5	1.5250	0.3186	44.3	0.1386	39.5	0.3186	35.6	-0.0815	33.5	0.2420	34.0	
16	2.50	40.00%	33.2	1.5211	0.2533	42.6	0.0737	37.7	0.2533	34.2	-0.1402	31.9	0.1746	32.6	
17	2.35	42.50%	31.6	1.4997	0.1891	40.8	0.0113	36.0	0.1891	32.9	-0.1948	30.4	0.1089	31.3	
18	2.22	45.00%	29.5	1.4698	0.1257	39.1	-0.0489	34.4	0.1257	31.6	-0.2457	29.1	0.0446	30.1	
19	2.11	47.50%	28.4	1.4533	0.0627	37.4	-0.1074	32.8	0.0627	30.5	-0.2933	27.8	-0.0185	29.0	
20	2.00	50.00%	28.2	1.4502	0.0000	35.7	-0.1643	31.3	0.0000	29.3	-0.3379	26.6	-0.0807	27.9	
21	1.90	52.50%	28.2	1.4502	-0.0627	34.0	-0.2199	29.8	-0.0627	28.2	-0.3798	25.4	-0.1422	26.9	
22	1.82	55.00%	27.6	1.4409	-0.1257	32.3	-0.2746	28.3	-0.1257	27.2	-0.4193	24.4	-0.2034	25.9	
23	1.74	57.50%	25.4	1.4048	-0.1891	30.6	-0.3285	26.8	-0.1891	26.1	-0.4565	23.4	-0.2644	25.0	
24	1.67	60.00%	25.2	1.4014	-0.2533	28.9	-0.3819	25.4	-0.2533	25.1	-0.4917	22.4	-0.3255	24.1	
25	1.60	62.50%	24.7	1.3927	-0.3186	27.1	-0.4349	23.9	-0.3186	24.2	-0.5249	21.5	-0.3870	23.2	
26	1.54	65.00%	24.6	1.3909	-0.3853	25.3	-0.4880	22.5	-0.3853	23.2	-0.5562	20.7	-0.4491	22.3	
27	1.48	67.50%	21.6	1.3345	-0.4538	23.4	-0.5411	21.1	-0.4538	22.3	-0.5859	19.9	-0.5121	21.5	
28	1.43	70.00%	20.1	1.3032	-0.5244	21.5	-0.5948	19.6	-0.5244	21.3	-0.6139	19.1	-0.5763	20.7	
29	1.38	72.50%	19.5	1.2900	-0.5978	19.5	-0.6492	18.1	-0.5978	20.4	-0.6403	18.4	-0.6422	19.9	
30	1.33	75.00%	19.2	1.2833	-0.6745	17.5	-0.7047	16.6	-0.6745	19.5	-0.6651	17.7	-0.7103	19.0	
31	1.29	77.50%	18.1	1.2577	-0.7554	15.3	-0.7618	15.1	-0.7554	18.5	-0.6884	17.1	-0.7811	18.2	
32	1.25	80.00%	18.0	1.2553	-0.8416	12.9	-0.8211	13.5	-0.8416	17.6	-0.7102	16.5	-0.8554	17.4	
33	1.21	82.50%	16.8	1.2253	-0.9346	10.4	-0.8832	11.8	-0.9346	16.6	-0.7303	16.0	-0.9343	16.6	
34	1.18	85.00%	16.6	1.2201	-1.0364	7.7	-0.9493	10.0	-1.0364	15.6	-0.7487	15.5	-1.0193	15.8	
35	1.14	87.50%	13.2	1.1206	-1.1503	4.6	-1.0209	8.1	-1.1503	14.6	-0.7652	15.0	-1.1125	14.9	
36	1.11	90.00%	13.0	1.1139	-1.2816	1.0	-1.1003	5.9	-1.2816	13.5	-0.7796	14.6	-1.2175	14.0	
37	1.08	92.50%	12.1	1.0828	-1.4395	-3.2	-1.1921	3.5	-1.4395	12.2	-0.7912	14.3	-1.3407	13.0	
38	1.05	95.00%	11.5	1.0607	-1.6449	-8.8	-1.3055	0.4	-1.6449	10.8	-0.7993	14.1	-1.4954	11.8	
39	1.03	97.50%	9.0	0.9542	-1.9600	-17.3	-1.4678	-4.0	-1.9600	8.9	-0.8022	14.0	-1.7215	10.3	

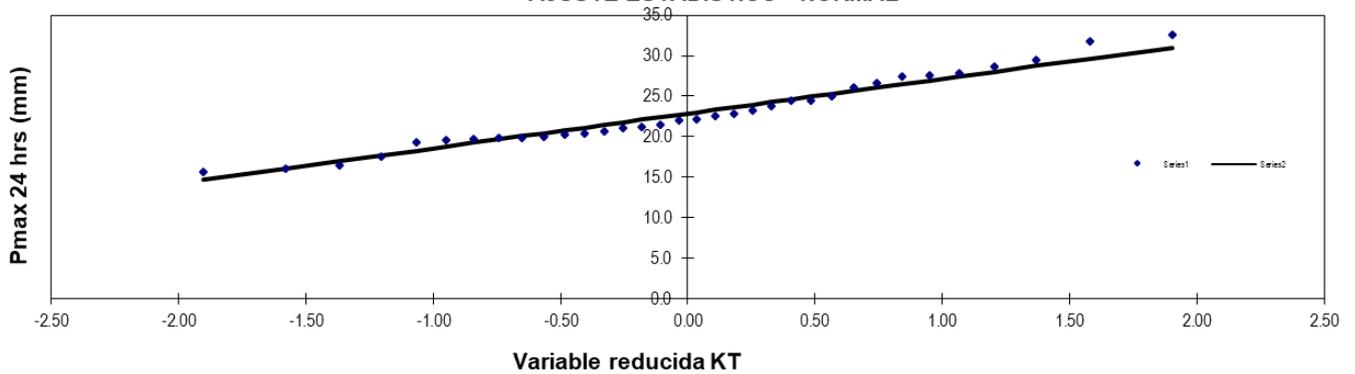




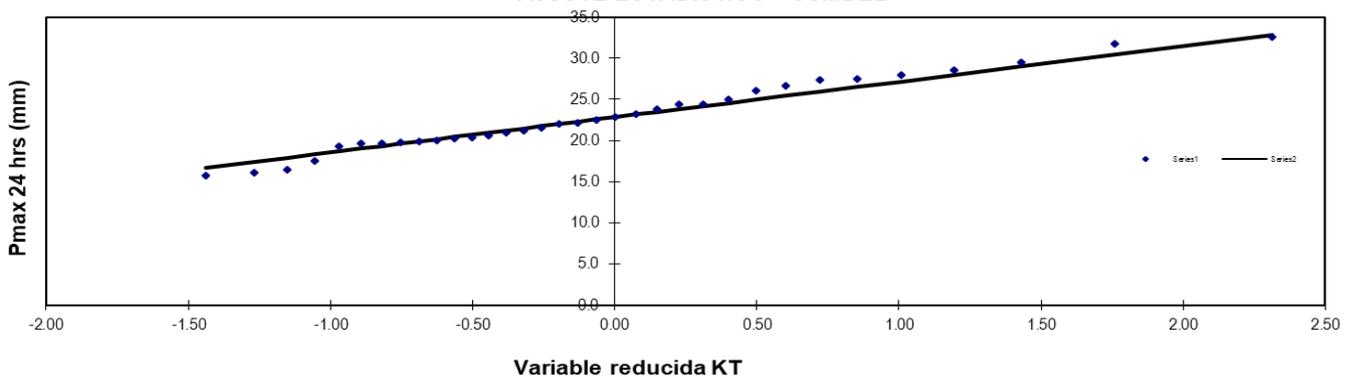
ESTACIÓN CHAVIN

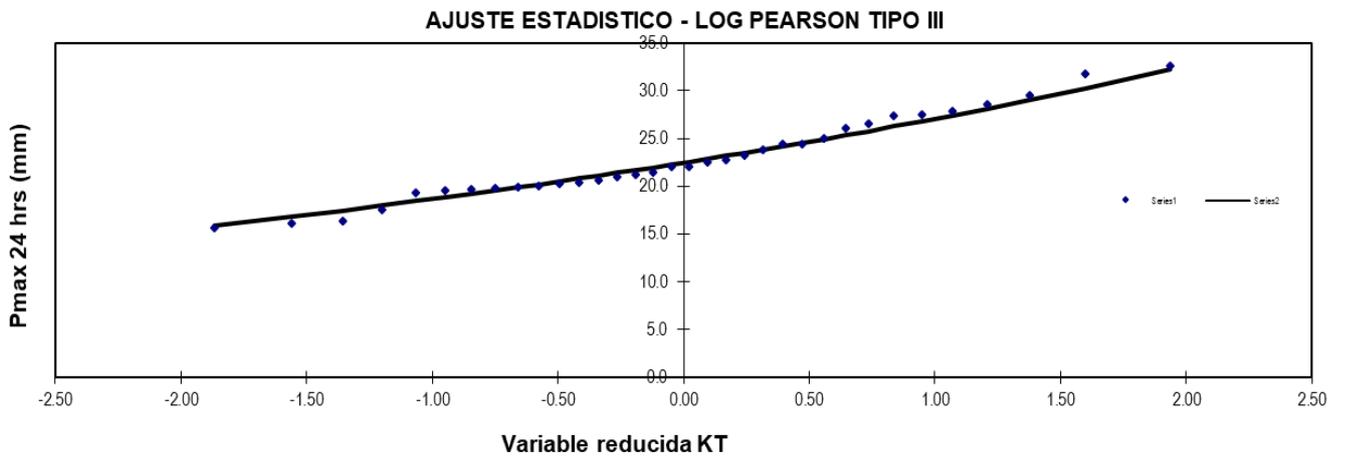
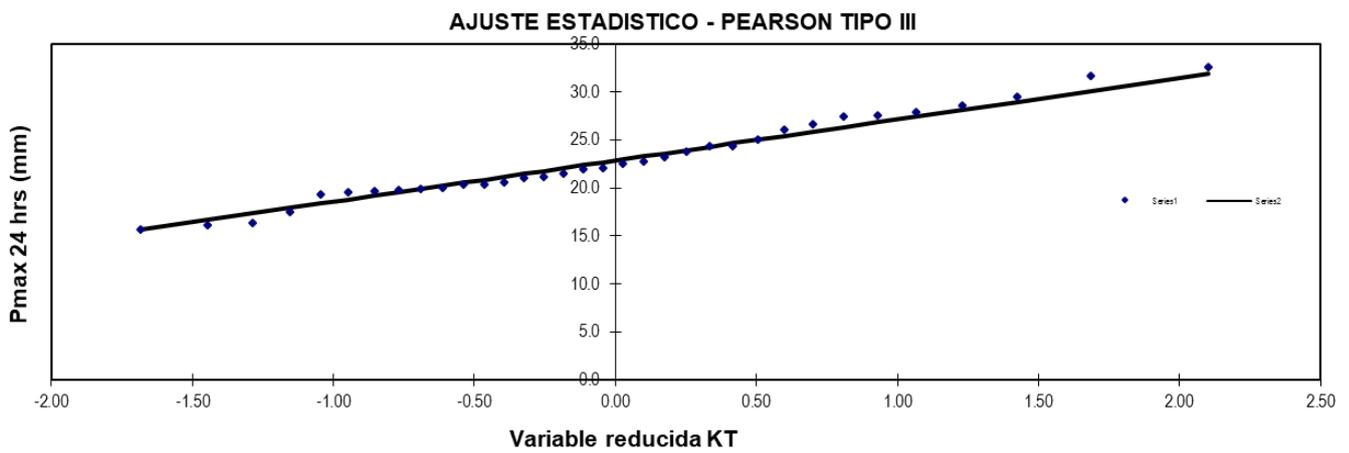
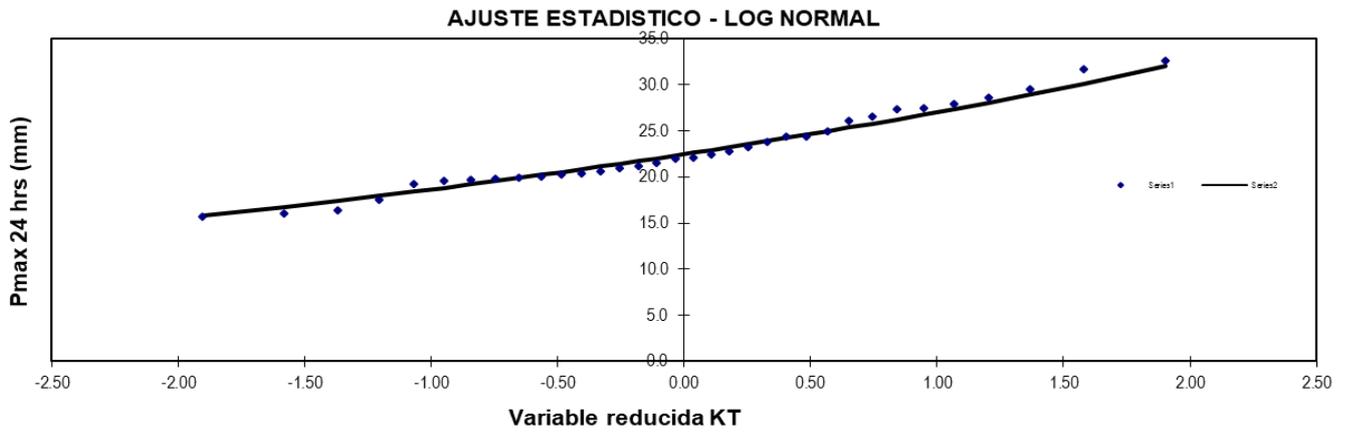
N	T	P( $X \leq t$ )	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO	$K_T$	ESPERADO
1	35.00	2.86%	32.6	1.5132	1.9022	31.0	2.3108	32.8	1.9022	32.0	2.1021	31.9	1.9364	32.2
2	17.50	5.71%	31.7	1.5011	1.5792	29.6	1.7588	30.4	1.5792	30.1	1.6869	30.1	1.5985	30.2
3	11.67	8.57%	29.5	1.4698	1.3676	28.7	1.4308	29.0	1.3676	29.0	1.4251	29.0	1.3787	29.0
4	8.75	11.43%	28.6	1.4564	1.2040	28.0	1.1943	28.0	1.2040	28.1	1.2282	28.1	1.2096	28.1
5	7.00	14.29%	27.9	1.4456	1.0676	27.4	1.0079	27.2	1.0676	27.4	1.0676	27.4	1.0691	27.4
6	5.83	17.14%	27.5	1.4393	0.9485	26.9	0.8529	26.5	0.9485	26.8	0.9301	26.8	0.9469	26.8
7	5.00	20.00%	27.4	1.4378	0.8416	26.5	0.7195	25.9	0.8416	26.3	0.8087	26.3	0.8375	26.3
8	4.38	22.86%	26.6	1.4249	0.7436	26.0	0.6017	25.4	0.7436	25.8	0.6990	25.9	0.7375	25.8
9	3.89	25.71%	26.1	1.4166	0.6522	25.7	0.4959	25.0	0.6522	25.4	0.5983	25.4	0.6444	25.3
10	3.50	28.57%	25.0	1.3979	0.5659	25.3	0.3992	24.6	0.5659	25.0	0.5046	25.0	0.5568	24.9
11	3.18	31.43%	24.4	1.3874	0.4837	24.9	0.3100	24.2	0.4837	24.6	0.4164	24.6	0.4735	24.5
12	2.92	34.29%	24.4	1.3874	0.4047	24.6	0.2266	23.8	0.4047	24.2	0.3327	24.3	0.3936	24.2
13	2.69	37.14%	23.8	1.3766	0.3281	24.3	0.1482	23.5	0.3281	23.9	0.2525	23.9	0.3162	23.8
14	2.50	40.00%	23.2	1.3655	0.2533	23.9	0.0737	23.2	0.2533	23.6	0.1752	23.6	0.2410	23.5
15	2.33	42.86%	22.8	1.3579	0.1800	23.6	0.0026	22.9	0.1800	23.2	0.1003	23.3	0.1672	23.2
16	2.19	45.71%	22.5	1.3522	0.1076	23.3	-0.0658	22.6	0.1076	22.9	0.0271	23.0	0.0946	22.9
17	2.06	48.57%	22.1	1.3444	0.0358	23.0	-0.1319	22.3	0.0358	22.6	-0.0446	22.7	0.0227	22.6
18	1.94	51.43%	22.0	1.3424	-0.0358	22.7	-0.1962	22.0	-0.0358	22.3	-0.1153	22.4	-0.0489	22.3
19	1.84	54.29%	21.5	1.3324	-0.1076	22.4	-0.2591	21.7	-0.1076	22.0	-0.1854	22.1	-0.1206	22.0
20	1.75	57.14%	21.2	1.3263	-0.1800	22.1	-0.3208	21.5	-0.1800	21.7	-0.2551	21.8	-0.1927	21.7
21	1.67	60.00%	21.0	1.3222	-0.2533	21.8	-0.3819	21.2	-0.2533	21.4	-0.3250	21.5	-0.2656	21.4
22	1.59	62.86%	20.6	1.3139	-0.3281	21.4	-0.4425	21.0	-0.3281	21.1	-0.3953	21.2	-0.3397	21.1
23	1.52	65.71%	20.4	1.3096	-0.4047	21.1	-0.5031	20.7	-0.4047	20.8	-0.4665	20.9	-0.4155	20.8
24	1.46	68.57%	20.3	1.3075	-0.4837	20.8	-0.5640	20.4	-0.4837	20.5	-0.5390	20.5	-0.4936	20.5
25	1.40	71.43%	20.0	1.3010	-0.5659	20.4	-0.6257	20.2	-0.5659	20.2	-0.6134	20.2	-0.5747	20.2
26	1.35	74.29%	19.9	1.2989	-0.6522	20.1	-0.6887	19.9	-0.6522	19.9	-0.6903	19.9	-0.6595	19.9
27	1.30	77.14%	19.8	1.2967	-0.7436	19.7	-0.7536	19.6	-0.7436	19.6	-0.7706	19.6	-0.7492	19.6
28	1.25	80.00%	19.7	1.2945	-0.8416	19.2	-0.8211	19.3	-0.8416	19.2	-0.8554	19.2	-0.8452	19.2
29	1.21	82.86%	19.6	1.2923	-0.9485	18.8	-0.8924	19.0	-0.9485	18.8	-0.9461	18.8	-0.9496	18.8
30	1.17	85.71%	19.3	1.2856	-1.0676	18.3	-0.9691	18.7	-1.0676	18.4	-1.0452	18.4	-1.0654	18.4
31	1.13	88.57%	17.5	1.2430	-1.2040	17.7	-1.0538	18.3	-1.2040	18.0	-1.1562	17.9	-1.1978	18.0
32	1.09	91.43%	16.4	1.2148	-1.3676	17.0	-1.1509	17.9	-1.3676	17.4	-1.2858	17.3	-1.3559	17.5
33	1.06	94.29%	16.1	1.2068	-1.5792	16.1	-1.2700	17.4	-1.5792	16.8	-1.4477	16.6	-1.5593	16.8
34	1.03	97.14%	15.7	1.1959	-1.9022	14.7	-1.4390	16.7	-1.9022	15.8	-1.6829	15.6	-1.8675	15.9

AJUSTE ESTADISTICO - NORMAL



AJUSTE ESTADISTICO - GUMBEL

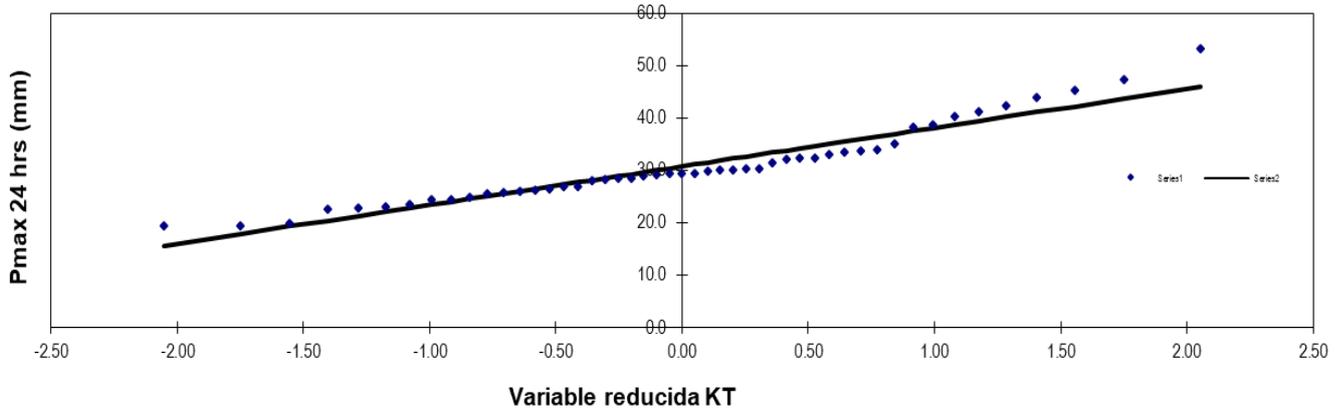


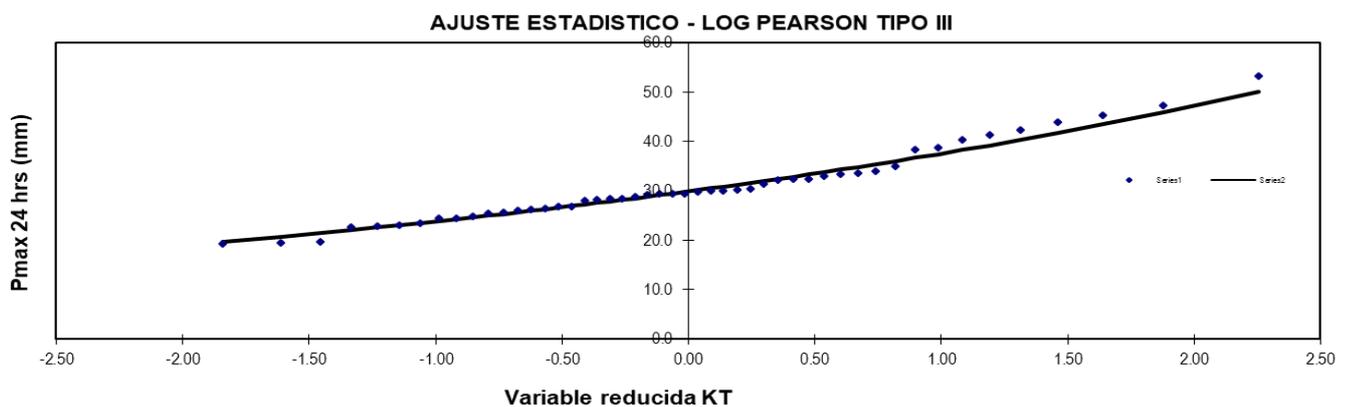
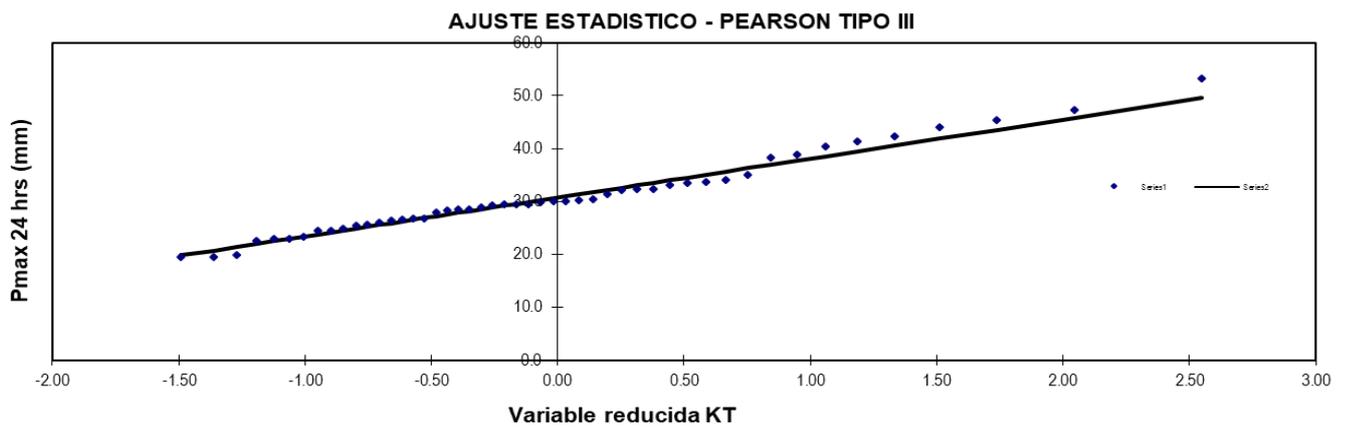
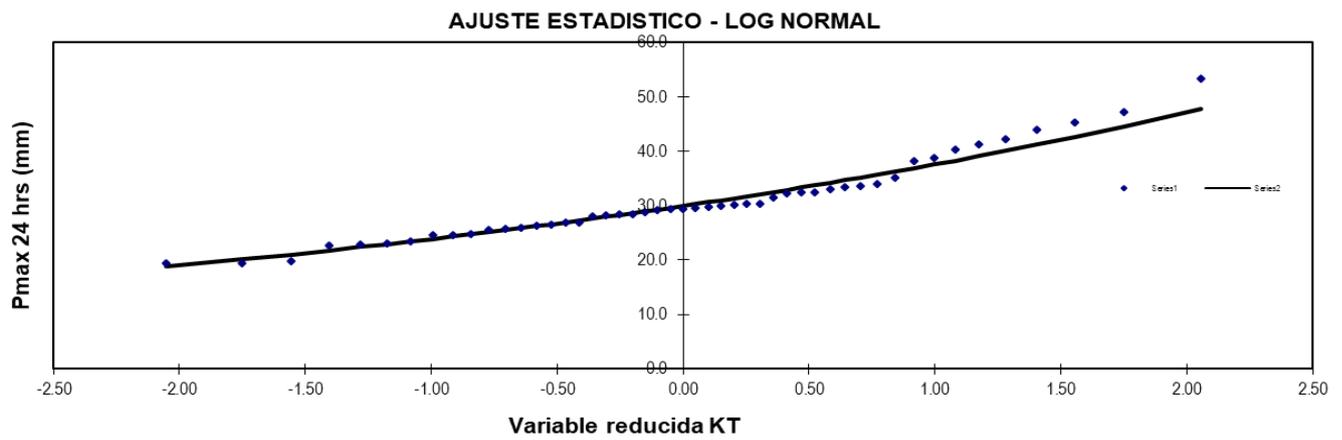
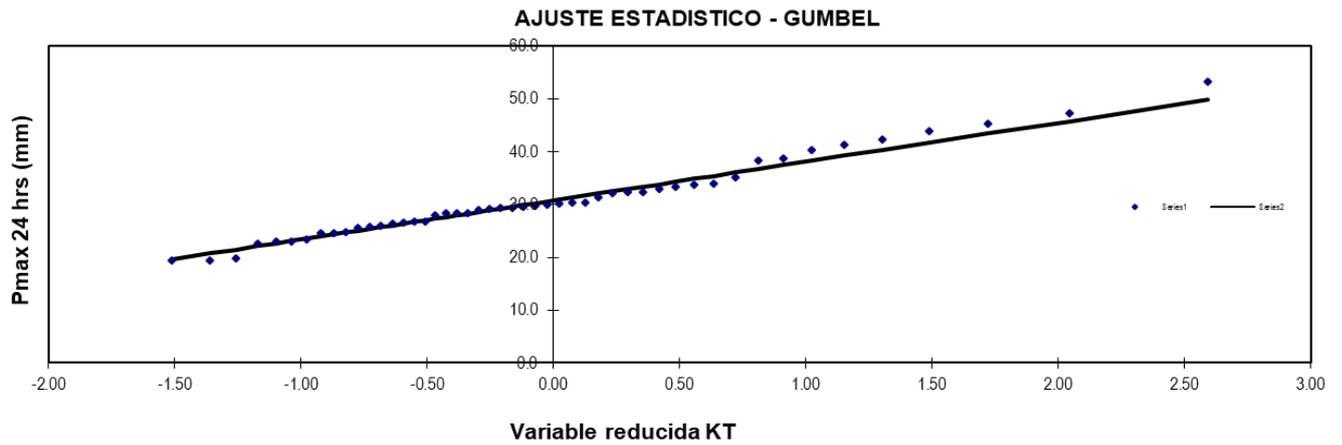


ESTACIÓN RECUYAY

N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	Kr	ESPERADO	Kr	ESPERADO	Kr	ESPERADO	Kr	ESPERADO	Kr	ESPERADO
1	50.00	2.00%	53.3	1.7267	2.0537	45.9	2.5923	49.8	2.0537	47.8	2.5497	49.5	2.2556	50.0
2	25.00	4.00%	47.3	1.6749	1.7507	43.6	2.0438	45.8	1.7507	44.6	2.0426	45.8	1.8763	45.9
3	16.67	6.00%	45.4	1.6571	1.5548	42.2	1.7196	43.4	1.5548	42.7	1.7360	43.5	1.6382	43.5
4	12.50	8.00%	44.0	1.6435	1.4051	41.1	1.4870	41.7	1.4051	41.2	1.5124	41.9	1.4599	41.8
5	10.00	10.00%	42.3	1.6263	1.2816	40.2	1.3046	40.4	1.2816	40.1	1.3349	40.6	1.3151	40.4
6	8.33	12.00%	41.3	1.6160	1.1750	39.4	1.1538	39.2	1.1750	39.1	1.1867	39.5	1.1919	39.3
7	7.14	14.00%	40.3	1.6053	1.0803	38.7	1.0249	38.3	1.0803	38.3	1.0588	38.5	1.0838	38.3
8	6.25	16.00%	38.8	1.5888	0.9945	38.1	0.9118	37.5	0.9945	37.6	0.9459	37.7	0.9868	37.5
9	5.56	18.00%	38.3	1.5832	0.9154	37.5	0.8109	36.7	0.9154	36.9	0.8444	37.0	0.8984	36.7
10	5.00	20.00%	35.1	1.5453	0.8416	36.9	0.7195	36.0	0.8416	36.3	0.7518	36.3	0.8167	36.1
11	4.55	22.00%	34.0	1.5315	0.7722	36.4	0.6357	35.4	0.7722	35.7	0.6666	36.7	0.7405	35.5
12	4.17	24.00%	33.7	1.5276	0.7063	35.9	0.5581	34.9	0.7063	35.2	0.5874	35.1	0.6687	34.9
13	3.85	26.00%	33.4	1.5237	0.6433	35.5	0.4858	34.3	0.6433	34.7	0.5132	34.5	0.6007	34.3
14	3.57	28.00%	33.0	1.5185	0.5828	35.0	0.4179	33.8	0.5828	34.2	0.4433	34.0	0.5358	33.8
15	3.33	30.00%	32.4	1.5105	0.5244	34.6	0.3538	33.4	0.5244	33.8	0.3770	33.5	0.4736	33.4
16	3.13	32.00%	32.4	1.5105	0.4677	34.2	0.2928	32.9	0.4677	33.3	0.3138	33.1	0.4137	32.9
17	2.94	34.00%	32.2	1.5079	0.4125	33.8	0.2347	32.5	0.4125	32.9	0.2534	32.6	0.3558	32.5
18	2.78	36.00%	31.4	1.4969	0.3585	33.4	0.1790	32.1	0.3585	32.5	0.1954	32.2	0.2995	32.1
19	2.63	38.00%	30.4	1.4829	0.3055	33.0	0.1254	31.7	0.3055	32.1	0.1394	31.8	0.2447	31.7
20	2.50	40.00%	30.3	1.4814	0.2533	32.6	0.0737	31.3	0.2533	31.7	0.0853	31.4	0.1911	31.3
21	2.38	42.00%	30.1	1.4786	0.2019	32.2	0.0236	30.9	0.2019	31.4	0.0329	31.0	0.1386	30.9
22	2.27	44.00%	30.0	1.4771	0.1510	31.9	-0.0251	30.6	0.1510	31.0	-0.0182	30.6	0.0869	30.6
23	2.17	46.00%	29.8	1.4742	0.1004	31.5	-0.0725	30.2	0.1004	30.7	-0.0680	30.2	0.0360	30.2
24	2.08	48.00%	29.5	1.4698	0.0502	31.1	-0.1189	29.9	0.0502	30.3	-0.1167	29.9	-0.0144	29.9
25	2.00	50.00%	29.4	1.4683	0.0000	30.7	-0.1643	29.5	0.0000	30.0	-0.1644	29.5	-0.0643	29.5
26	1.92	52.00%	29.4	1.4683	-0.0502	30.4	-0.2089	29.2	-0.0502	29.6	-0.2113	29.2	-0.1139	29.2
27	1.85	54.00%	29.2	1.4654	-0.1004	30.0	-0.2528	28.9	-0.1004	29.3	-0.2575	28.9	-0.1632	28.9
28	1.79	56.00%	28.9	1.4609	-0.1510	29.6	-0.2962	28.6	-0.1510	28.9	-0.3031	28.5	-0.2125	28.5
29	1.72	58.00%	28.4	1.4533	-0.2019	29.3	-0.3392	28.3	-0.2019	28.6	-0.3483	28.2	-0.2619	28.2
30	1.67	60.00%	28.4	1.4533	-0.2533	28.9	-0.3819	27.9	-0.2533	28.3	-0.3930	27.9	-0.3114	27.9
31	1.61	62.00%	28.3	1.4518	-0.3055	28.5	-0.4243	27.6	-0.3055	27.9	-0.4375	27.5	-0.3613	27.6
32	1.56	64.00%	28.0	1.4472	-0.3585	28.1	-0.4667	27.3	-0.3585	27.6	-0.4819	27.2	-0.4116	27.3
33	1.52	66.00%	26.8	1.4281	-0.4125	27.7	-0.5092	27.0	-0.4125	27.3	-0.5263	26.9	-0.4625	27.0
34	1.47	68.00%	26.8	1.4281	-0.4677	27.3	-0.5518	26.7	-0.4677	26.9	-0.5707	26.5	-0.5142	26.7
35	1.43	70.00%	26.5	1.4232	-0.5244	26.9	-0.5948	26.4	-0.5244	26.6	-0.6153	26.2	-0.5668	26.3
36	1.39	72.00%	26.3	1.4200	-0.5828	26.5	-0.6382	26.0	-0.5828	26.2	-0.6603	25.9	-0.6207	26.0
37	1.35	74.00%	26.0	1.4150	-0.6433	26.0	-0.6823	25.7	-0.6433	25.9	-0.7059	25.6	-0.6760	25.7
38	1.32	76.00%	25.7	1.4099	-0.7063	25.5	-0.7273	25.4	-0.7063	25.5	-0.7521	25.2	-0.7331	25.4
39	1.28	78.00%	25.5	1.4065	-0.7722	25.1	-0.7735	25.1	-0.7722	25.1	-0.7993	24.9	-0.7924	25.0
40	1.25	80.00%	24.8	1.3945	-0.8416	24.6	-0.8211	24.7	-0.8416	24.7	-0.8477	24.5	-0.8542	24.7
41	1.22	82.00%	24.5	1.3892	-0.9154	24.0	-0.8705	24.3	-0.9154	24.3	-0.8976	24.1	-0.9192	24.3
42	1.19	84.00%	24.5	1.3892	-0.9945	23.4	-0.9223	24.0	-0.9945	23.9	-0.9494	23.8	-0.9883	23.9
43	1.16	86.00%	23.4	1.3692	-1.0803	22.8	-0.9772	23.6	-1.0803	23.4	-1.0038	23.4	-1.0623	23.5
44	1.14	88.00%	23.0	1.3617	-1.1750	22.1	-1.0360	23.1	-1.1750	22.9	-1.0615	22.9	-1.1430	23.1
45	1.11	90.00%	22.9	1.3598	-1.2816	21.3	-1.1003	22.6	-1.2816	22.4	-1.1236	22.5	-1.2325	22.6
46	1.09	92.00%	22.6	1.3541	-1.4051	20.4	-1.1725	22.1	-1.4051	21.8	-1.1919	22.0	-1.3346	22.1
47	1.06	94.00%	19.8	1.2967	-1.5548	19.3	-1.2566	21.5	-1.5548	21.0	-1.2697	21.4	-1.4559	21.5
48	1.04	96.00%	19.5	1.2900	-1.7507	17.9	-1.3615	20.7	-1.7507	20.1	-1.3634	20.7	-1.6108	20.8
49	1.02	98.00%	19.4	1.2878	-2.0537	15.6	-1.5136	19.6	-2.0537	18.8	-1.4912	19.8	-1.8418	19.7

AJUSTE ESTADISTICO - NORMAL

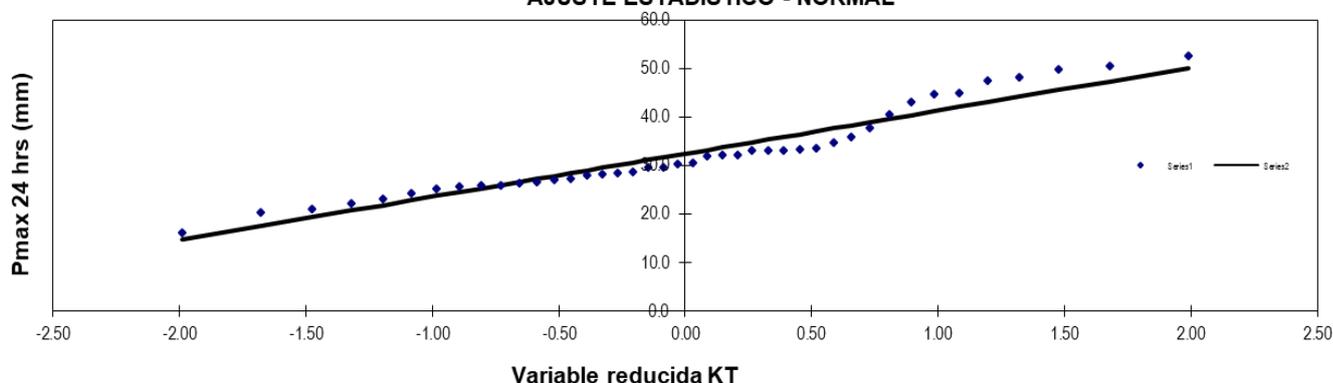


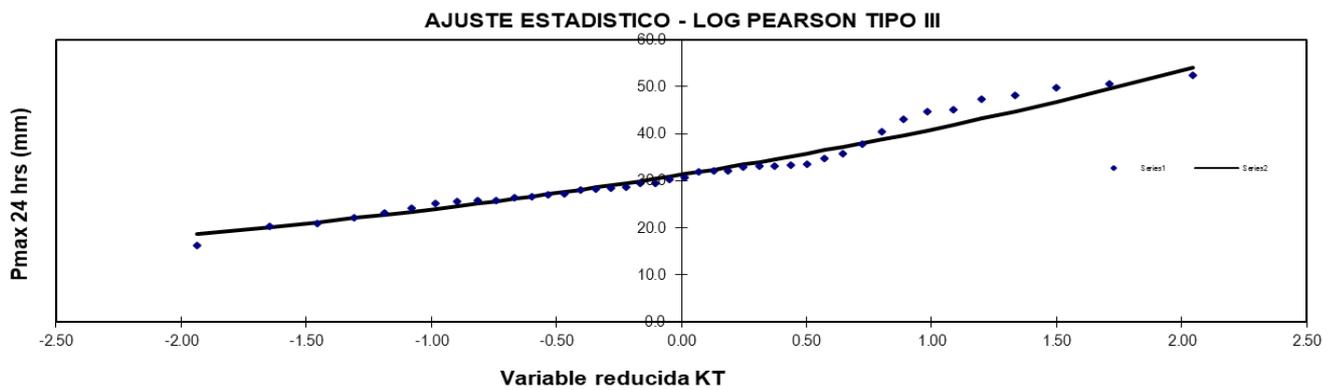
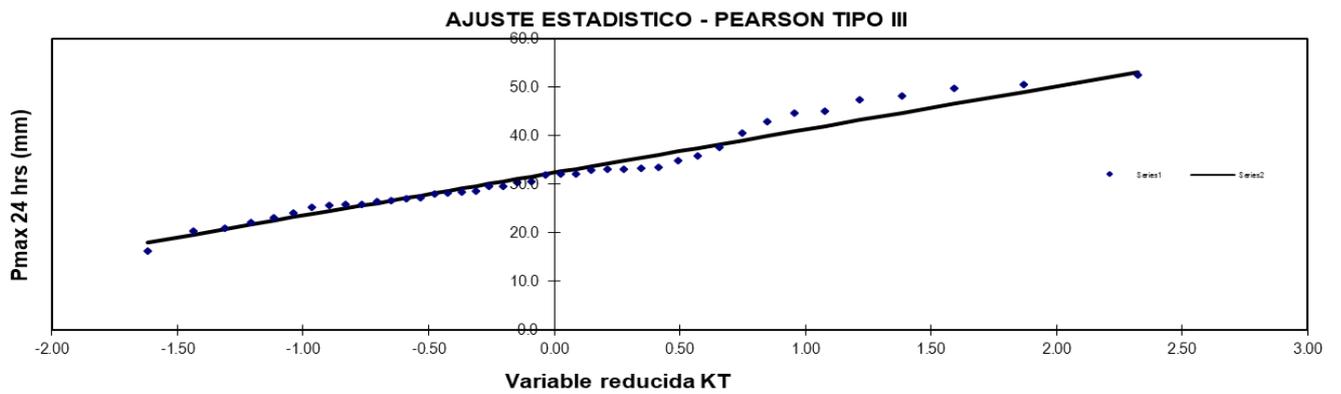
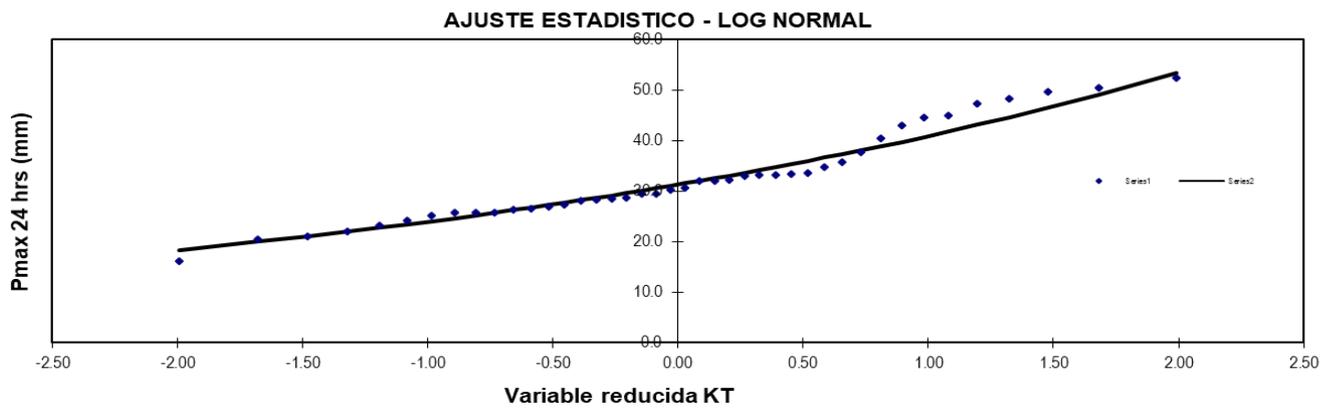
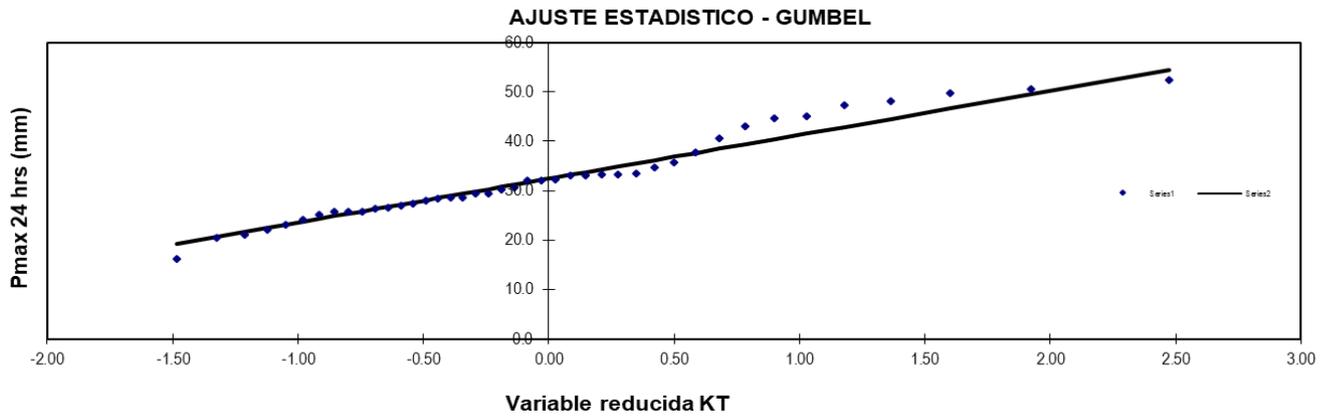


ESTACIÓN HUARAZ

N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K <sub>T</sub>	ESPERADO								
1	43.00	2.33%	52.5	1.7202	1.9907	50.1	2.4734	54.4	1.9907	53.3	2.3231	53.1	2.0440	54.1
2	21.50	4.65%	50.5	1.7033	1.6797	47.4	1.9236	49.5	1.6797	49.1	1.8703	49.0	1.7121	49.5
3	14.33	6.98%	49.7	1.6964	1.4775	45.6	1.5979	46.6	1.4775	46.5	1.5910	46.6	1.4984	46.8
4	10.75	9.30%	48.2	1.6830	1.3224	44.2	1.3639	44.5	1.3224	44.6	1.3843	44.7	1.3353	44.8
5	8.60	11.63%	47.4	1.6758	1.1938	43.0	1.1800	42.9	1.1938	43.1	1.2181	43.3	1.2009	43.2
6	7.17	13.95%	45.0	1.6532	1.0824	42.0	1.0277	41.6	1.0824	41.8	1.0778	42.0	1.0850	41.9
7	6.14	16.28%	44.6	1.6493	0.9831	41.2	0.8971	40.4	0.9831	40.7	0.9554	40.9	0.9819	40.7
8	5.38	18.60%	43.0	1.6335	0.8926	40.4	0.7823	39.4	0.8926	39.8	0.8462	40.0	0.8884	39.7
9	4.78	20.93%	40.5	1.6075	0.8088	39.6	0.6796	38.5	0.8088	38.9	0.7471	39.1	0.8021	38.8
10	4.30	23.26%	37.7	1.5763	0.7304	38.9	0.5863	37.6	0.7304	38.1	0.6560	38.3	0.7215	38.0
11	3.91	25.58%	35.8	1.5539	0.6563	38.3	0.5006	36.9	0.6563	37.3	0.5712	37.5	0.6456	37.2
12	3.58	27.91%	34.8	1.5416	0.5856	37.6	0.4210	36.2	0.5856	36.6	0.4918	36.8	0.5733	36.5
13	3.31	30.23%	33.5	1.5250	0.5177	37.0	0.3465	35.5	0.5177	36.0	0.4166	36.1	0.5041	35.8
14	3.07	32.56%	33.3	1.5224	0.4521	36.4	0.2764	34.9	0.4521	35.3	0.3452	35.5	0.4374	35.2
15	2.87	34.88%	33.2	1.5211	0.3885	35.9	0.2098	34.3	0.3885	34.7	0.2768	34.9	0.3728	34.6
16	2.69	37.21%	33.1	1.5198	0.3263	35.3	0.1464	33.7	0.3263	34.2	0.2111	34.3	0.3099	34.0
17	2.53	39.53%	33.0	1.5185	0.2654	34.8	0.0856	33.2	0.2654	33.6	0.1476	33.7	0.2484	33.5
18	2.39	41.86%	32.2	1.5079	0.2055	34.3	0.0270	32.7	0.2055	33.1	0.0859	33.2	0.1880	32.9
19	2.26	44.19%	32.1	1.5065	0.1463	33.7	-0.0295	32.2	0.1463	32.6	0.0259	32.7	0.1284	32.4
20	2.15	46.51%	32.0	1.5051	0.0876	33.2	-0.0845	31.7	0.0876	32.1	-0.0327	32.1	0.0695	31.9
21	2.05	48.84%	30.6	1.4857	0.0292	32.7	-0.1380	31.2	0.0292	31.6	-0.0902	31.6	0.0110	31.4
22	1.95	51.16%	30.3	1.4814	-0.0292	32.2	-0.1903	30.7	-0.0292	31.1	-0.1469	31.1	-0.0473	30.9
23	1.87	53.49%	29.5	1.4698	-0.0876	31.7	-0.2417	30.3	-0.0876	30.6	-0.2028	30.6	-0.1055	30.4
24	1.79	55.81%	29.5	1.4698	-0.1463	31.1	-0.2922	29.8	-0.1463	30.1	-0.2582	30.1	-0.1639	30.0
25	1.72	58.14%	28.6	1.4564	-0.2055	30.6	-0.3422	29.4	-0.2055	29.6	-0.3132	29.7	-0.2227	29.5
26	1.65	60.47%	28.5	1.4548	-0.2654	30.1	-0.3918	29.0	-0.2654	29.2	-0.3682	29.2	-0.2821	29.0
27	1.59	62.79%	28.3	1.4518	-0.3263	29.5	-0.4411	28.5	-0.3263	28.7	-0.4231	28.7	-0.3423	28.6
28	1.54	65.12%	28.0	1.4472	-0.3885	29.0	-0.4904	28.1	-0.3885	28.2	-0.4783	28.2	-0.4036	28.1
29	1.48	67.44%	27.3	1.4362	-0.4521	28.4	-0.5399	27.6	-0.4521	27.7	-0.5340	27.7	-0.4663	27.6
30	1.43	69.77%	27.0	1.4314	-0.5177	27.8	-0.5898	27.2	-0.5177	27.3	-0.5903	27.2	-0.5307	27.2
31	1.39	72.09%	26.6	1.4249	-0.5856	27.2	-0.6403	26.7	-0.5856	26.8	-0.6477	26.7	-0.5972	26.7
32	1.34	74.42%	26.4	1.4216	-0.6563	26.6	-0.6917	26.3	-0.6563	26.3	-0.7063	26.2	-0.6662	26.2
33	1.30	76.74%	25.8	1.4116	-0.7304	25.9	-0.7444	25.8	-0.7304	25.8	-0.7666	25.6	-0.7385	25.7
34	1.26	79.07%	25.8	1.4116	-0.8088	25.2	-0.7987	25.3	-0.8088	25.2	-0.8291	25.1	-0.8146	25.2
35	1.23	81.40%	25.7	1.4099	-0.8926	24.5	-0.8554	24.8	-0.8926	24.7	-0.8944	24.5	-0.8957	24.6
36	1.19	83.72%	25.2	1.4014	-0.9831	23.7	-0.9149	24.3	-0.9831	24.1	-0.9633	23.9	-0.9831	24.1
37	1.16	86.05%	24.2	1.3838	-1.0824	22.8	-0.9785	23.7	-1.0824	23.4	-1.0370	23.2	-1.0787	23.5
38	1.13	88.37%	23.1	1.3636	-1.1938	21.8	-1.0475	23.1	-1.1938	22.7	-1.1172	22.5	-1.1855	22.8
39	1.10	90.70%	22.1	1.3444	-1.3224	20.7	-1.1244	22.4	-1.3224	22.0	-1.2066	21.7	-1.3082	22.1
40	1.08	93.02%	21.0	1.3222	-1.4775	19.3	-1.2136	21.7	-1.4775	21.1	-1.3102	20.8	-1.4554	21.2
41	1.05	95.35%	20.4	1.3096	-1.6797	17.5	-1.3241	20.7	-1.6797	20.0	-1.4381	19.7	-1.6460	20.2
42	1.02	97.67%	16.2	1.2095	-1.9907	14.7	-1.4829	19.3	-1.9907	18.4	-1.6199	18.0	-1.9365	18.6

AJUSTE ESTADISTICO - NORMAL





## ANEXO 4

### Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov de las estaciones meteorológicas

ESTACIÓN MILPO												
m	x <sub>m</sub>	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )	F(x <sub>m</sub> ) Normal	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Normal	F(y <sub>m</sub> ) Log - Normal	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log - Normal	F(y <sub>m</sub> ) Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Pearson III	F(y <sub>m</sub> ) Log Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log Pearson III	F(x <sub>m</sub> ) Gumbel	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Gumbel
1	146.2	0.975000	0.99997805	0.02498	0.995925	0.02092	0.991913	0.01691	0.989322	0.01432	0.9970	0.02203
2	98.6	0.950000	0.98998613	0.03999	0.977094	0.02709	0.963529	0.01353	0.965609	0.01561	0.9720	0.02197
3	98.5	0.925000	0.98988703	0.06489	0.977003	0.05200	0.963409	0.03841	0.965512	0.04051	0.9718	0.04684
4	58.0	0.900000	0.79517704	0.10482	0.869343	0.03066	0.852418	0.04758	0.867436	0.03256	0.8228	0.07718
5	55.6	0.875000	0.76906449	0.10594	0.853989	0.02101	0.838989	0.03601	0.854327	0.02067	0.8037	0.07130
6	53.8	0.850000	0.74831887	0.10168	0.841224	0.00878	0.828026	0.02197	0.843434	0.00657	0.7882	0.06180
7	52.7	0.825000	0.73517256	0.08983	0.832849	0.00785	0.820920	0.00408	0.836284	0.01128	0.7782	0.04678
8	44.8	0.800000	0.63171761	0.16828	0.757422	0.04258	0.759221	0.04078	0.771340	0.02866	0.6944	0.10560
9	43.2	0.775000	0.60920246	0.16580	0.738310	0.03669	0.743989	0.03101	0.754468	0.02053	0.6747	0.10028
10	41.0	0.750000	0.57765153	0.17235	0.709550	0.04045	0.721325	0.02867	0.729159	0.02084	0.6461	0.10385
11	40.8	0.725000	0.5747551	0.15024	0.706785	0.01821	0.719161	0.00584	0.726709	0.00171	0.6435	0.08154
12	39.4	0.700000	0.55437559	0.14562	0.686700	0.01330	0.703132	0.00313	0.708468	0.00847	0.6243	0.07572
13	37.2	0.675000	0.52207908	0.15292	0.652434	0.02257	0.676412	0.00141	0.677529	0.00253	0.5928	0.08225
14	33.8	0.650000	0.47195626	0.17804	0.592530	0.05747	0.629456	0.02054	0.621663	0.02834	0.5409	0.10908
15	33.5	0.625000	0.46754338	0.15746	0.586822	0.03818	0.625265	0.00027	0.616606	0.00839	0.5362	0.08882
16	33.2	0.600000	0.46313448	0.13687	0.581044	0.01896	0.620264	0.02026	0.611137	0.01114	0.5314	0.06859
17	31.6	0.575000	0.43970979	0.13529	0.549036	0.02596	0.594505	0.01950	0.580484	0.00548	0.5056	0.06943
18	29.5	0.550000	0.40929493	0.14071	0.503982	0.04602	0.558155	0.00815	0.536525	0.01347	0.4707	0.07928
19	28.4	0.525000	0.39356667	0.13143	0.479026	0.04597	0.537300	0.01230	0.511265	0.01373	0.4521	0.07290
20	28.2	0.500000	0.39072475	0.10928	0.474391	0.02561	0.533409	0.03341	0.506557	0.00656	0.4487	0.05130
21	28.2	0.475000	0.39072475	0.08428	0.474391	0.00061	0.533409	0.05841	0.506557	0.03156	0.4487	0.02630
22	27.6	0.450000	0.38223448	0.06777	0.460310	0.01031	0.521948	0.07195	0.492210	0.04221	0.4384	0.01156
23	25.4	0.425000	0.35161302	0.07339	0.406544	0.01846	0.474153	0.04915	0.436397	0.01140	0.4004	0.02457
24	25.2	0.400000	0.34887301	0.05113	0.401502	0.00150	0.469573	0.06957	0.431129	0.03113	0.3969	0.00305
25	24.7	0.375000	0.34205763	0.03294	0.388793	0.01379	0.457923	0.08292	0.417204	0.04220	0.3882	0.01325
26	24.6	0.350000	0.34070062	0.00930	0.386235	0.03623	0.455558	0.10556	0.414453	0.06445	0.3865	0.03650
27	21.6	0.325000	0.3010141	0.02399	0.307372	0.01763	0.376935	0.05194	0.327248	0.00225	0.3342	0.00922
28	20.1	0.300000	0.28198552	0.01801	0.267024	0.03298	0.332084	0.03208	0.280849	0.01915	0.3083	0.00827
29	19.5	0.275000	0.27453973	0.00046	0.250873	0.02413	0.311960	0.03696	0.261950	0.01305	0.2980	0.02298
30	19.2	0.250000	0.27085356	0.02085	0.242815	0.00719	0.301835	0.05184	0.252454	0.00245	0.2929	0.04285
31	18.1	0.225000	0.25755247	0.03255	0.213471	0.01153	0.262590	0.03759	0.217015	0.00798	0.2742	0.04921
32	18.0	0.200000	0.25636033	0.05636	0.210826	0.01083	0.258846	0.05885	0.213836	0.01384	0.2725	0.07253
33	16.8	0.175000	0.24228196	0.06728	0.179526	0.00453	0.209578	0.03458	0.175901	0.00090	0.2526	0.07755
34	16.6	0.150000	0.23997699	0.08998	0.174406	0.02441	0.200807	0.05081	0.169648	0.01965	0.2493	0.09926
35	13.2	0.125000	0.20267564	0.07768	0.094370	0.03063	0.002805	0.12219	0.071083	0.05392	0.1955	0.07047
36	13.0	0.100000	0.20059502	0.10060	0.090211	0.00979	0.003982	0.09602	0.066137	0.03386	0.1925	0.09245
37	12.1	0.075000	0.19139203	0.11639	0.072475	0.00252	0.008768	0.06623	0.045356	0.02964	0.1791	0.10411
38	11.5	0.050000	0.18540292	0.13540	0.061615	0.01162	0.011566	0.03843	0.033225	0.01678	0.1704	0.12044
39	9.0	0.025000	0.1617208	0.13672	0.025886	0.00089	0.020992	0.00401	0.001929	0.02307	0.1364	0.11141
X	35.70											
S	27.04											
CS	2.469											
n	39											
α	0.05											
Δcritico	0.2178											
			Δmáx	0.17804		0.05747		0.12219		0.06445		0.12044
			Δcritico >									
			Δmáx	Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
			Mejor									
			Ajuste	5		1		4		2		3



**ESTACIÓN CHAVIN**

m	x <sub>m</sub>	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )	F(x <sub>m</sub> ) Normal	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Normal	F(y <sub>m</sub> ) Log - Normal	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log - Normal	F(y <sub>m</sub> ) Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Pearson III	F(y <sub>m</sub> ) Log Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log Pearson III	F(x <sub>m</sub> ) Gumbel	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Gumbel
1	32.6	0.971429	0.98847637	0.01705	0.977340	0.00591	0.978830	0.00740	0.975220	0.00379	0.9700	0.00141
2	31.7	0.942857	0.98043135	0.03757	0.967915	0.02506	0.969376	0.02652	0.965644	0.02279	0.9609	0.01808
3	29.5	0.914286	0.93938456	0.02510	0.928387	0.01410	0.929047	0.01476	0.926372	0.01209	0.9259	0.01166
4	28.6	0.885714	0.90983149	0.02412	0.902705	0.01699	0.902670	0.01696	0.901211	0.01550	0.9042	0.01848
5	27.9	0.857143	0.88029343	0.02315	0.877737	0.02059	0.877025	0.01988	0.876851	0.01971	0.8832	0.02608
6	27.5	0.828571	0.86063167	0.03206	0.861266	0.03269	0.859984	0.03141	0.860808	0.03224	0.8694	0.04082
7	27.4	0.800000	0.85539094	0.05539	0.856883	0.05688	0.855506	0.05551	0.856540	0.05654	0.8657	0.06571
8	26.6	0.771429	0.80873712	0.03731	0.817779	0.04635	0.815590	0.04416	0.818476	0.04705	0.8326	0.06117
9	26.1	0.742857	0.77536585	0.03251	0.789533	0.04668	0.786819	0.04396	0.791149	0.04829	0.8084	0.06550
10	25.0	0.714286	0.6914903	0.02280	0.716693	0.00241	0.712921	0.00137	0.719812	0.00553	0.7440	0.02976
11	24.4	0.685714	0.6406285	0.04509	0.670863	0.01485	0.666533	0.01918	0.674782	0.01093	0.7020	0.01632
12	24.4	0.657143	0.6406285	0.01651	0.670863	0.01372	0.666533	0.00939	0.674782	0.01764	0.7020	0.04489
13	23.8	0.628571	0.58714208	0.04143	0.621071	0.00750	0.616676	0.01189	0.625540	0.00303	0.6549	0.02629
14	23.2	0.600000	0.53198461	0.06802	0.567837	0.03216	0.563896	0.03610	0.572890	0.02711	0.6026	0.00257
15	22.8	0.571429	0.49480049	0.07663	0.530793	0.04064	0.526991	0.04444	0.535987	0.03544	0.5650	0.00643
16	22.5	0.542857	0.46692437	0.07593	0.502384	0.04047	0.498706	0.04415	0.507551	0.03531	0.5355	0.00735
17	22.1	0.514286	0.43003041	0.08426	0.463917	0.05037	0.460920	0.05337	0.468951	0.04533	0.4946	0.01964
18	22.0	0.485714	0.42088887	0.06483	0.454231	0.03148	0.451108	0.03461	0.459213	0.02650	0.4842	0.00153
19	21.5	0.457143	0.37591148	0.08123	0.405664	0.05148	0.403086	0.05406	0.410147	0.04700	0.4307	0.02643
20	21.2	0.428571	0.34967188	0.07890	0.376631	0.05194	0.374449	0.05412	0.380745	0.04783	0.3980	0.03061
21	21.0	0.400000	0.33256075	0.06744	0.357422	0.04258	0.355416	0.04458	0.360882	0.03912	0.3760	0.02401
22	20.6	0.371429	0.29939328	0.07204	0.319583	0.05185	0.318011	0.05342	0.322217	0.04921	0.3320	0.03940
23	20.4	0.342857	0.28339246	0.05946	0.301053	0.04180	0.299676	0.04318	0.302843	0.04001	0.3102	0.03265
24	20.3	0.314286	0.27554879	0.03874	0.291906	0.02238	0.290621	0.02367	0.293379	0.02091	0.2994	0.01491
25	20.0	0.285714	0.25267802	0.03304	0.265016	0.02070	0.263971	0.02174	0.265460	0.02025	0.2673	0.01839
26	19.9	0.257143	0.24528282	0.01186	0.256254	0.00089	0.255277	0.00187	0.256332	0.00081	0.2568	0.00031
27	19.8	0.228571	0.23800558	0.00943	0.247604	0.01903	0.246366	0.01779	0.246981	0.01841	0.2464	0.01787
28	19.7	0.200000	0.2308483	0.03085	0.239068	0.03907	0.237916	0.03792	0.238093	0.03809	0.2362	0.03618
29	19.6	0.171429	0.22381283	0.05238	0.230655	0.05923	0.229577	0.05815	0.229344	0.05791	0.2261	0.05463
30	19.3	0.142857	0.2034534	0.06060	0.206191	0.06333	0.204928	0.06207	0.203886	0.06103	0.1966	0.05374
31	17.5	0.114286	0.10580168	0.00848	0.089046	0.02524	0.085252	0.02903	0.078889	0.03540	0.0616	0.05267
32	16.4	0.085714	0.06606888	0.01965	0.044937	0.04078	0.038308	0.04741	0.031774	0.05394	0.0208	0.06491
33	16.1	0.057143	0.05754805	0.00041	0.036293	0.02085	0.029041	0.02810	0.022874	0.03427	0.0145	0.04268
34	15.7	0.028571	0.04755986	0.01899	0.026752	0.00182	0.018897	0.00967	0.013435	0.01514	0.0084	0.02013
X	22.86											
S	4.29											
CS	0.483											
n	34		Δm <sub>ax</sub>	0.08426		0.06333		0.06207		0.06103		0.06571
α	0.05		Δ <sub>crítico</sub> > Δ <sub>max</sub>	Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Δ <sub>crítico</sub>	0.2332		Mejor Ajuste	5		3		2		1		4



ESTACIÓN RECUAY

m	x <sub>m</sub>	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )	F(x <sub>m</sub> ) Normal	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Normal	F(y <sub>m</sub> ) Log - Normal	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log - Normal	F(y <sub>m</sub> ) Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Pearson III	F(y <sub>m</sub> ) Log Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log Pearson III	F(x <sub>m</sub> ) Gumbel	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Gumbel
1	53.3	0.980000	0.9989039	0.01890	0.994360	0.01436	0.990294	0.01029	0.988365	0.00837	0.9890	0.00901
2	47.3	0.960000	0.98771057	0.02771	0.977711	0.01771	0.969655	0.00965	0.968314	0.00831	0.9691	0.00907
3	45.4	0.940000	0.97669904	0.03670	0.966248	0.02625	0.957032	0.01703	0.956451	0.01645	0.9572	0.01720
4	44.0	0.920000	0.96405013	0.04405	0.954537	0.03454	0.944738	0.02474	0.944954	0.02495	0.9457	0.02570
5	42.3	0.900000	0.94165955	0.04166	0.935395	0.03539	0.925498	0.02550	0.925912	0.02691	0.9277	0.02768
6	41.3	0.880000	0.9240766	0.04408	0.921024	0.04102	0.911480	0.03148	0.913739	0.03374	0.9145	0.03452
7	40.3	0.860000	0.90272203	0.04272	0.903915	0.04391	0.895164	0.03516	0.898304	0.03830	0.8991	0.03910
8	38.8	0.840000	0.86291039	0.02291	0.872304	0.03230	0.865665	0.02566	0.870061	0.03006	0.8710	0.03100
9	38.3	0.820000	0.84745494	0.02745	0.859996	0.04000	0.854337	0.03434	0.859207	0.03921	0.8601	0.04012
10	35.1	0.800000	0.72272478	0.07728	0.756958	0.04304	0.761231	0.03877	0.768152	0.03185	0.7686	0.03135
11	34.0	0.780000	0.67059375	0.10941	0.711067	0.10941	0.711067	0.06893	0.726534	0.05347	0.7271	0.05290
12	33.7	0.760000	0.655719	0.10428	0.697604	0.06240	0.706877	0.05312	0.714284	0.04572	0.7148	0.04523
13	33.4	0.740000	0.64059937	0.09940	0.63743	0.05626	0.694406	0.04559	0.701277	0.03872	0.7020	0.03799
14	33.0	0.720000	0.62009617	0.09990	0.664654	0.05535	0.677151	0.04285	0.683716	0.03628	0.6843	0.03569
15	32.4	0.700000	0.58871528	0.11128	0.634762	0.06524	0.649935	0.05007	0.655925	0.04407	0.6563	0.04370
16	32.4	0.680000	0.58871528	0.09128	0.634762	0.04524	0.649935	0.03007	0.655925	0.02407	0.6563	0.02370
17	32.2	0.660000	0.57811654	0.08188	0.624476	0.03552	0.640511	0.01949	0.646276	0.01372	0.6466	0.01342
18	31.4	0.640000	0.53522918	0.10477	0.581839	0.05816	0.601059	0.03894	0.605778	0.03422	0.6058	0.03424
19	30.4	0.620000	0.48109786	0.13890	0.525613	0.09439	0.548380	0.07162	0.551168	0.06883	0.5506	0.06935
20	30.3	0.600000	0.47568742	0.12431	0.519841	0.08016	0.542793	0.05721	0.545423	0.05458	0.5449	0.05509
21	30.1	0.580000	0.46488097	0.11512	0.508228	0.07177	0.532112	0.04789	0.534057	0.04594	0.5333	0.04670
22	30.0	0.560000	0.45948695	0.10051	0.502389	0.05761	0.526388	0.03361	0.528185	0.03182	0.5274	0.03256
23	29.8	0.540000	0.44872222	0.09128	0.490653	0.04935	0.514922	0.02508	0.516360	0.02364	0.5156	0.02439
24	29.5	0.520000	0.43264809	0.08735	0.472919	0.04708	0.497687	0.02231	0.498438	0.02156	0.4976	0.02239
25	29.4	0.500000	0.42731337	0.07269	0.466978	0.03302	0.491921	0.00808	0.492413	0.00759	0.4915	0.00845
26	29.4	0.480000	0.42731337	0.05269	0.466978	0.01302	0.491921	0.01192	0.492413	0.01241	0.4915	0.01155
27	29.2	0.460000	0.41668467	0.04332	0.455058	0.00494	0.480392	0.02039	0.480303	0.02030	0.4793	0.01933
28	28.9	0.440000	0.40085748	0.03914	0.437104	0.00290	0.462590	0.02259	0.462007	0.02201	0.4608	0.02078
29	28.4	0.420000	0.37484878	0.04515	0.407074	0.01293	0.432649	0.01265	0.430793	0.01079	0.4294	0.00941
30	28.4	0.400000	0.37484878	0.02515	0.407074	0.00707	0.432649	0.03265	0.430793	0.03079	0.4294	0.02941
31	28.3	0.380000	0.3697105	0.01029	0.401065	0.02106	0.426604	0.04660	0.424572	0.04457	0.4231	0.04308
32	28.0	0.360000	0.35443797	0.00556	0.383055	0.02305	0.408374	0.04837	0.405143	0.04514	0.4040	0.04400
33	26.8	0.340000	0.29585833	0.04414	0.312022	0.02798	0.334373	0.00563	0.328070	0.01193	0.3272	0.01276
34	26.8	0.320000	0.29585833	0.02414	0.312022	0.00798	0.334373	0.01437	0.328070	0.00807	0.3272	0.00724
35	26.5	0.300000	0.2819373	0.01806	0.294723	0.00528	0.315881	0.01588	0.308849	0.00885	0.3082	0.00821
36	26.3	0.280000	0.2728354	0.00716	0.283335	0.00334	0.303605	0.02360	0.296101	0.01610	0.2956	0.01561
37	26.0	0.260000	0.25946166	0.00054	0.266504	0.00650	0.285310	0.02531	0.277120	0.01712	0.2769	0.01690
38	25.7	0.240000	0.24643477	0.00643	0.250007	0.01001	0.266681	0.02668	0.258362	0.01836	0.2585	0.01847
39	25.5	0.220000	0.23794889	0.01795	0.239215	0.01922	0.254582	0.03458	0.245692	0.02569	0.2464	0.02636
40	24.8	0.200000	0.20954821	0.00955	0.202914	0.00291	0.212914	0.01291	0.203621	0.00362	0.2054	0.00543
41	24.5	0.180000	0.19801415	0.01801	0.188136	0.00814	0.195778	0.01578	0.186338	0.00634	0.1887	0.00871
42	24.5	0.160000	0.19801415	0.03801	0.188136	0.02814	0.195778	0.03578	0.186338	0.02634	0.1887	0.02871
43	23.4	0.140000	0.15910629	0.01911	0.138555	0.00145	0.136276	0.00372	0.127754	0.01225	0.1327	0.00731
44	23.0	0.120000	0.14629297	0.02629	0.122481	0.00248	0.116485	0.00352	0.108684	0.01132	0.1147	0.00530
45	22.9	0.100000	0.14320104	0.04320	0.118635	0.01864	0.111715	0.01172	0.104127	0.00413	0.1104	0.01041
46	22.6	0.080000	0.13419158	0.05419	0.107518	0.02752	0.097866	0.01787	0.090716	0.01072	0.0981	0.01810
47	19.8	0.060000	0.0684956	0.00850	0.034258	0.02574	0.009737	0.05026	0.010470	0.04953	0.0228	0.03721
48	19.5	0.040000	0.06327671	0.02328	0.029462	0.01054	0.005560	0.03444	0.006671	0.03333	0.0186	0.02139
49	19.4	0.020000	0.06160762	0.04161	0.027979	0.00798	0.004418	0.01558	0.005600	0.01440	0.0173	0.00265
X	30.75											
S	7.36											
CS	1.016											
n	49		Δmáx	0.13890		0.09439		0.07162		0.06883		0.06935
α	0.05		Δcrítico > Δmáx	Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Δcrítico	0.1943		Mejor Ajuste	5		4		3		1		2



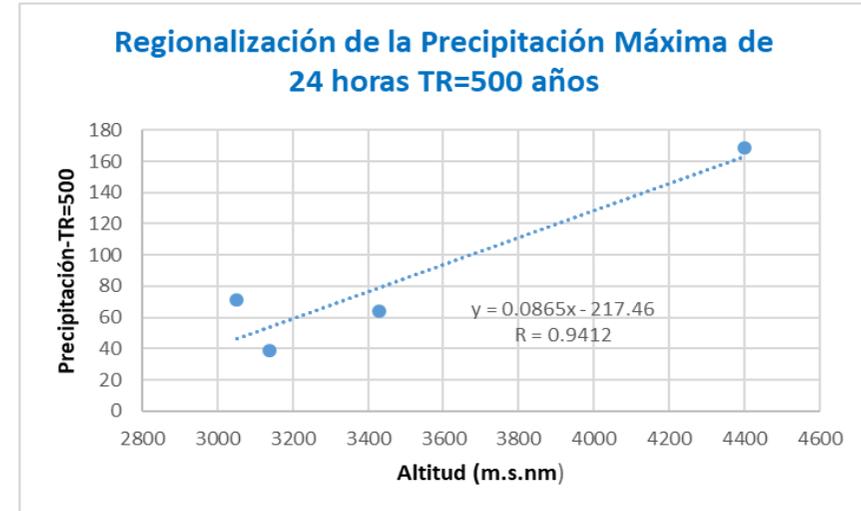
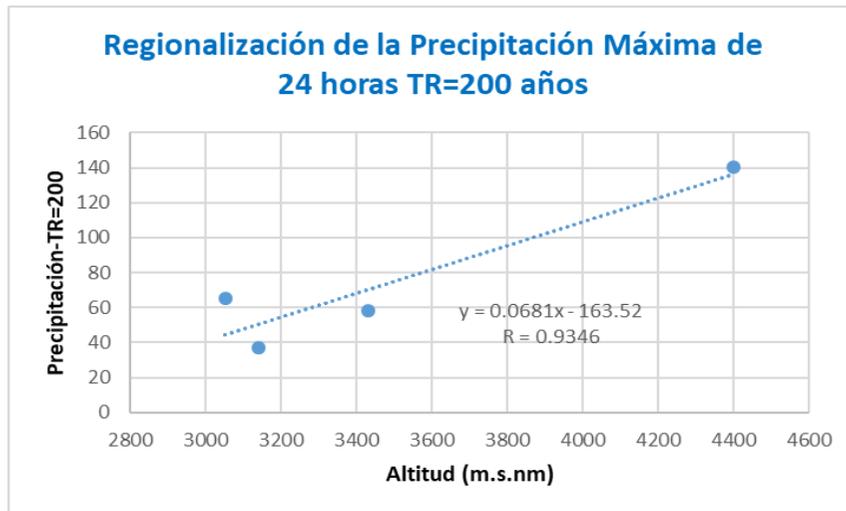
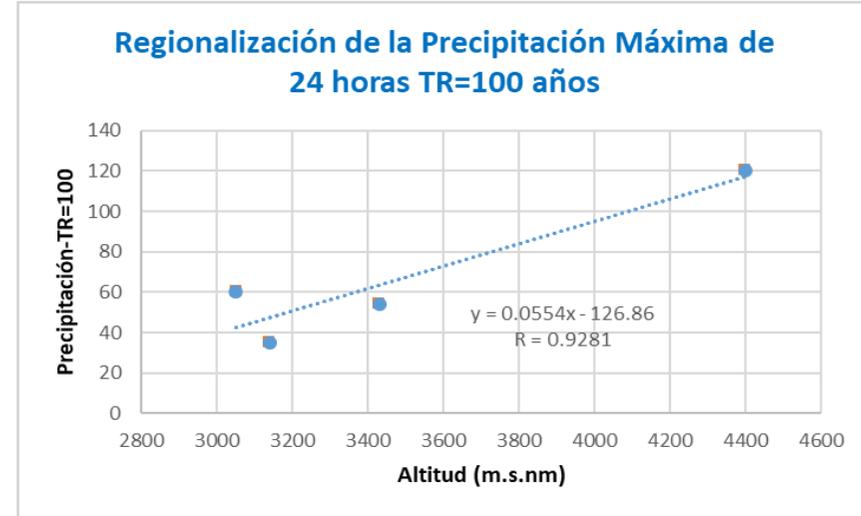
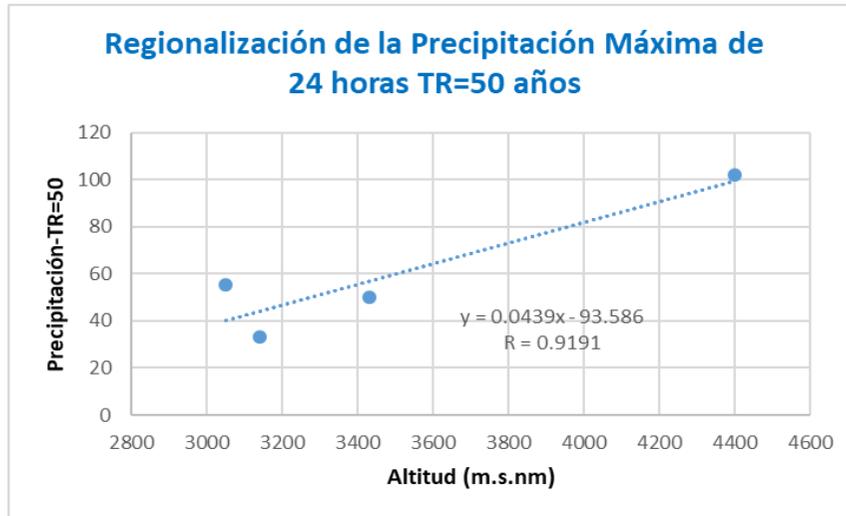
ESTACIÓN HUARAZ

m	x <sub>m</sub>	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )	F(x <sub>m</sub> ) Normal	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Normal	F(y <sub>m</sub> ) Log - Normal	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log - Normal	F(y <sub>m</sub> ) Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Pearson III	F(y <sub>m</sub> ) Log Pearson III	F <sub>o</sub> (y <sub>m</sub> )-F(y <sub>m</sub> )  Log Pearson III	F(x <sub>m</sub> ) Gumbel	F <sub>o</sub> (x <sub>m</sub> )-F(x <sub>m</sub> )  Gumbel
1	52.5	0.976744	0.98805562	0.01131	0.973258	0.00349	0.974242	0.00250	0.970255	0.00649	0.9695	0.00725
2	50.5	0.953488	0.97901274	0.02552	0.962941	0.00945	0.963566	0.01008	0.959818	0.00633	0.9595	0.00600
3	49.7	0.930233	0.97403516	0.04380	0.957846	0.02761	0.958217	0.02798	0.954722	0.02449	0.9546	0.02441
4	48.2	0.906977	0.96203954	0.05506	0.946489	0.03951	0.946408	0.03943	0.943459	0.03648	0.9440	0.03701
5	47.4	0.883721	0.95398683	0.07027	0.939333	0.05561	0.938942	0.05522	0.936442	0.05272	0.9374	0.05363
6	45.0	0.860465	0.92141226	0.06095	0.912303	0.05184	0.910710	0.05025	0.910009	0.04954	0.9126	0.05211
7	44.6	0.837209	0.91459519	0.07739	0.906868	0.06966	0.905047	0.06784	0.904736	0.06753	0.9076	0.07041
8	43.0	0.813953	0.88287739	0.06892	0.882035	0.06808	0.879234	0.06528	0.880713	0.06676	0.8850	0.07109
9	40.5	0.790698	0.81807891	0.02738	0.831834	0.04114	0.827336	0.03664	0.832307	0.04161	0.8393	0.04859
10	37.7	0.767442	0.72336625	0.04408	0.756090	0.01135	0.750368	0.01707	0.759164	0.00828	0.7691	0.00170
11	35.8	0.744186	0.64765129	0.09653	0.691667	0.05252	0.685343	0.05884	0.696280	0.04791	0.7080	0.03620
12	34.8	0.720930	0.60504085	0.11589	0.653482	0.06745	0.647444	0.07349	0.659219	0.06171	0.6710	0.04991
13	33.5	0.697674	0.54778819	0.14989	0.599672	0.09800	0.594305	0.10337	0.606474	0.09120	0.6180	0.07971
14	33.3	0.674419	0.53885957	0.13556	0.591003	0.08342	0.585788	0.08863	0.597863	0.07656	0.6093	0.06511
15	33.2	0.651163	0.53438762	0.11678	0.586632	0.06453	0.581495	0.06967	0.593520	0.05764	0.6049	0.04623
16	33.1	0.627907	0.52991133	0.09800	0.582237	0.04567	0.577181	0.05073	0.589151	0.03876	0.6005	0.02738
17	33.0	0.604651	0.52543125	0.07922	0.577819	0.02683	0.572845	0.03181	0.584758	0.01989	0.5961	0.00856
18	32.2	0.581395	0.48952241	0.09187	0.541665	0.03973	0.537810	0.04358	0.548760	0.03263	0.5595	0.02189
19	32.1	0.558140	0.48503381	0.07311	0.537052	0.02109	0.533206	0.02493	0.544160	0.01398	0.5548	0.00334
20	32.0	0.534884	0.4805471	0.05434	0.532419	0.00246	0.528597	0.00629	0.539610	0.00473	0.5501	0.01518
21	30.6	0.511628	0.41824738	0.09338	0.465819	0.04581	0.463777	0.04785	0.472849	0.03878	0.4811	0.03049
22	30.3	0.488372	0.40510688	0.08327	0.451215	0.03716	0.449293	0.03908	0.458156	0.03022	0.4658	0.02257
23	29.5	0.465116	0.37062192	0.09449	0.411939	0.05318	0.410986	0.05413	0.418387	0.04673	0.4242	0.04091
24	29.5	0.441860	0.37062192	0.07124	0.411939	0.02992	0.410986	0.03087	0.418387	0.02347	0.4242	0.01765
25	28.6	0.418605	0.33304515	0.08556	0.367562	0.05104	0.368034	0.05057	0.372907	0.04570	0.3766	0.04199
26	28.5	0.395349	0.3289635	0.06639	0.362643	0.03271	0.362967	0.03238	0.367875	0.02747	0.3713	0.02404
27	28.3	0.372093	0.32086149	0.05123	0.352822	0.01927	0.353395	0.01870	0.357821	0.01427	0.3607	0.01141
28	28.0	0.348837	0.30886776	0.03997	0.338146	0.01069	0.339086	0.00975	0.342776	0.00606	0.3448	0.00407
29	27.3	0.325581	0.28167879	0.04390	0.304284	0.02130	0.306034	0.01955	0.307489	0.01809	0.3079	0.01773
30	27.0	0.302326	0.27039039	0.03194	0.289995	0.01233	0.292066	0.01026	0.292598	0.00973	0.2922	0.01012
31	26.6	0.279070	0.25569949	0.02337	0.271208	0.00786	0.273680	0.00539	0.272951	0.00612	0.2716	0.00747
32	26.4	0.255814	0.2485135	0.00730	0.261945	0.00613	0.264604	0.00879	0.263233	0.00742	0.2614	0.00561
33	25.8	0.232558	0.22761713	0.00494	0.234763	0.00221	0.237165	0.00461	0.234327	0.00177	0.2315	0.00102
34	25.8	0.209302	0.22761713	0.01831	0.234763	0.02546	0.237165	0.02786	0.234327	0.02502	0.2315	0.02223
35	25.7	0.186047	0.22423319	0.03819	0.230330	0.04428	0.232780	0.04673	0.229693	0.04365	0.2267	0.04062
36	25.2	0.162791	0.20774815	0.04496	0.208637	0.04585	0.211250	0.04846	0.206965	0.04417	0.2028	0.04004
37	24.2	0.139535	0.17700742	0.03747	0.167915	0.02838	0.170480	0.03094	0.163307	0.02377	0.1583	0.01877
38	23.1	0.116279	0.14670798	0.03043	0.127928	0.01165	0.129390	0.01311	0.120256	0.00398	0.1153	0.00101
39	22.1	0.093023	0.12236853	0.02935	0.096530	0.00351	0.096483	0.00346	0.086229	0.00679	0.0824	0.01061
40	21.0	0.069767	0.0990375	0.02927	0.067807	0.00196	0.065519	0.00425	0.055088	0.01468	0.0536	0.01614
41	20.4	0.046512	0.0877729	0.04126	0.054730	0.00822	0.051212	0.00470	0.041073	0.00544	0.0412	0.00536
42	16.2	0.023256	0.03382032	0.01056	0.006911	0.01635	0.000600	0.02266	0.000073	0.02318	0.0029	0.02038
X	32.43											
S	8.88											
CS	0.722											
n	42		Δmáx	0.14989		0.09800		0.10337		0.09120		0.07971
α	0.05		Δcrítico > Δmax	Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Acrítico	0.2099		Mejor Ajuste	5		3		4		2		1



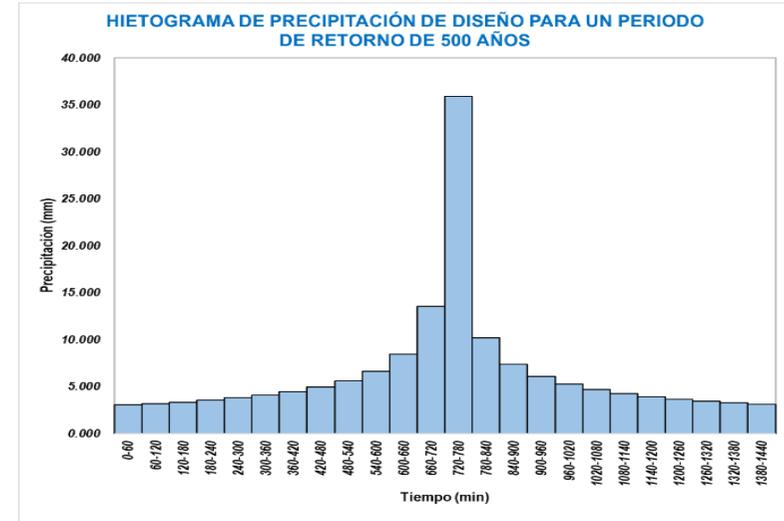
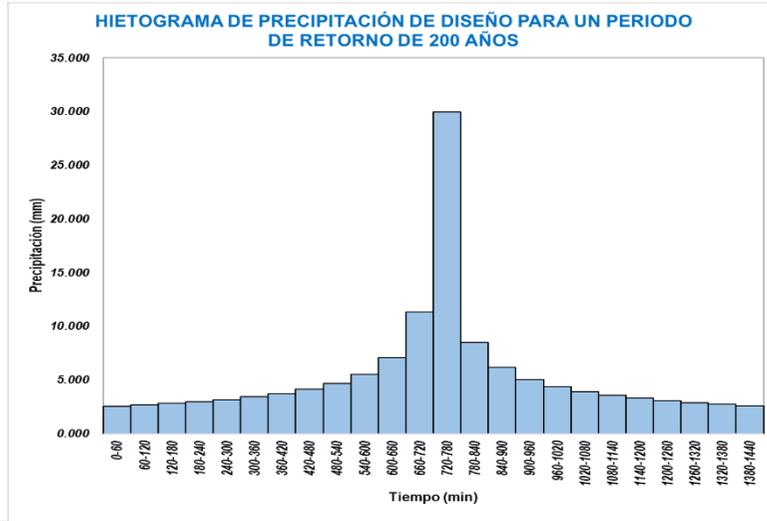
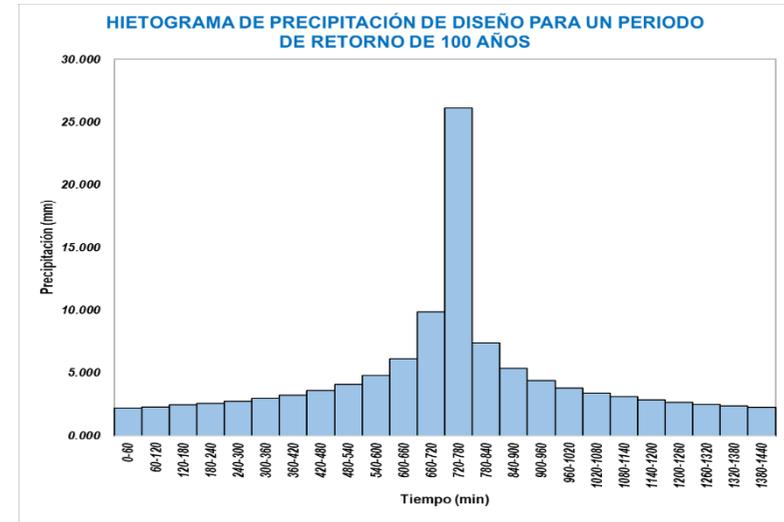
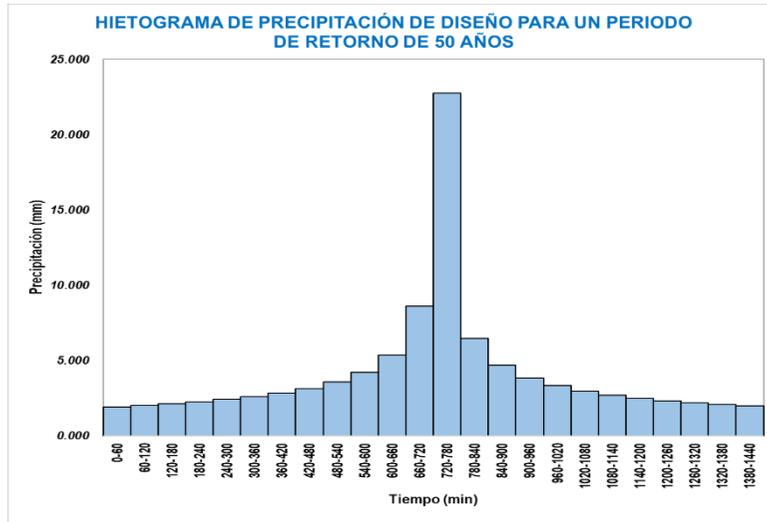
## ANEXO 5

Gráficas de la regionalización de la precipitación máxima de 24 horas



## ANEXO 6

### Gráficas de los hietogramas de la microcuenca Atoc Huacanca



## ANEXO 7

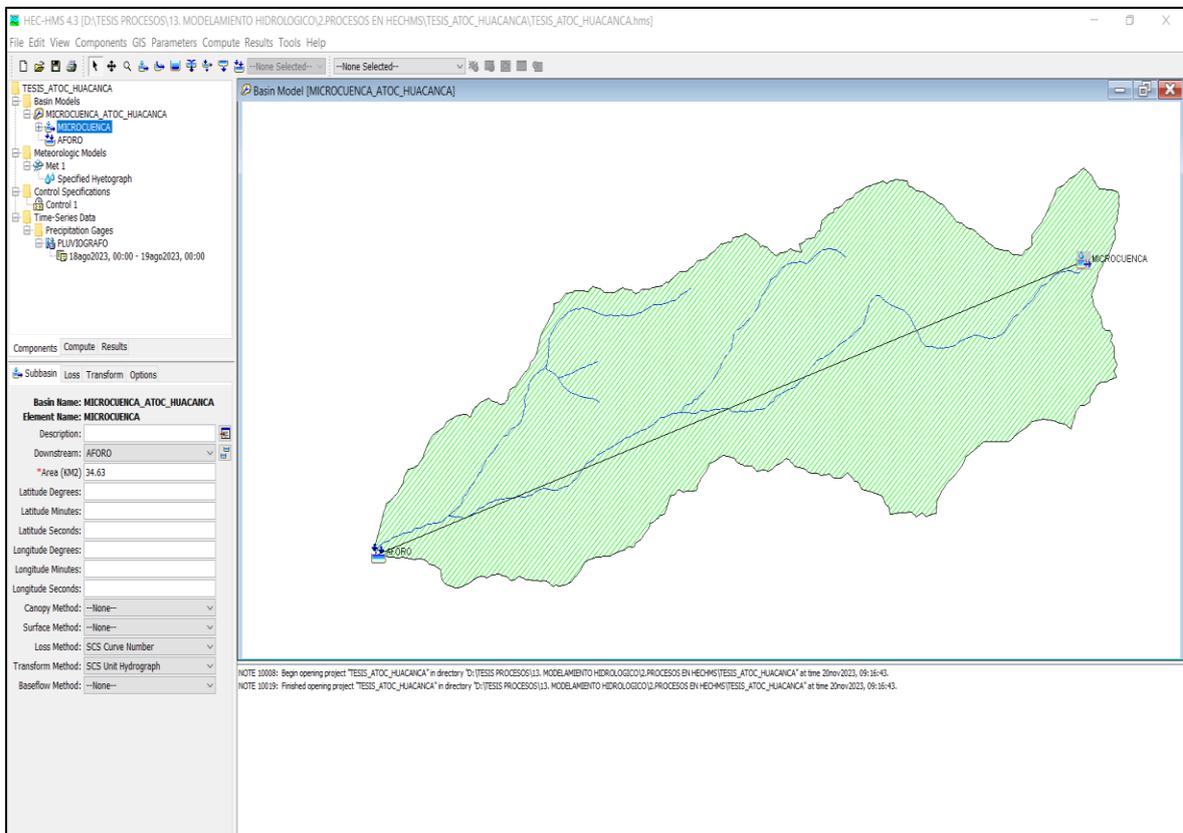
### Procesamiento del modelamiento hidrológico

Datos de ingreso para el modelamiento hidrológico en el software Hec-Hms

Área =	34.63 (km <sup>2</sup> )
Número de Curva =	60.66
Abstracción Inicial =	32.95 (mm)
Lag Time =	43.34 (min)

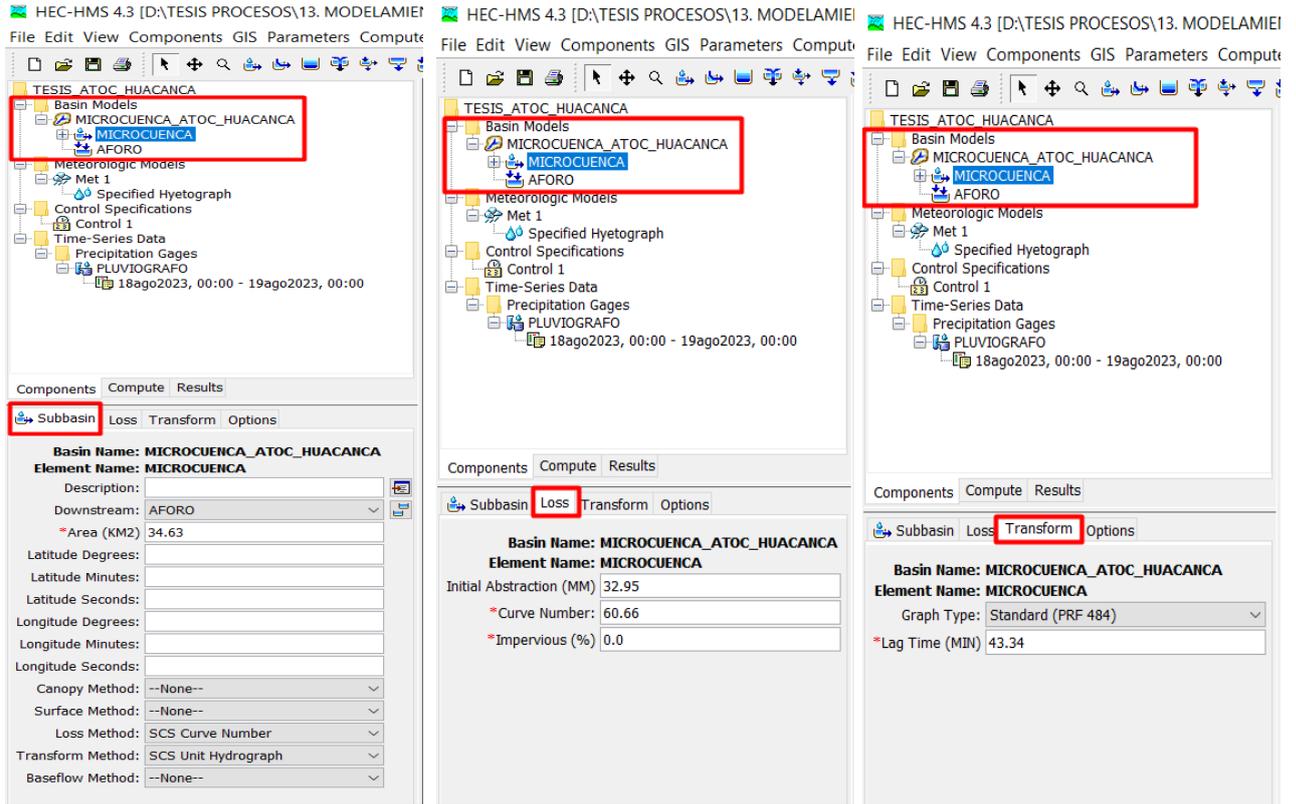
**Figura 40**

*Modelo hidrológico de la microcuenca Atoc Huacanca*



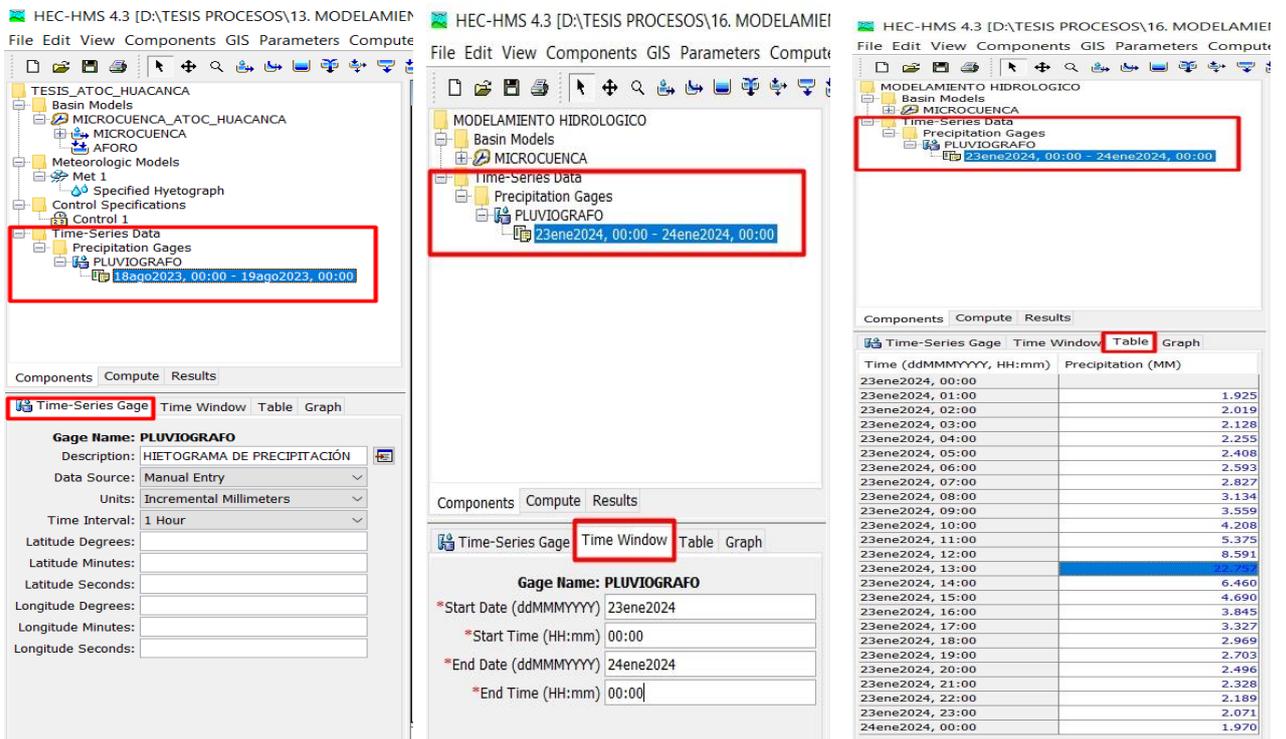
**Figura 41**

*Componentes del Basin Models para la microcuenca Atoc Huacanca*



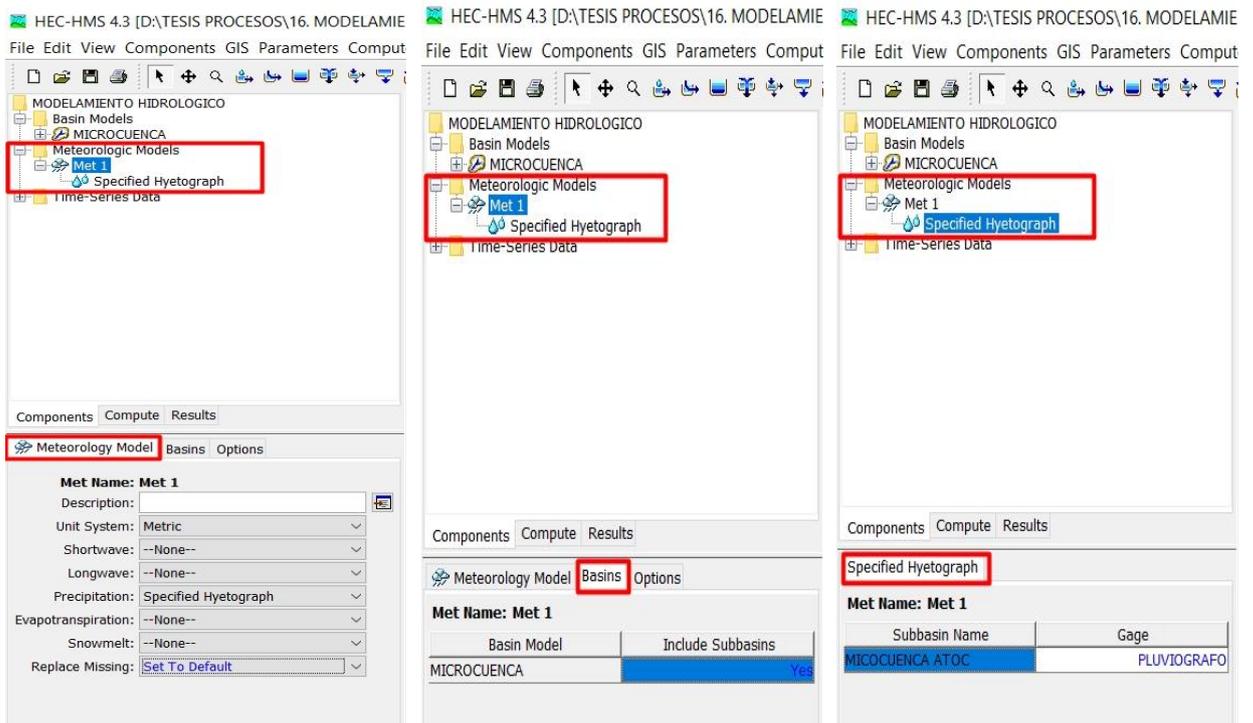
**Figura 42**

*Componentes del Time Series Data para la microcuenca Atoc Huacanca*



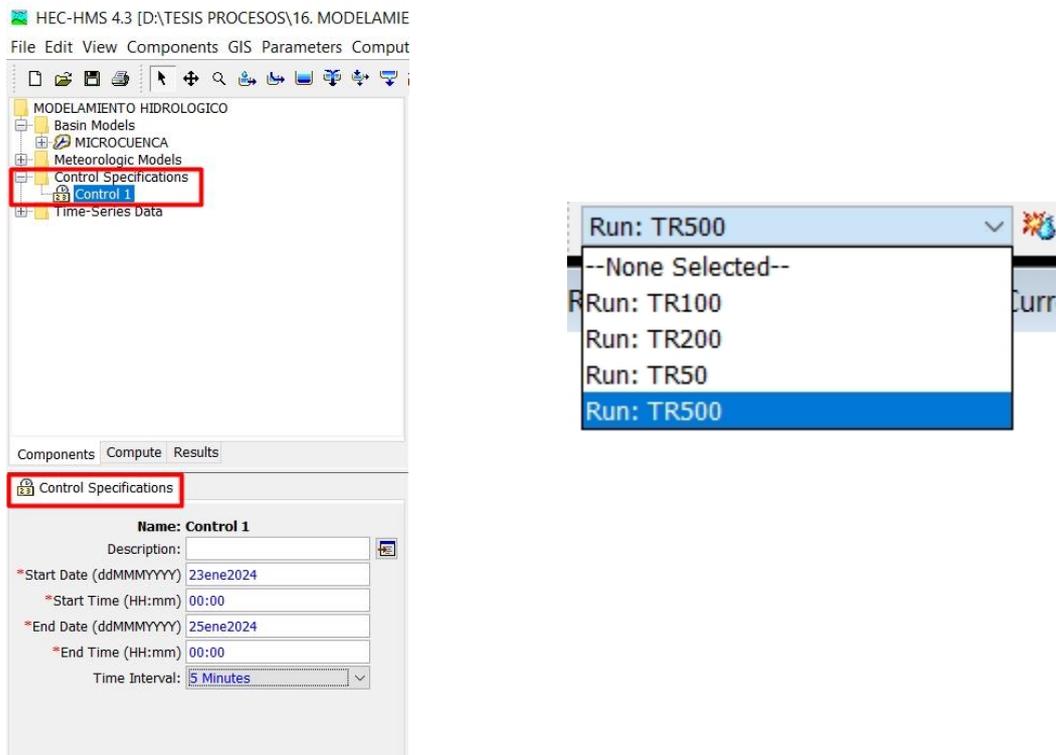
**Figura 43**

*Componentes del Meteorologic Model para la microcuenca Atoc Huacanca*



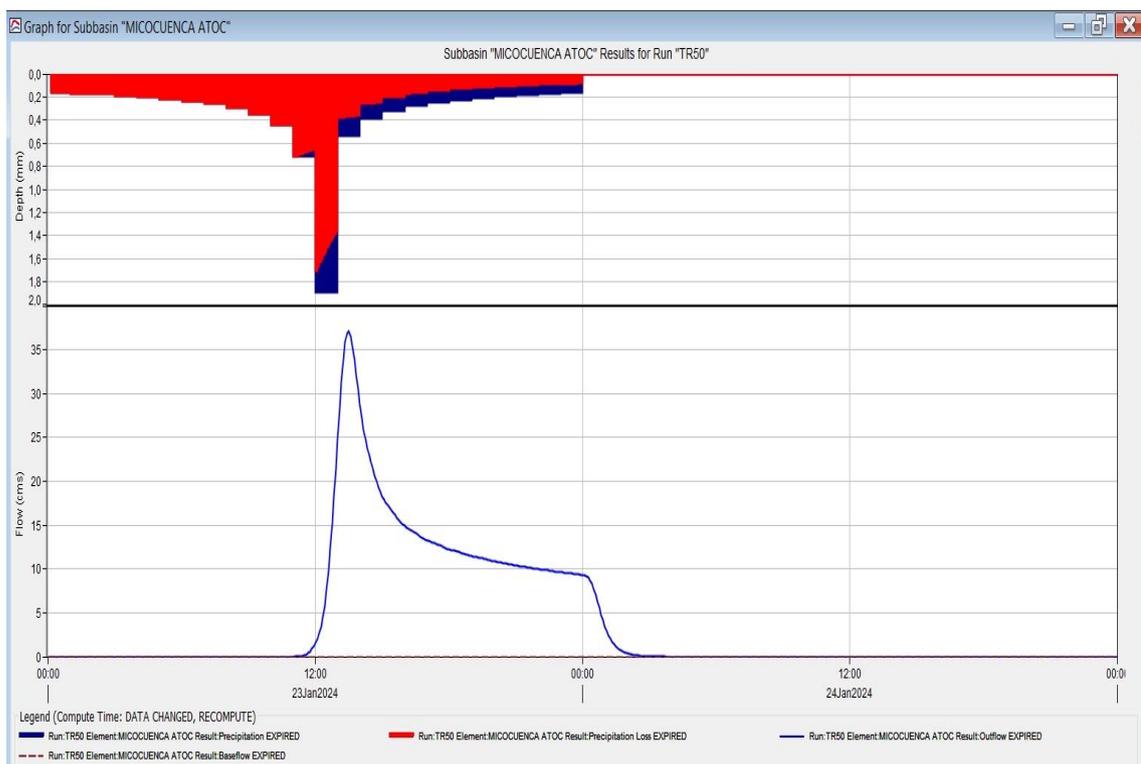
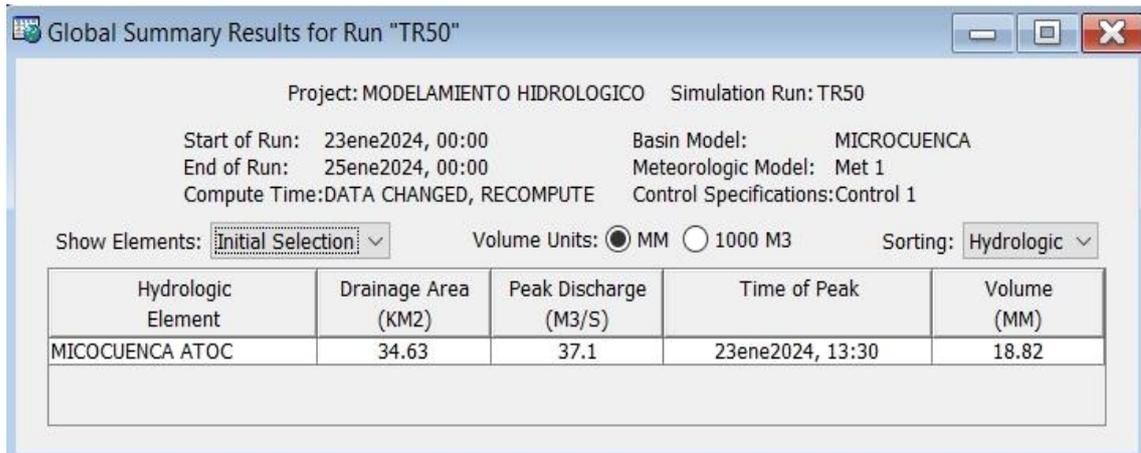
**Figura 44**

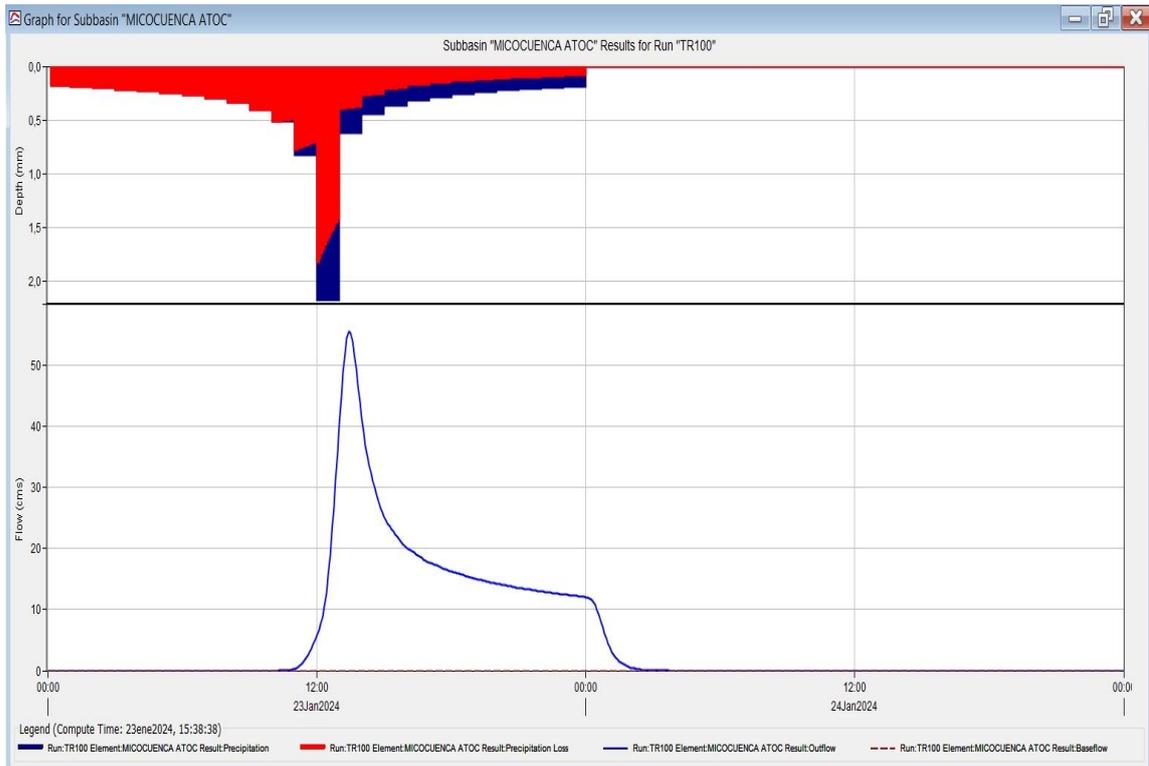
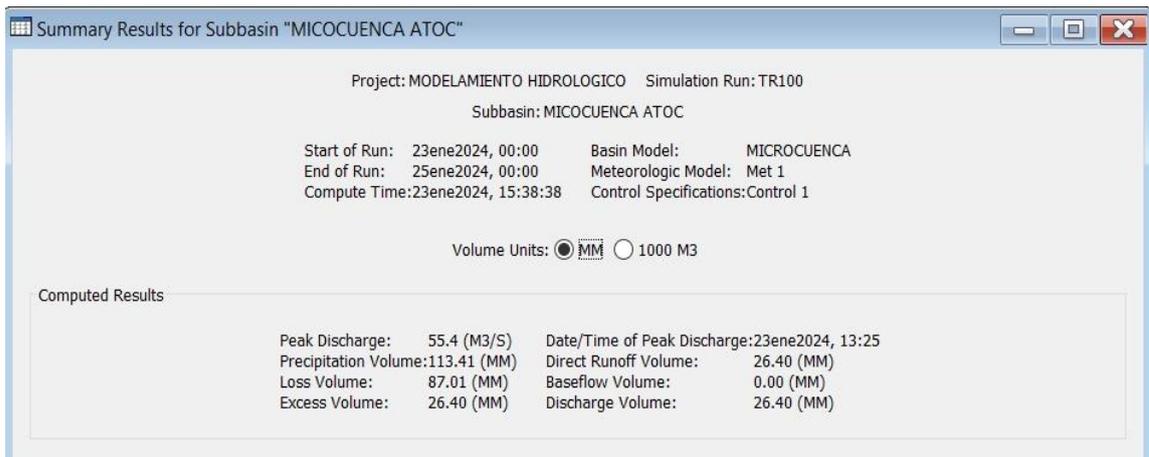
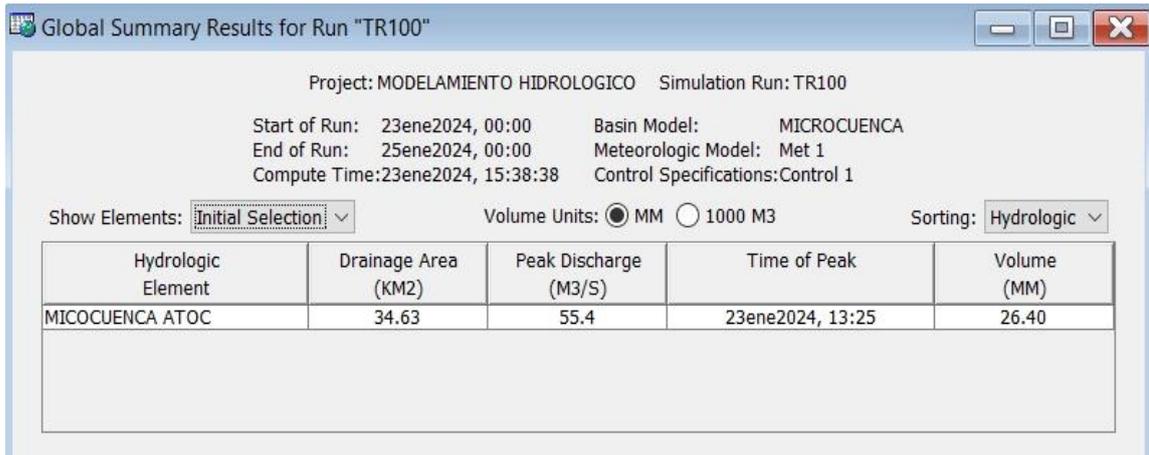
*Componentes del Control Specifications y corrida para la microcuenca Atoc Huacanca*

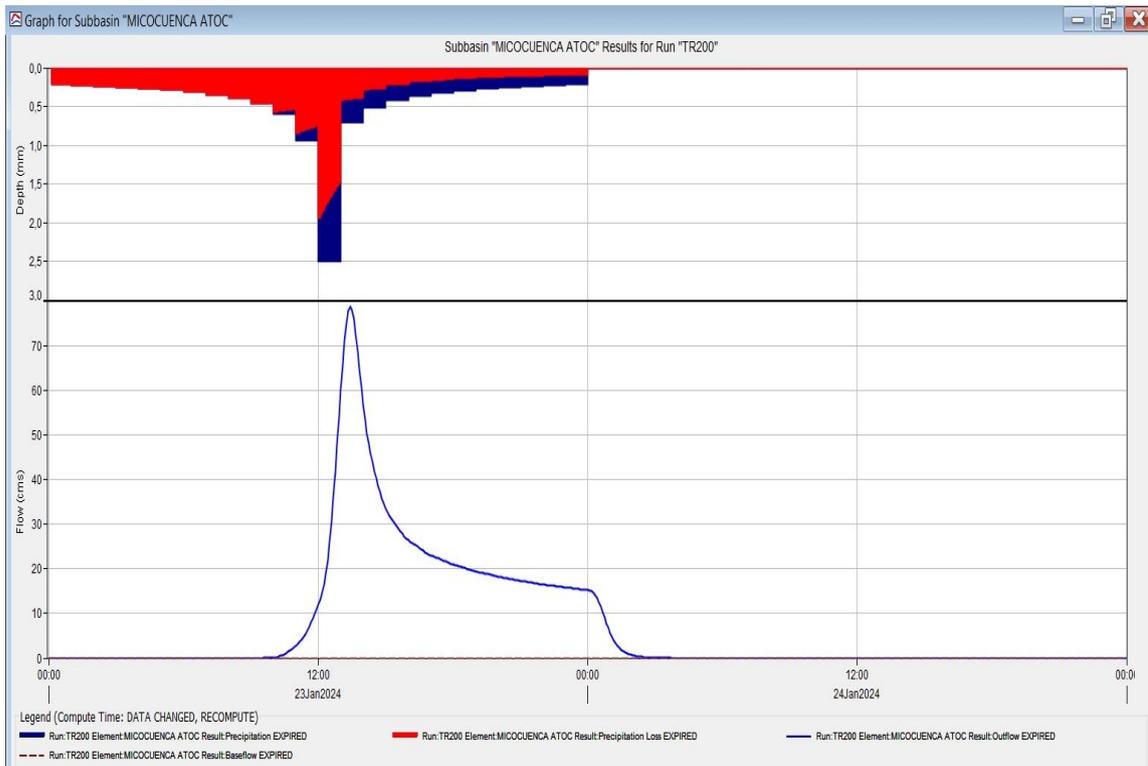
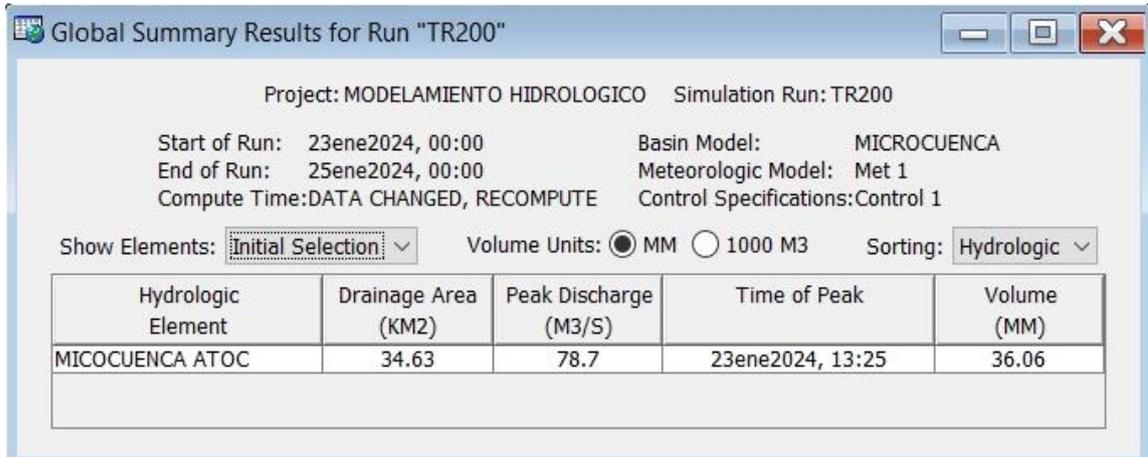


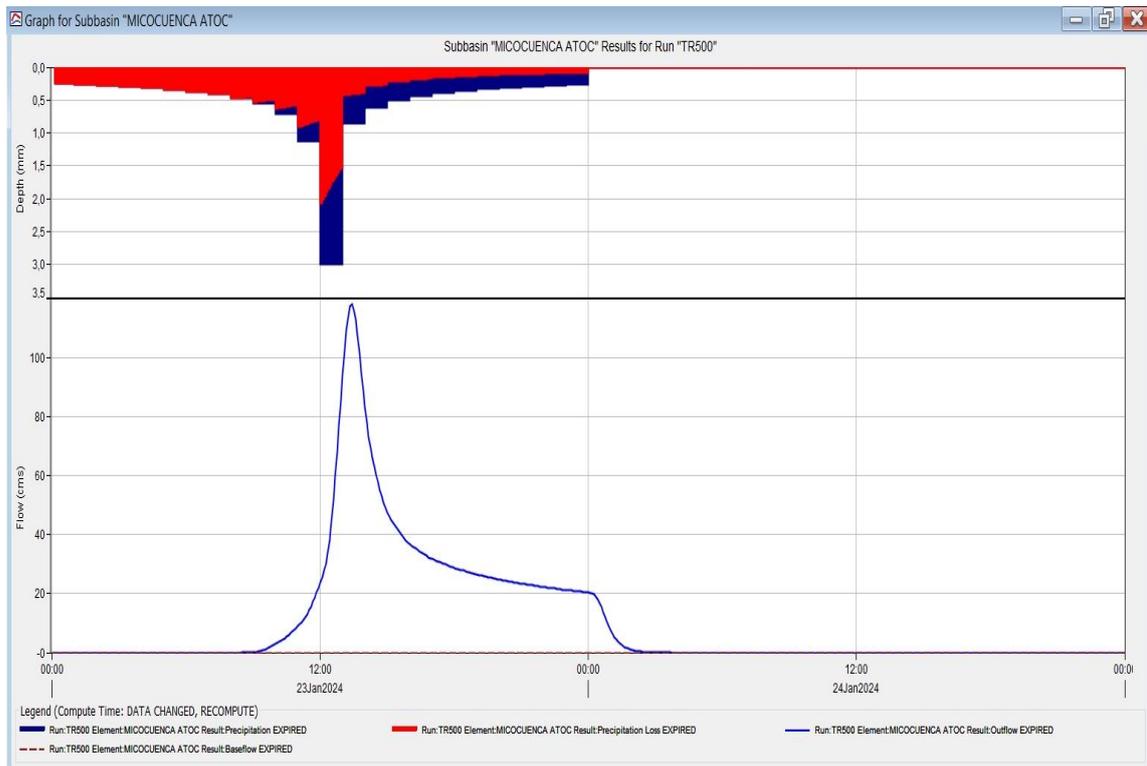
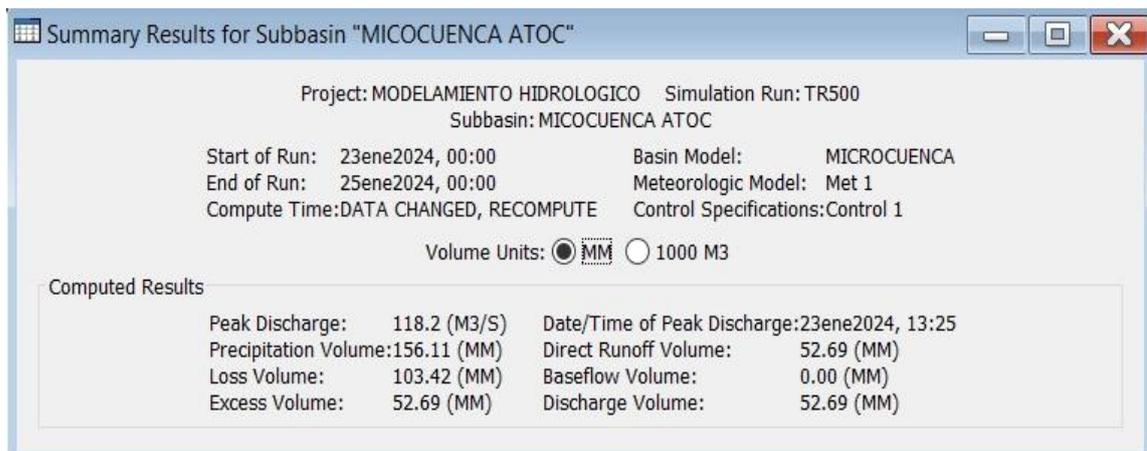
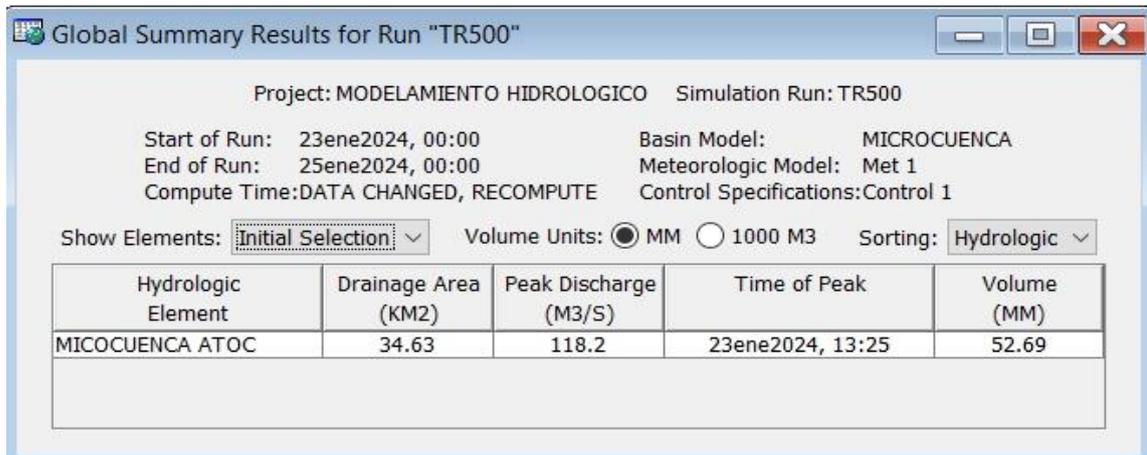
**Figura 45**

*Resultados del modelamiento hidrológico en los diferentes periodos de retorno*









## ANEXO 8

### *Validación del caudal mediante la huella máxima*

Para poder determinar el caudal se utilizará las siguientes ecuaciones que relaciona el área hidráulica de una sección, radio hidráulico, pendiente y coeficiente de rugosidad de un cauce.

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (52)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (53)$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área hidráulica de la sección (m<sup>2</sup>)

R= Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

P= Perímetro (m)

n= Coeficiente de rugosidad de Manning

Para la validación del caudal se realizó mediante la huella máxima del Río Atoc Huacanca, mediante el trabajo en campo del levantamiento topográfico, se consideró secciones donde se registró la huella máxima, con la ayuda del software Civil 3D y la topografía se obtuvo las secciones donde se determinó el área hidráulica, perímetro, pendiente y el coeficiente de rugosidad de Manning se obtuvo anteriormente del cauce del río.

Para la pendiente se tiene los siguientes datos:

Cota mayor: 3453.52 m.s.n.m

Cota menor: 3387.52 m.s.n.m

Distancia: 1200 m

Pendiente: 0.055 m/m

**Tabla 99**

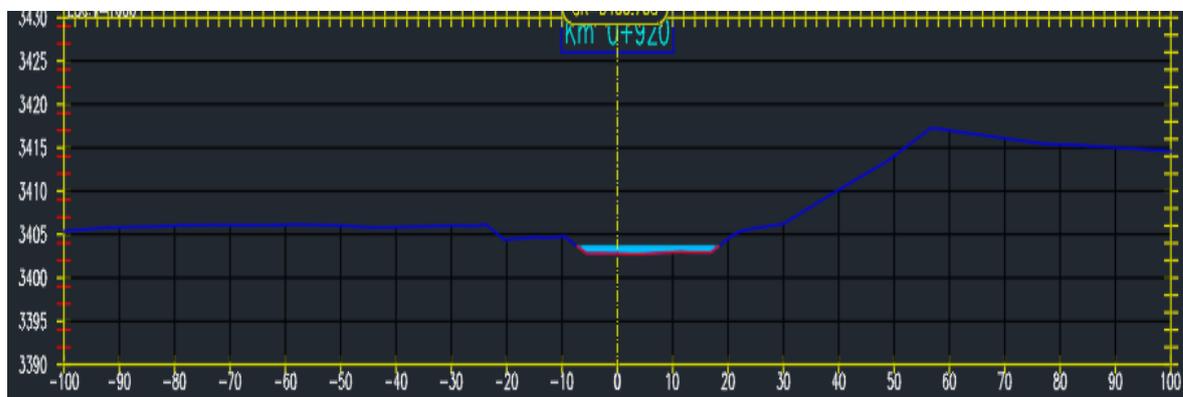
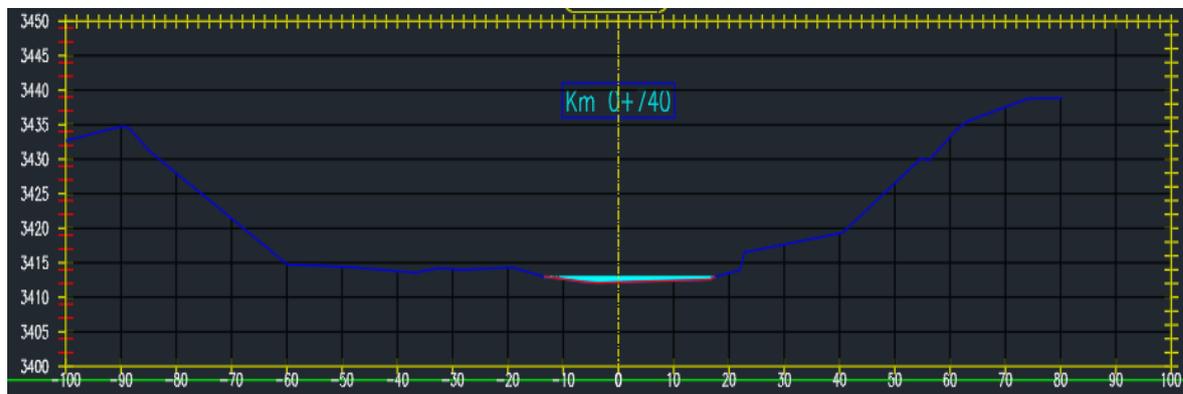
*Determinación del caudal mediante la huella máxima*

Progresiva (Km)	Pendiente S (m/m)	Coefficiente de rugosidad n	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)
0+740	0.055	0.038	17.95	31.05	0.58	77.05
0+920	0.055	0.038	18.92	25.94	0.73	94.67
Promedio						<b>85.86</b>

*Nota.* Mediante la huella máxima se obtuvo un caudal de 85.86 m<sup>3</sup>/s encontrándose dentro del rango de caudales obtenidos del modelamiento hidrológico.

**Figura 46**

*Secciones transversales del cauce del Río Atoc Huacanca en cada progresiva mostrada*



## ANEXO 9

### *Documentos y evidencias de autorización y adquisición de información*

“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

#### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Liborio Rómulo Norabuena Chávez Alcalde del Centro Poblado Huancapampa, perteneciente al Distrito y Provincia de Recuay del Departamento de Ancash, expreso mi **AUTORIZACIÓN**, para que el tesista Axel Steven Uribe Rodriguez de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, prosiga con las acciones de *RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN* en la quebrada Atoc Huacanca, en marco de la ejecución del proyecto de tesis denominado “Determinación de niveles de peligro en áreas inundables en la quebrada Atoc Huacanca, Distrito Recuay, Provincia Recuay, Departamento Ancash, 2022”

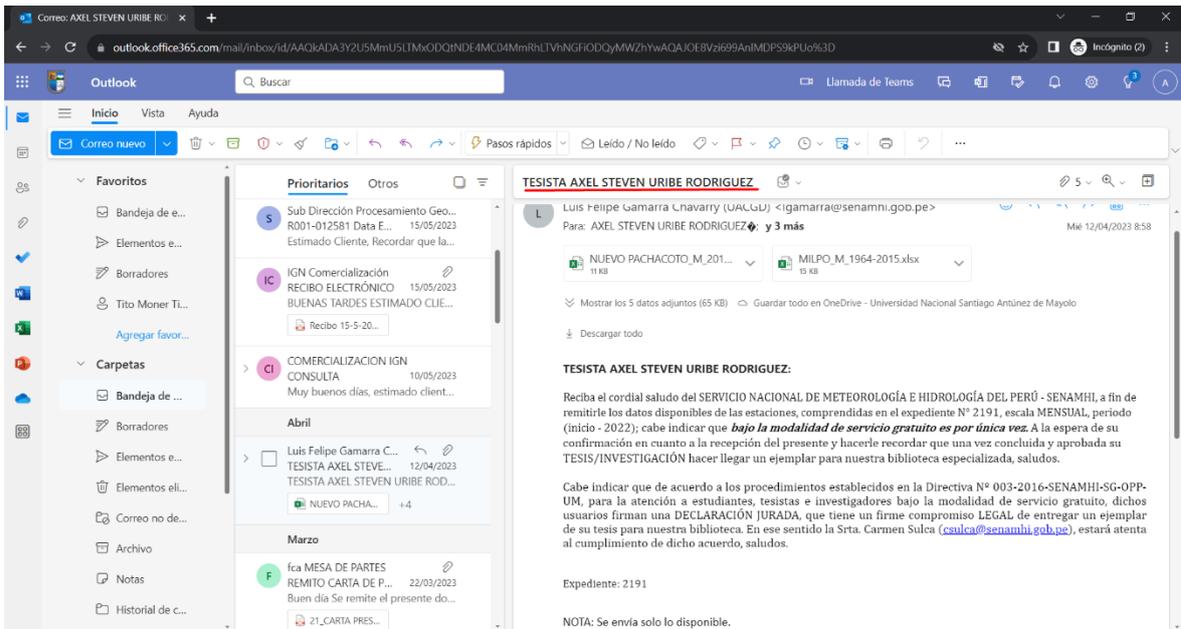
Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mis consideraciones más distinguidas.

Huancapampa, 04 de mayo del 2023

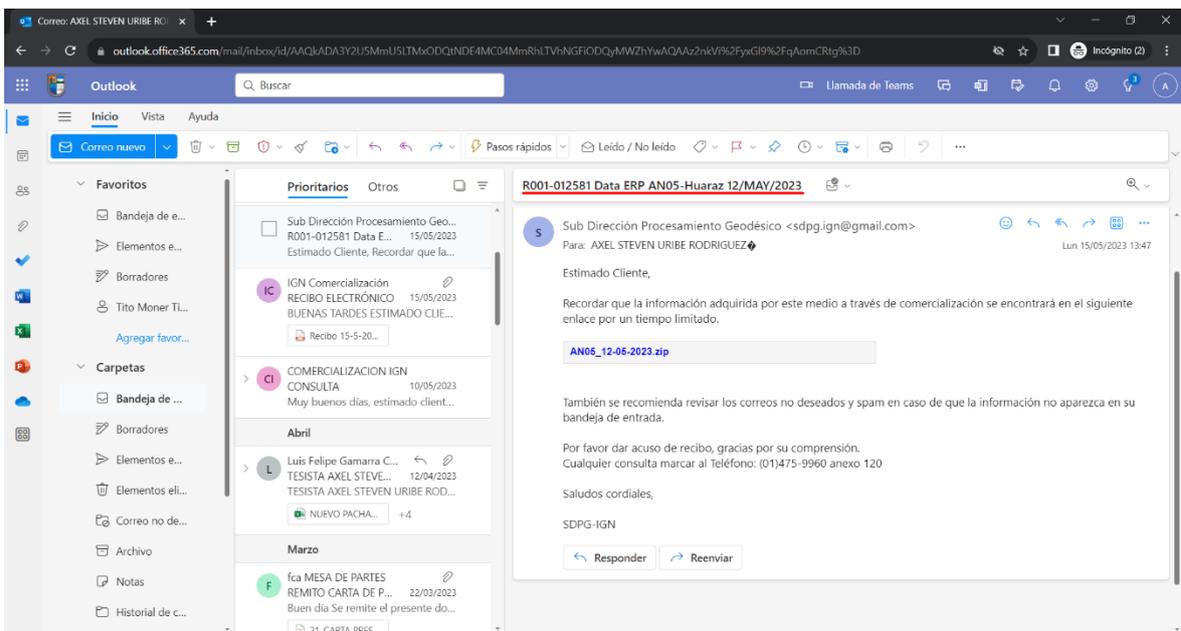
Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DEL C.P.  
HUANCAPAMPA - RECUAY  
Liborio R. Norabuena Chavez  
ALCALDE

-----  
Alcalde: Liborio Rómulo Norabuena Chávez



*Nota.* En la imagen se presenta la solicitud y adquisición de los datos meteorológicos a través del correo institucional al SENAMHI.



*Nota.* En la imagen se muestra la adquisición de la data y ficha del punto geodésico a través del correo institucional al IGN.



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**FORMULARIO DE INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS DE RASTREO  
PERMANENTE**

**0. DATOS GENERALES:**

**Preparado por:** Departamento de Procesamiento Geodésico  
**Realizado:** 02 de diciembre de 2020  
**Versión:** 3.0.0

**INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:**

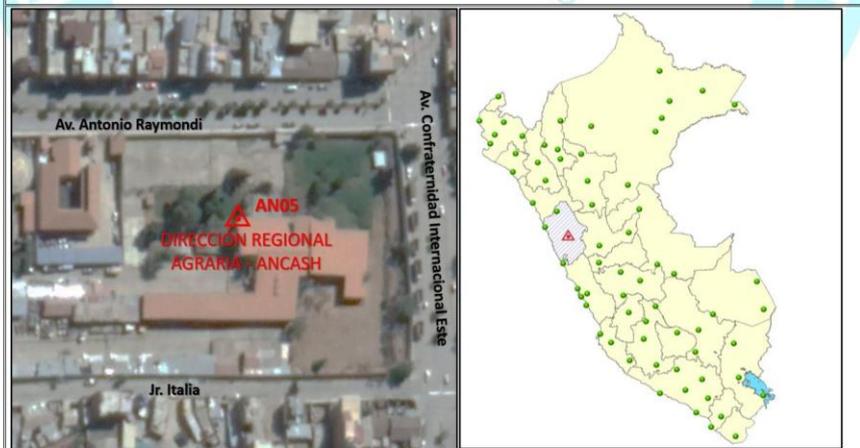
**Nombre:** Huaraz  
**Código Nacional:** AN05  
**Código Internacional:** En gestión  
**Inscripción:** Placa de bronce  
**Orden de la estación:** "0"  
**Fecha de monumentación:** 28 de octubre de 2020



**2. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:**

**Departamento:** Ancash  
**Provincia:** Huaraz  
**Distrito:** Huaraz  
**Ubicación de la estación:** Dirección Regional Agraria - Ancash

**CROQUIS DE UBICACIÓN**



FECHA: 6/04/2022 15:35 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-004000

AN05 1 | 4

*Nota.* En la imagen se muestra la ficha del punto geodésico AN05 del IGN.



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**3. COORDENADAS DE LA ESTACIÓN:**

<b>Sistema de referencia:</b> GRS80 / WGS84	<b>Marco de referencia:</b> ITRF2000
---	--------------------------------------

**3.1. GEODÉSICAS:**

<b>Latitud (S)</b>	<b>Longitud (O)</b>
09°31'37.17611"	77°31'16.8348"
<b>Altura Elipsoidal (m)</b>	<b>Factor de escala combinado</b>
3111.8660	1.000547521584

**3.2. CARTESIANAS**

<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Z (m)</b>
1359941.6353	-6145132.3297	-1049204.0287

**3.3. UTM**

<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>
223196.8423	8945875.5250
<b>Zona: 18 Sur</b>	

**4. INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO GNSS**

**4.1. RECEPTOR:**

**Modelo:** NET R9 TRIMBLE, Doble frecuencia  
**N° de serie:** 5649R51127  
**Versión del firmware:** 5.33  
**Fecha de instalación:** 30 de octubre de 2020  
**Ubicación del receptor:** El receptor se encuentra en una caja metálica de color blanco humo, ubicado en la area de formalización rural del Dirección Regional Agraria - Ancash.

**4.2. ANTENA:**

**Modelo:** Zephyr Geodetic Model 3 (L1,L2) Trimble  
**N° de serie:** 1441108496  
**Cubierta protectora:** con domo  
**Medición de la antena:** ARP (Base de soporte de la antena)  
**Altura de la antena:** 0.0950 m  
**Fecha de instalación:** 30 de octubre de 2020  
**Ubicación de la antena:** La antena está instalada sobre un monumento de concreto de 2.40 m de alto y 40 cm x 40 cm de ancho de color blanco, prolongada desde una columna del primer piso de la mencionada institución.

FECHA: 6/04/2022 15:35 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-004000

AN05 2 | 4

*Nota.* En la imagen se muestra la ficha del punto geodésico AN05 del IGN.

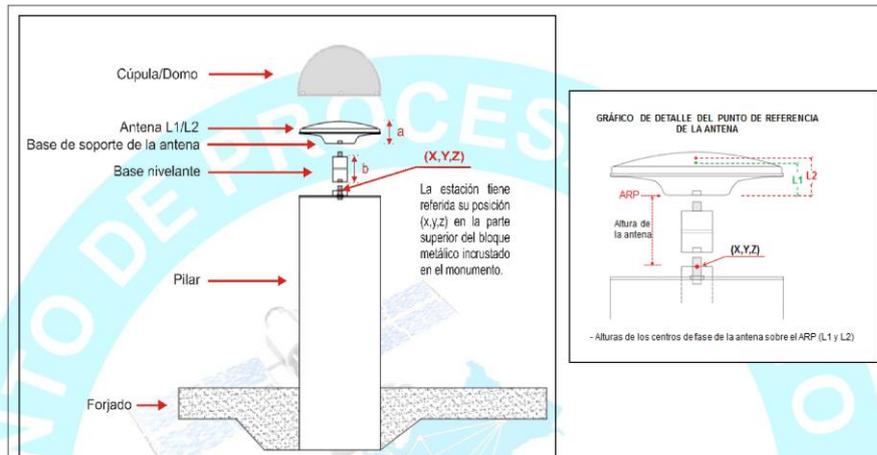


**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



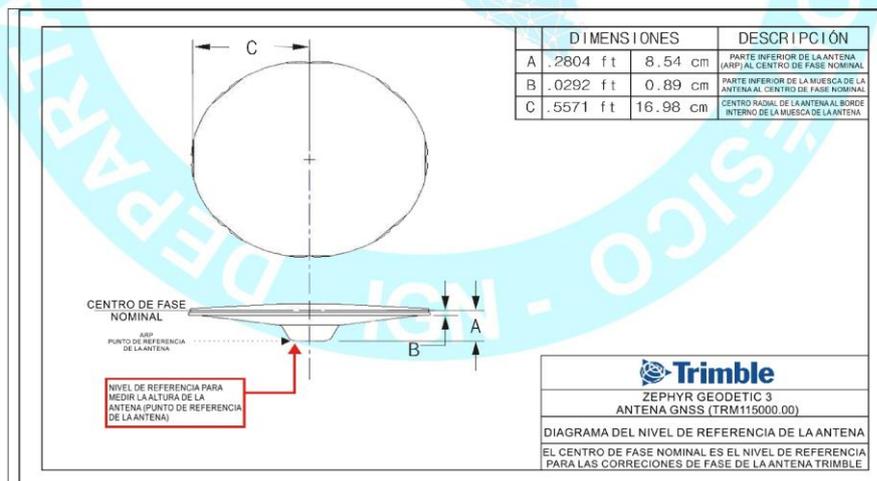
**5. ESQUEMA DE LA ESTACIÓN**

**5.1. ESQUEMA DE ALTURA DE LA ANTENA**



<b>a = 8.54 cm</b>	Distancia de compensación del centro de fase. (Phase Center Offset)
<b>b = 9.50 cm</b>	Distancia entre la base de soporte de la antena y el límite superior del bloque metálico incrustado en el monumento.

**5.2. DIMENSIONES DE LA ANTENA**



FECHA: 6/04/2022 15:35 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-004000

AN05 3 | 4

Nota. En la imagen se muestra la ficha del punto geodésico AN05 del IGN.



**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA**  
**DEPARTAMENTO DE PROCESAMIENTO GEODÉSICO**



**6. INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESAMIENTO**

**Área de mantenimiento:** DPG  
**Área de control:** DPG  
**Área de procesamiento:** DPG  
**Observables:** L1, L2, C1, P2  
**Intervalo de registro:** 5 seg  
**Máscara de elevación:** 5°  
**Archivo diario:** 24 HRS  
**Formato de archivo nativo:** \*T02  
**Datos para el procesamiento:** 01 al 14 de noviembre de 2020  
**Tipo de órbita:** Efemérides precisas finales  
**Archivo procesado:** Rinex 2.11  
**Software de procesamiento:** Gamit / Globk V 10.71  
**Procesador y analista GNSS:** Lic. Franklin Maylle Gamarra  
**Revisado por:** CAP. EP. Rogger Montoya Monroy

**7. CONTACTOS**

**Oficina:** Departamento de Procesamiento Geodésico  
**Dirección:** Av. Andrés Aramburú 1184, Surquillo, Lima 34, Perú  
**Teléfono:** 4759960 / 4753030 Anexo 120  
**Correo:** [cpg@ign.gob.pe](mailto:cpg@ign.gob.pe) / [sirgas\\_peru@ign.gob.pe](mailto:sirgas_peru@ign.gob.pe)  
**Web site:** [http://209.45.65.186/rastreo\\_permanente](http://209.45.65.186/rastreo_permanente)

FECHA: 6/04/2022 15:35 / COMPROBANTE DE PAGO ELECTRÓNICO: R001-004000

AN05 4 | 4

*Nota.* En la imagen se muestra la ficha del punto geodésico AN05 del IGN.

## ANEXO 10

### Especificaciones técnicas de los equipos utilizados

ESPECIFICACIONES	
<b>PERFORMANCE DE POSICIONAMIENTO</b>	
Seguimiento de señales	220 canales, 336 canales (opcional) BDS B1, B2, B3 GPS L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 SBAS L1C/A, L5 Galileo GIOVE-A y GIOVE-B, E1, E5A, E5B, E5A/BOC, E6 QZSS, WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN (SBAS)
Banda L	Trimble RTX
Características del GNSS	Posicionamiento a 1Hz~50Hz Tiempo de inicialización <10s Confiabilidad de la inicialización: >99.99%
<b>PRECISION DE POSICIONAMIENTO</b>	
Posicionamiento GNSS diferencial de código	Horizontal: ±0.25m + 1ppm Vertical: ±0.50m + 1ppm SBAS positioning accuracy: typically <5m 3DRMS
Levantamientos GNSS estáticos	±(2.5mm + 1mm/km x d) (d: the distance between measured points, km)
Levantamientos cinemáticos en tiempo real RTX	±(8mm + 1mm/km x d) (d: the distance between measured points, km) Horizontal: 4-10cm (5-30min) Vertical: 8-20cm (5-30min)
<b>SISTEMA OPERATIVO/ INTERACCION CON EL USUARIO</b>	
Sistema Operativo	Linux
Botón de Operación	Botonera doble e interfaz de operación visual – pantalla OLED
LCD	0.96 Pulgadas HD OLED Pantalla, con resolución de 128 x 64
Interacción Web	Acceso a la configuración y supervisión del receptor accediendo libremente al servidor Web a través de Wi-Fi y USB
Guía de voz	La tecnología inteligente de la voz de iVoice proporciona el estado del receptor y la voz guía Soporta distintos idiomas: Chino, Inglés, Coreano, Ruso, Portugués, español, Turco y definido por el usuario
Desarrollo Secundario	Proporciona un paquete de desarrollo secundario y posibilidad de operar sobre los datos de observación de formato OpenSIC y definición de interfaz para los desarrolladores secundarios
<b>SERVICIO DE DATOS EN LA NUBE</b>	
	Plataforma de administración de servicios en la nube, mediante paginas web, soporte de registro on line, etc.
<b>RENDIMIENTO DE HARDWARE</b>	
Dimension	152mm (Diámetro) X 137mm (Altura)
Peso	1.44kg (incluye batería)
Material	Carcasa de aleación de aluminio/magnesio
Temperatura	Funcionamiento: -45°C ~ +60°C, Almacenamiento: -55°C ~ +85°C
Humedad	100 % Sin condensación
Nivel de Protección (IP)	IP67 standard, protección contra inmersión a una profundidad de 1 m IP67 standard, totalmente protegidos contra el polvo
Golpes y Vibraciones	Soporta 3 metros de caída natural desde bastón sobre la tierra al cemento
Entrada Eléctrica	9-25V diseño de DC de voltaje amplio, con protección contra sobretensión
Batería	Batería extraíble de alta capacidad con el indicador que muestra el uso de energía. Voltage 7.4V, 6800mAh/per
Duración de la batería	Más de 30hrs (modo estático), más de 15 hrs (modo RTK), (Proporcionando la solución de la batería 7x24hrs)
<b>COMUNICACIONES</b>	
I/O Puerto	5PIN LEMO puerto de alimentación externa + RS232, 7PIN LEMO USB externo (OTG) + Ethernet 1 interfaz de antena de Radio/DATALINK, ranura para tarjeta SIM
Wireless Modem	Receptor y transmisor de radio interno integrado 1W/2W/3W Transmisor de radio externo 5W/25W Rango de Frecuencia 410-470MHz Protocolo de Comunicación TrimTalk450s, SOUTH
Red Móvil Celular	WCDMA3.5G módulo de comunicación de red, compatible GPRS/EDGE, CDMA2000/EVDO 3G and TDD-LTE, FDD-LTE 4G opcional
Módulo Bluetooth Doble	BLE Bluetooth 4.0 standard, soporte para Android, ios conexión de teléfono móvil, Bluetooth 2.1 + EDR estándar
WiFi	
Estandar	IEEE 802.11 b/g
WiFi Hotspot	El hotspot WiFi permite que cualquier terminal móvil inteligente ( controlador/ teléfono móvil, etc) se conecte de fácil manera para el control y monitoreo del receptor
WiFi DATA LINK	El receptor es capaz de emitir y recibir correcciones a través de WiFi
<b>ALMACENAMIENTO DE DATOS / TRANSMISION</b>	
Almacenamiento de Datos	8GB almacenamiento interno Soporta almacenamiento externo para USB Intervalo de registro cambiabile, hasta 50Hz de colección de datos crudos
Transmisión de Datos	Transmisión de datos USB, Descarga de datos en formato FTP/HTTP
Formato de Datos	Formato de datos Estáticos: SHH, Rinex2.x and Rinex3.x etc. Formato de datos diferenciales: CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1, RTCM 3.2 Formato de datos de la salida del GPS: NMEA 0183, PJK coordenadas planas, Código binario, Trimble GSCF Soporte de modelo de red: VRS, FKP, MAC, soporte completo protocolo NTRIP
<b>SISTEMA DE DETECCIÓN INERCIAL</b>	
Medición con Sensor de Inclinación	Sensor de Inclinación incorporado, corrigiendo las coordenadas automáticamente según la dirección y el ángulo de la inclinación del centro del bastón
Burbuja Electrónica	Visualización de la burbuja en el Controlador, comprobación del estado de nivelación del bastón en tiempo real
Termómetro	Sensores de temperatura incorporados, adoptando la tecnología inteligente del control de la temperatura que puede monitorear y Ajustar la temperatura del receptor en tiempo real

Nota. En la imagen se muestra las especificaciones técnicas del GPS diferencial South g6.

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

NRO.: 046  
 EQUIPO: ESTACION TOTAL  
 MARCA MODELO: LEICA TCR1203 PLUS  
 Nro. SERIE: 231014  
 RUC: 20604358869  
 NOMBRE O EMPRESA: F&S INGENIERIA S.A.C.  
 FECHA DE CALIBRACION: 01/04/2023  
 FECHA DE VENCIMIENTO: 01/10/2023  
**ESPECIFICACIONES:**  
 PRECISION ANGULAR: 3''  
 PRECISION LINEAL: 1.5mm + 1.5 ppm

**RESULTADOS E INCERTIDUMBRE:**

Las siguientes medidas Angulares, son resultado de un promedio de lectura:

	Anteojos Directo	Anteojos Invertido	Diferencia
Lectura Vertical	90° 00' 00''	270° 00' 00''	00''
Lectura Horizontal	00° 00' 00''	180° 00' 00''	00''

**EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO**

EQUIPO	Colimador de Piso de 03 Telescopio
MODELO	F550/TD-3
SERIE	9810381252780

**METODO DE CALIBRACION:**

El método de Medición ha sido realizado conforme al procedimiento DIN 18723 (ISO 17123). La Calibración se ha realizado en nuestras instalaciones, teniendo en cuenta una temperatura de 23°C ± 1°C consiste en determinar el cierre angular simulado por el sistema, cuando el Colimador se encuentra enfocado al Infinito.

Para controlar y calibrar la constante promedio en distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Trimble M3 DR2'' nueva precisión en distancia de +/- (1.0mm + 1.5ppm x D) m.s.e.= líneas de la medida.

El instrumento se encuentra 100% operativo dentro de los estándares de fabricación.

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el equipo calibrado, se refiere al momento y a las condiciones en que fueron ejecutados las mediciones.

RESPONSABLE TECNICO	GERENTE GENERAL
 MIGUEL ANGELO VILLARROEL ROMERO	 C.M.G. SYSTEMS TOPOGRAFIA TOTAL S.R.L. Carlos Mendoza Gomeru GERENTE GENERAL C.M.G. SYSTEMS TOPOGRAFIA TOTAL

## ANEXO 11

### Panel fotográfico



*Nota.* En la imagen se muestra la fase 1 de la extracción de muestras de suelo mediante calicatas en la microcuenca Atoc Huacanca



*Nota.* En la imagen se muestra la fase 2 de la extracción de muestras de suelo mediante calicatas en la microcuenca Atoc Huacanca



*Nota.* Monumentación del BM.



*Nota.* Lectura del punto geodésico 1, Orden C.



*Nota.* Medición de altura del equipo.



*Nota.* Lectura del punto geodésico 2, Orden C.



*Nota.* Lectura del punto BM2.



*Nota.* Levantamiento topográfico del cauce río Atoc Huacanca.



*Nota.* Inicio del área de estudio –inicio del cauce río Atoc Huacanca.



*Nota.* Fin del área de estudio -cauce río Atoc Huacanca desembocadura río Santa.



*Nota.* En la imagen se muestra la geomorfología del área de estudio margen derecha.



*Nota.* En la imagen se muestra la geomorfología del área de estudio margen izquierda



*Nota.* Formaciones geológicas del área de estudio margen derecha



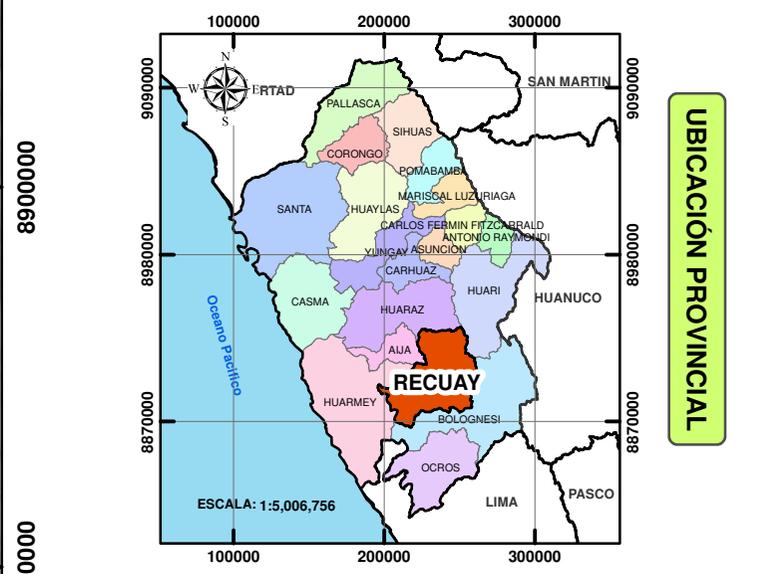
*Nota.* Formaciones geológicas del área de estudio margen izquierda



*Nota.* Área inundable cauce del río Atoc Huacanca



*Nota.* Áreas inundables margen izquierdo centro poblado Huancapampa



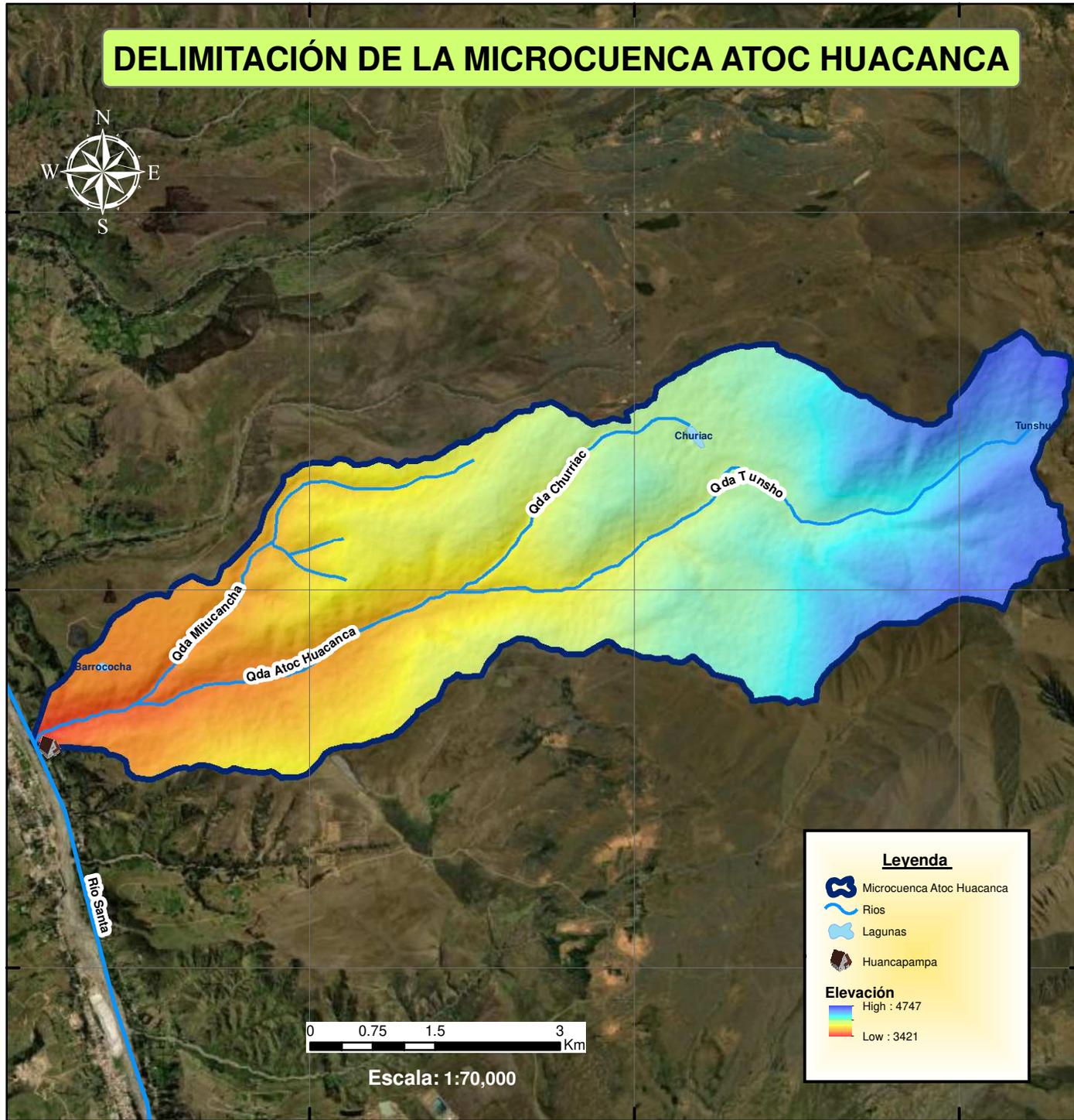

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Abril, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-01</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

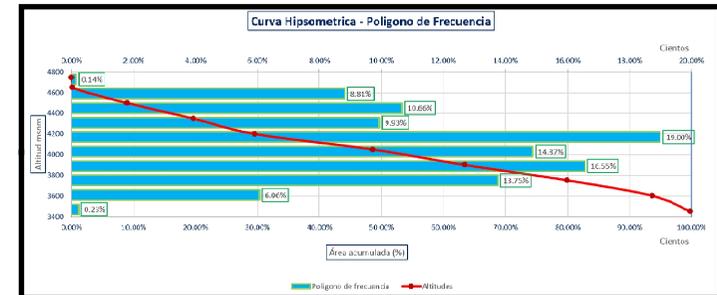
# DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA



Datos de la Microcuenca Atoch Huacanca		
<b>Geometría</b>		
Área	Km <sup>2</sup>	34.63
Perímetro	km	33.96
Ancho	km	2.62
Largo	km	13.23
<b>Valores de las Cotas</b>		
Cota Mínima	msnm	3421
Cota Máxima	msnm	4747
<b>Coordenadas</b>		
Centroide X	m	237579
Centroide Y	m	8926377
Centroide Z	msnm	3982
<b>Pendiente de la cuenca</b>		
Pendiente de la cuenca	%	20.20
<b>Hidrografía</b>		
Longitud del Cauce Principal	km	13.76
Orden de la red Hidrica	-	3
Longitud de la red Hidrica	km	24.84
Pendiente del río principal	%	9.64
Coefficiente de torrencialidad	-	0.14
Coefficiente orografico	%	45.79
Coefficiente de masividad	-	114.99

Parametros Geomorfologicos de la Microcuenca Atoch Huacanca			
Nombre del Parametro	Simbolo	Valor	Unidad
Factor Forma	F	0.18	S/N
Indice de Gravelious (Compacidad)	K	1.62	S/N
Rectangulo Equivalente (Lado Mayor)	L	14.61	km
Rectangulo Equivalente (Lado Menor)	I	2.37	km
Densidad de Drenaje	Dd	0.72	u/km <sup>2</sup>
Indice de pendiente	Ip	0.75	S/N

Hidrografia de la Microcuenca		
Orden	Cantidad	Longitud (Km)
1	5	16.31
2	3	7.13
3	1	1.40
Longitud Total		24.84



**Legenda**

- Microcuenca Atoch Huacanca
- Ríos
- Lagunas
- Huancapampa

**Elevación**

High : 4747  
Low : 3421

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

**ELABORADO POR:** URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven. **FECHA:** Abril, 2023 **ESCALA:** Indicada **LÁMINA N°:** A-02

**DATUM:** UTM WGS 84-Zona 18 S

# UBICACIÓN E INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS



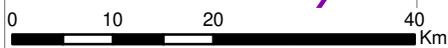
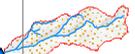
Yungay ▲

Huaraz ▲

Chavin ▲

Recuay ▲

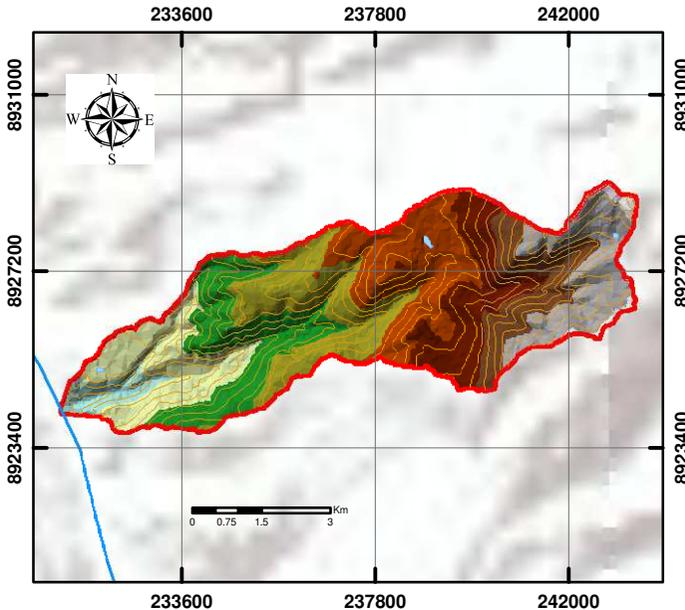
Milpo ▲



Escala: 1:750,000

**Leyenda**

- ▲ Estaciones Meteorológicas
- ~ Rios
- ⬡ Poligono de Thiessen
- ⬢ Microcuenca Atoc Huacanca



Estación	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m)
Yungay	197747.03	8988308.13	2466
Huaraz	222077.78	8945067.34	3052
Recuay	230792.89	8923553.92	3431
Milpo	255091.13	8906666.96	4400
Chavin	261251.02	8939607.10	3140

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

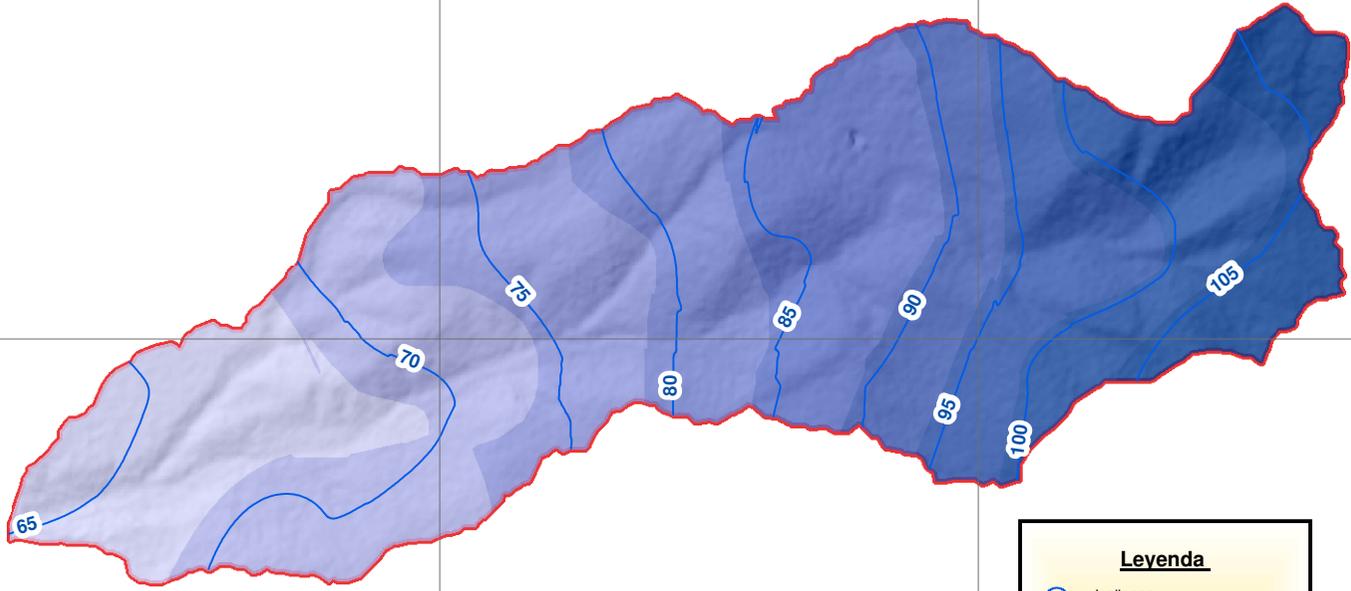
TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: UBICACIÓN E INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.      FECHA: Agosto, 2023      ESCALA: Indicada      LÁMINA N°: **A-03**

DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

# PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=50 AÑOS



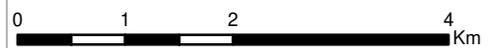
**Legenda**

Isolinneas

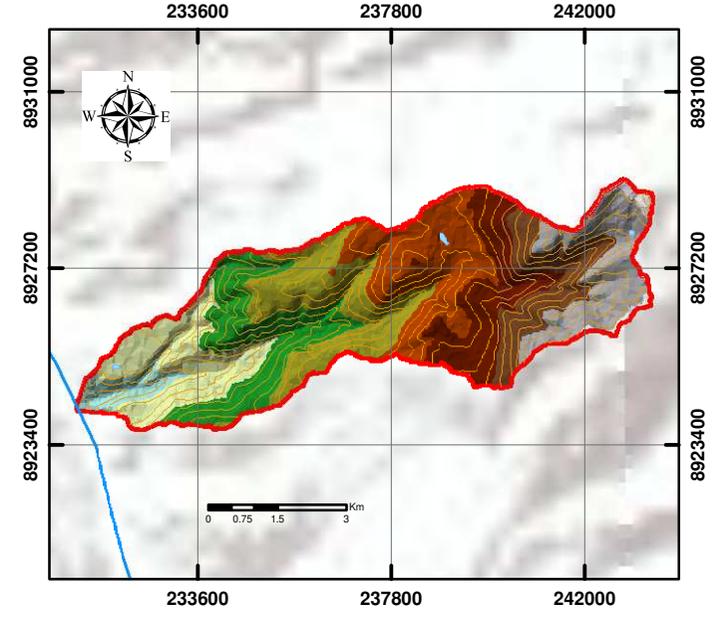
**Precipitación máx 24hr**

- 63.71-65
- 65-70
- 70-75
- 75-80
- 80-85
- 85-90
- 90-95
- 95-100
- 100-109.17

Microcuenca Atoc Huacanca



Escala: 1:70,000



PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 hr MICRO CUENCA ATOC HUACANCA					
TR=50 años					
Value	Mín	Máx	Promedio	Área_Km <sup>2</sup>	Área*Prom
1	63.709	68.760	66.234	4.621	306.059
2	68.760	73.810	71.285	5.744	409.431
3	73.811	78.861	76.336	4.033	307.829
4	78.861	83.912	81.386	3.170	257.994
5	83.912	88.963	86.437	4.795	414.483
6	88.963	94.013	91.488	2.675	244.775
7	94.013	99.064	96.539	3.474	335.402
8	99.064	104.114	101.589	3.482	353.768
9	104.115	108.480	106.297	2.638	280.412
Total				<b>34.63</b>	<b>2910.15</b>
<b>Precipitación máxima (mm)</b>					<b>84.03</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=50 AÑOS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.      FECHA: Agosto, 2023      ESCALA: Indicada      LÁMINA N°: **A-04**

DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

# PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=100 AÑOS

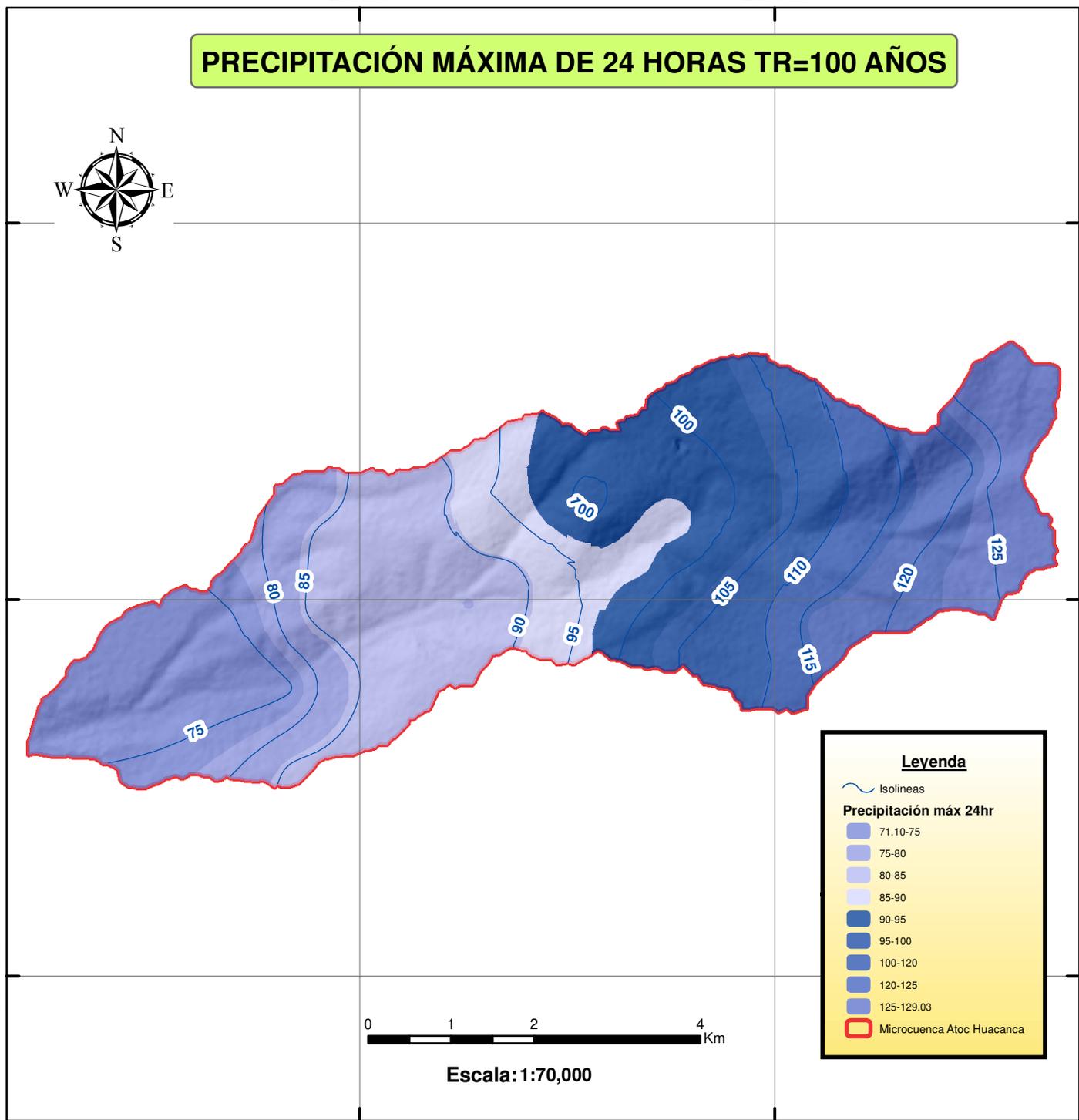


235000 240000

8930500

8926000

8921500



**Leyenda**

Isolneas

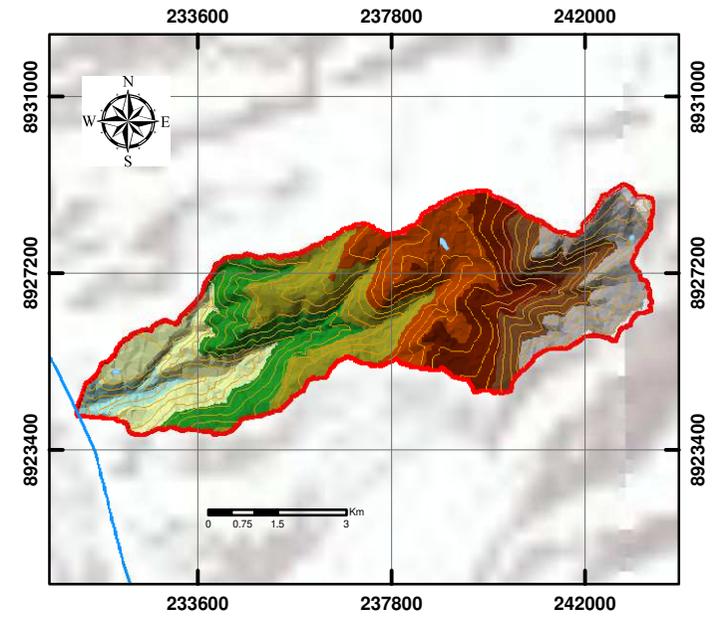
**Precipitación máx 24hr**

- 71.10-75
- 75-80
- 80-85
- 85-90
- 90-95
- 95-100
- 100-120
- 120-125
- 125-129.03

Microcuenca AtoC Huacanca

Escala: 1:70,000

235000 240000



**PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 hr MICRO CUENCA ATOC HUACANCA**  
TR=100 años

Value	Min	Máx	Promedio	Área_Km <sup>2</sup>	Área*Prom
1	71.103	77.540	74.321	5.103	379.294
2	77.540	83.976	80.758	2.522	203.639
3	83.977	90.414	87.196	6.326	551.560
4	90.415	96.850	93.633	3.243	303.665
5	96.851	103.287	100.069	5.774	577.761
6	103.288	109.724	106.506	3.641	387.735
7	109.725	116.161	112.943	2.660	300.409
8	116.161	122.597	119.379	2.539	303.153
9	122.599	129.023	125.811	2.825	355.443
Total				<b>34.63</b>	<b>3362.66</b>
<b>Precipitación máxima (mm)</b>					<b>97.10</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

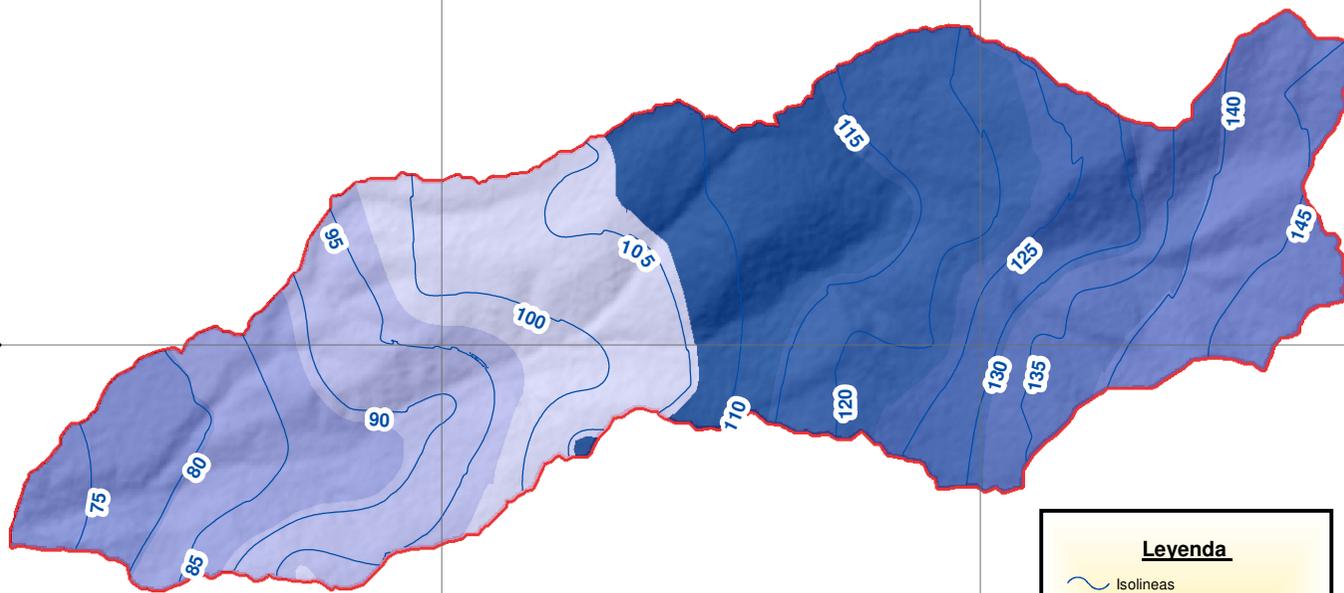
TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=100 AÑOS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.      FECHA: Agosto, 2023      ESCALA: Indicada      LÁMINA N°: **A-05**

DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

# PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=200 AÑOS



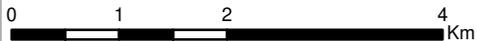
**Legenda**

Isolinneas

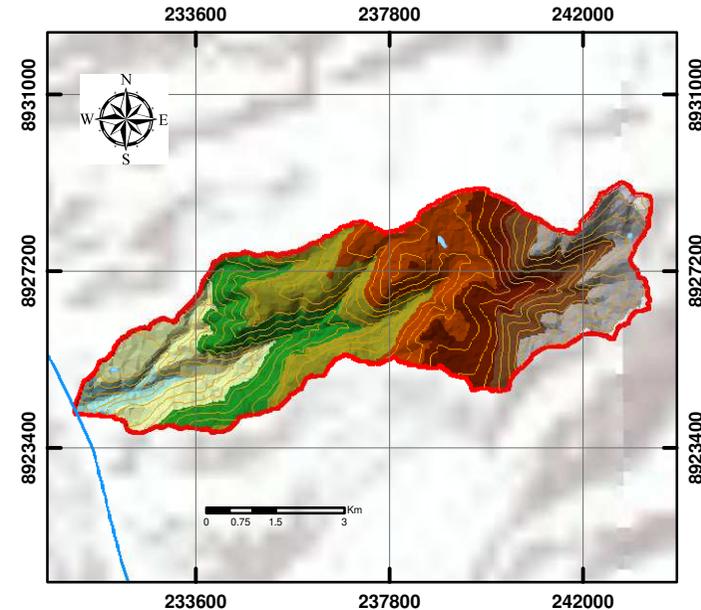
**Precipitación máx 24hr**

- 71.83-75
- 75-80
- 80-85
- 85-100
- 100-105
- 105-110
- 110-140
- 140-145
- 145-147.94

Microcuenca AtoC Huacanca



Escala: 1:70,000



PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 hr MICRO CUENCA ATOC HUACANCA					
TR=200 años					
Value	Min	Máx	Promedio	Área_Km <sup>2</sup>	Área*Prom
1	71.834	80.291	76.063	2.128	161.836
2	80.292	88.747	84.519	3.047	257.566
3	88.748	97.203	92.975	4.398	408.899
4	97.204	105.660	101.432	5.615	569.504
5	105.660	114.116	109.888	4.676	513.881
6	114.117	122.573	118.345	5.020	594.127
7	122.573	131.029	126.801	3.232	409.828
8	131.030	139.486	135.258	2.677	362.063
9	139.487	147.294	143.391	3.839	550.475
Total				<b>34.63</b>	<b>3828.18</b>
<b>Precipitación máxima (mm)</b>					<b>110.54</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

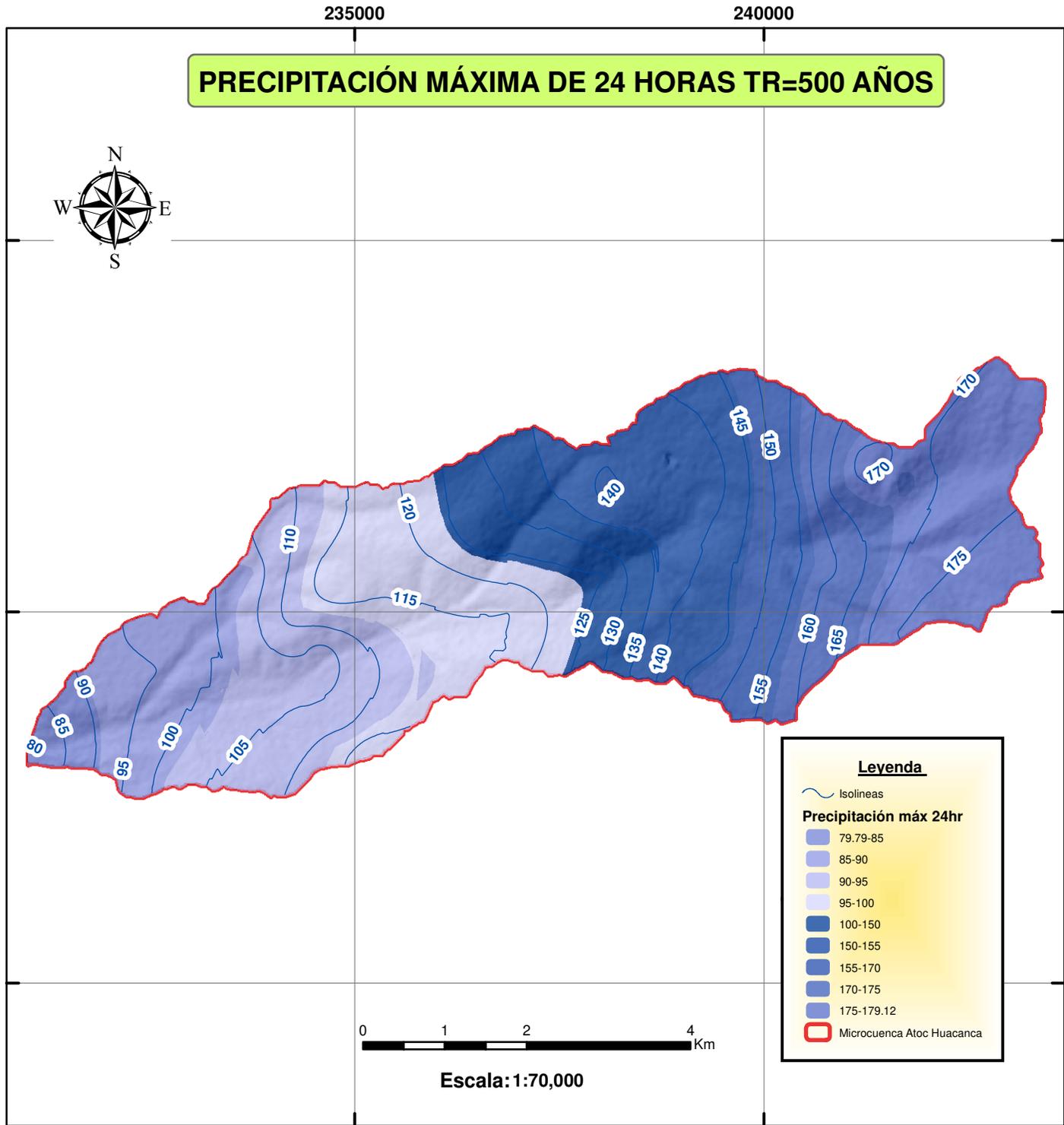
TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=200 AÑOS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.      FECHA: Agosto, 2023      ESCALA: Indicada      LÁMINA N°: **A-06**

DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

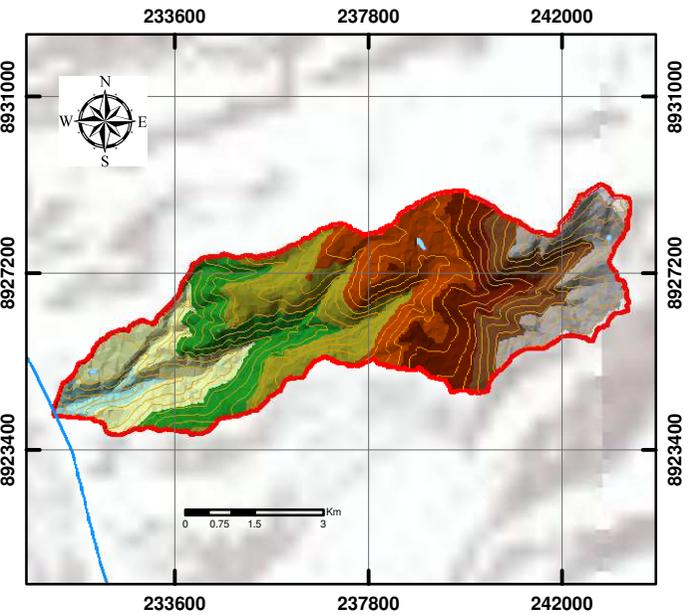
# PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=500 AÑOS



**Legenda**

- Isolinias
- Precipitación máx 24hr
  - 79.79-85
  - 85-90
  - 90-95
  - 95-100
  - 100-150
  - 150-155
  - 155-170
  - 170-175
  - 175-179.12
- Microcuenca Atoch Huacanca

Escala: 1:70,000



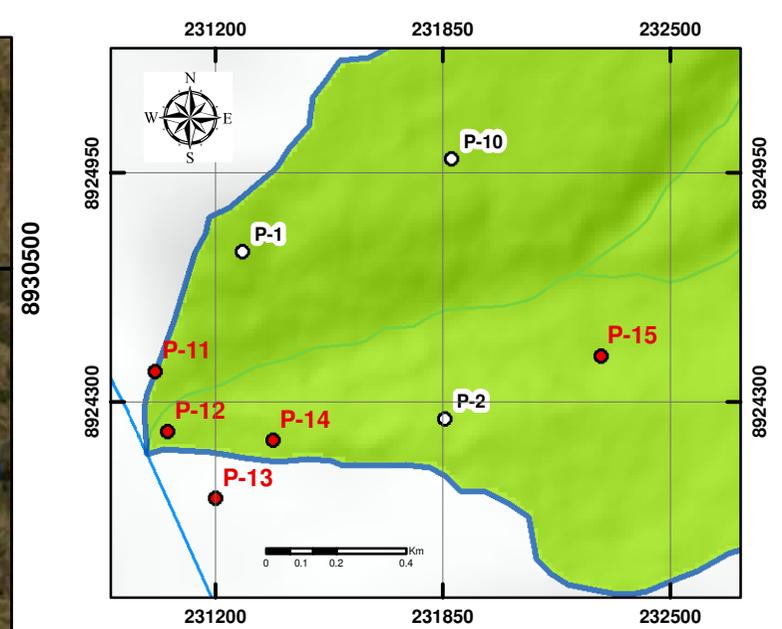
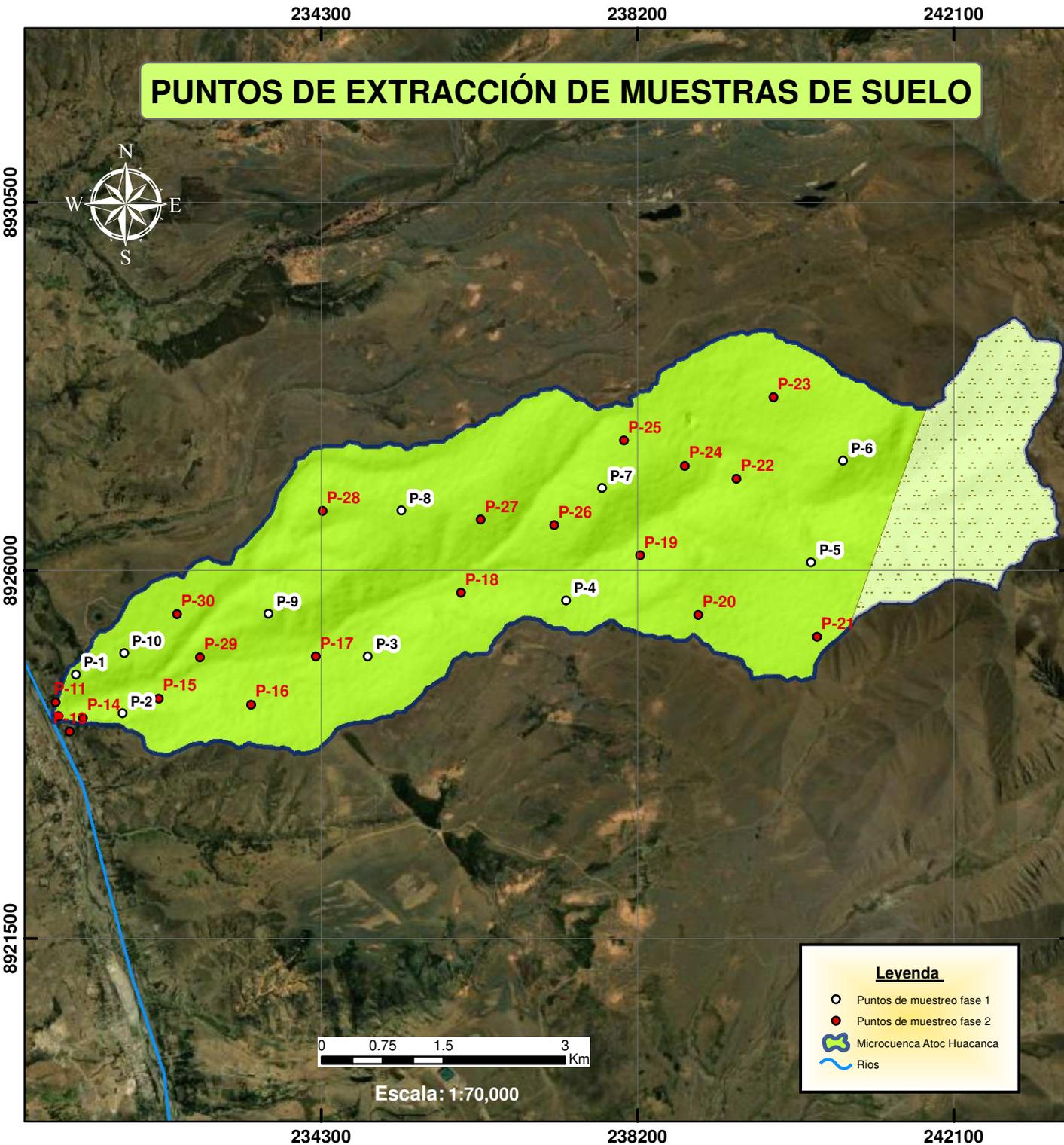
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 hr MICRO CUENCA ATOC HUACANCA					
TR=500 años					
Value	Mín	Máx	Promedio	Área_Km <sup>2</sup>	Área*Prom
1	79.790	90.826	85.308	0.726	61.914
2	90.828	101.862	96.345	3.148	303.255
3	101.863	112.899	107.381	5.339	573.285
4	112.899	123.935	118.417	5.591	662.084
5	123.936	134.972	129.454	3.572	462.435
6	134.972	146.007	140.490	5.402	758.899
7	146.009	157.043	151.526	3.053	462.656
8	157.045	168.081	162.563	2.706	439.903
9	168.081	178.955	173.518	5.096	884.190
Total				34.63	4608.62
Precipitación máxima (mm)					133.07

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=500 AÑOS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	FECHA: Agosto, 2023	ESCALA: Indicada	LÁMINA N°: <b>A-07</b>
DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S			



N°	Símbolo	ESTE	NORTE	ALTITUD m.s.n.m
1	P-1	231278	8924726	3527
2	P-2	231855	8924253	3557
3	P-3	234876	8924948	3707
4	P-4	237320	8925632	3926
5	P-5	240341	8926099	4362
6	P-6	240736	8927341	4384
7	P-7	237767	8927008	4127
8	P-8	235290	8926733	3920
9	P-9	233654	8925468	3706
10	P-10	231876	8924990	3570
11	P-11	231029	8924388	3432
12	P-12	231065	8924218	3417
13	P-13	231202	8924028	3426
14	P-14	231365	8924192	3470
15	P-15	232301	8924432	3514
16	P-16	233440	8924358	3676
17	P-17	234237	8924949	3625
18	P-18	236027	8925726	3774
19	P-19	238235	8926185	3984
20	P-20	238951	8925456	4161
21	P-21	240415	8925188	4389
22	P-22	239421	8927121	4083
23	P-23	239879	8928116	4203
24	P-24	238785	8927277	4071
25	P-25	238035	8927587	4102
26	P-26	237176	8926553	3968
27	P-27	236270	8926621	3935
28	P-28	234320	8926726	3802
29	P-29	232807	8924936	3543
30	P-30	232527	8925463	3600

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

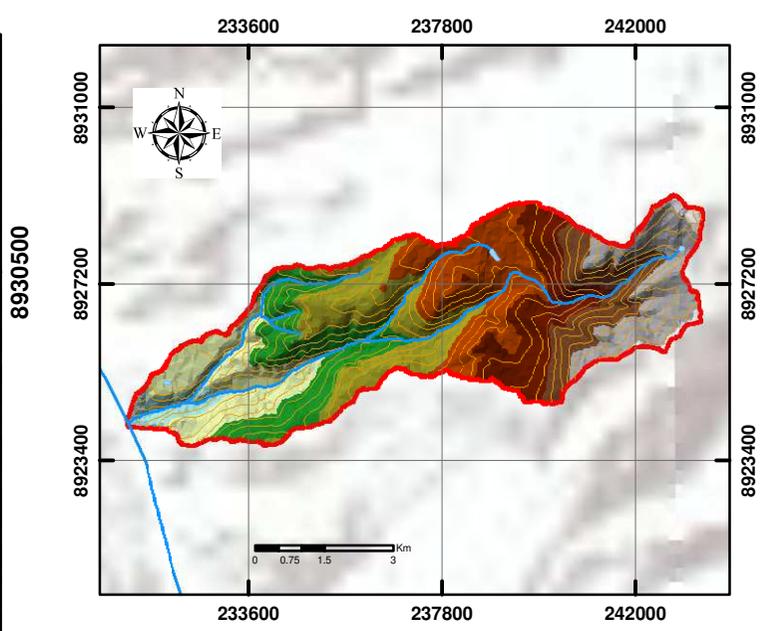
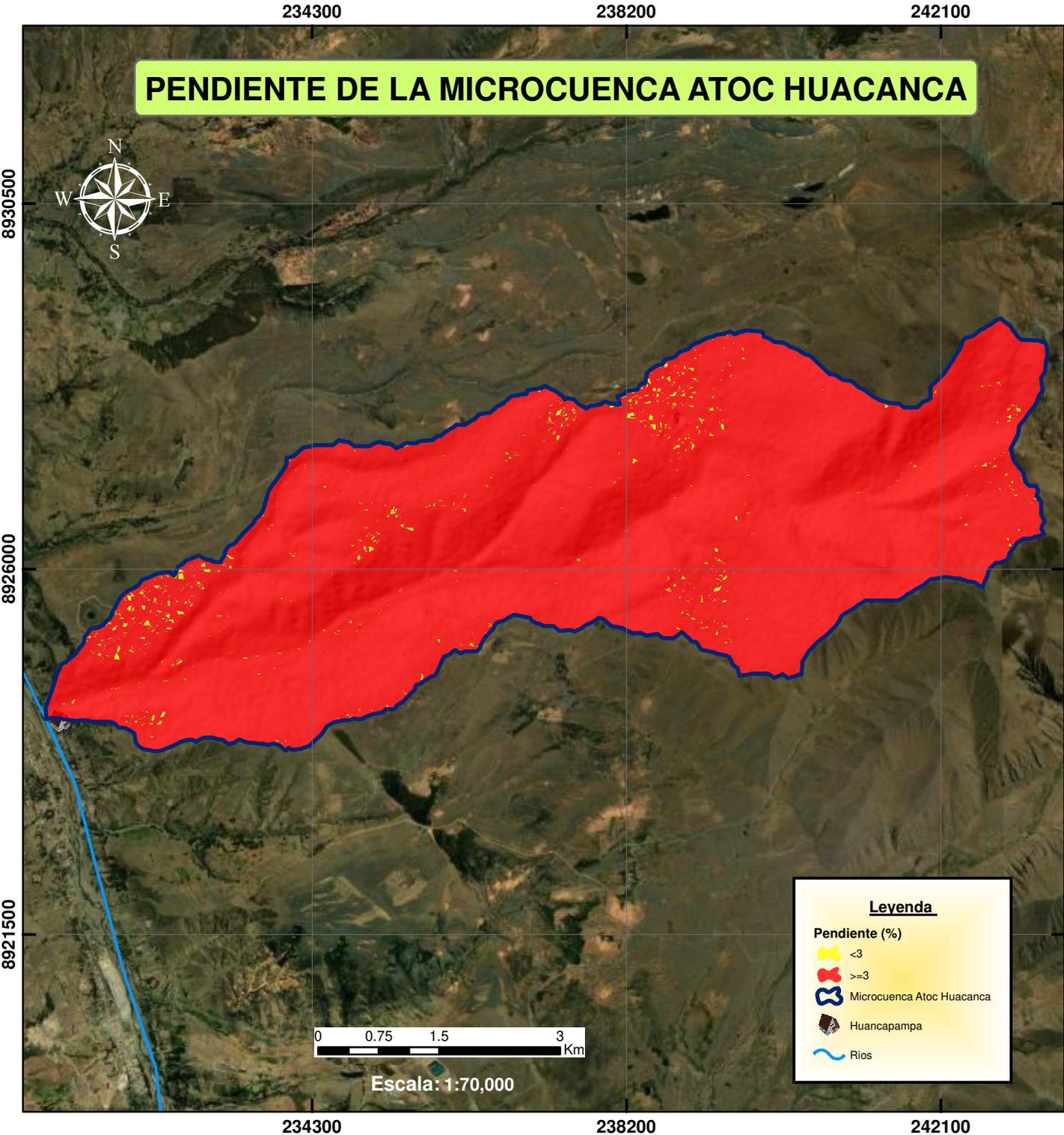
**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

**ELABORADO POR:** URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.      **FECHA:** Abril, 2023      **ESCALA:** Indicada      **LÁMINA N°:** A-08

**DATUM:** UTM WGS 84-Zona 18 S

# PENDIENTE DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA



Pendiente (%)	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
<3	0.35	1.01
>=3	34.28	98.99
<b>Total</b>	<b>34.63</b>	<b>100</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE PENDIENTE DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Abril, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-09</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

# TEXTURA DE SUELO DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

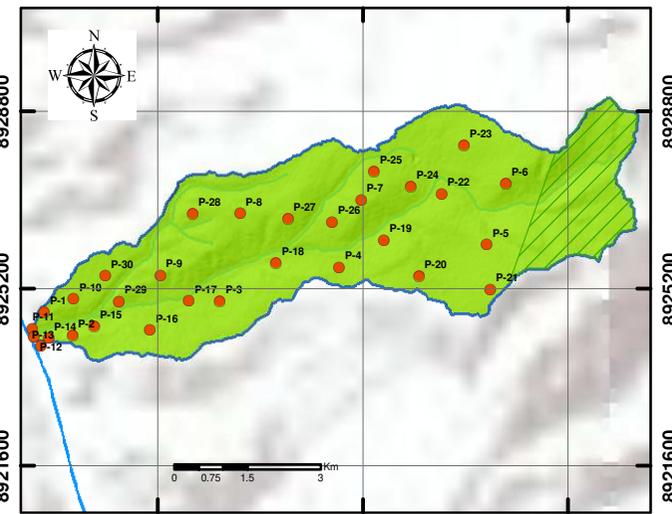


Textura	Área	
	Km <sup>2</sup>	(%)
Franco arenoso	30.45	87.93
Franco arcillo arenoso	0.92	2.66
Franco	3.00	8.66
Roca	0.26	0.75
<b>Total</b>	<b>34.63</b>	<b>100</b>

**Legenda**

**Textura**

- Franco arenoso
- Franco
- Franco arcillo arenoso
- Roca
- Microcuenca Atoch Huacanca
- Rios



Símbolo	ESTE	NORTE	ALTITUD	Textura (%)			Clase Textural
				Arena	Limo	Arcilla	
P-1	231278	8924726	3527	59	21	20	Franco arenoso
P-2	231855	8924253	3557	51	27	22	Franco arcillo arenoso
P-3	234876	8924948	3707	61	23	16	Franco arenoso
P-4	237320	8925632	3926	65	25	10	Franco arenoso
P-5	240341	8926099	4362	69	23	8	Franco arenoso
P-6	240736	8927341	4384	59	25	16	Franco arenoso
P-7	237767	8927008	4127	49	38	18	Franco
P-8	235290	8926733	3920	59	27	14	Franco arenoso
P-9	233654	8925468	3706	61	29	10	Franco arenoso
P-10	231876	8924990	3570	73	19	8	Franco arenoso
P-11	231029	8924388	3432	72	10	10	Franco arenoso
P-12	231065	8924218	3417	56	28	16	Franco arenoso
P-13	231202	8924028	3426	60	26	14	Franco arenoso
P-14	231365	8924192	3470	56	24	20	Franco arenoso
P-15	232301	8924432	3514	52	26	22	Franco arcillo arenoso
P-16	233440	8924358	3676	52	28	20	Franco
P-17	234237	8924949	3625	68	22	10	Franco arenoso
P-18	236027	8925726	3774	56	28	16	Franco arenoso
P-19	238235	8926185	3984	60	30	10	Franco arenoso
P-20	238951	8925456	4161	56	32	12	Franco arenoso
P-21	240415	8925188	4389	56	30	14	Franco arenoso
P-22	239421	8927121	4083	60	28	12	Franco arenoso
P-23	239879	8928116	4203	54	32	14	Franco arenoso
P-24	238785	8927277	4071	56	28	16	Franco arenoso
P-25	238035	8927587	4102	48	36	16	Franco
P-26	237176	8926553	3968	60	28	12	Franco arenoso
P-27	236270	8926621	3935	58	30	12	Franco arenoso
P-28	234320	8926726	3802	50	34	16	Franco
P-29	232807	8924936	3543	54	28	18	Franco arenoso
P-30	232527	8925463	3600	56	28	16	Franco arenoso

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

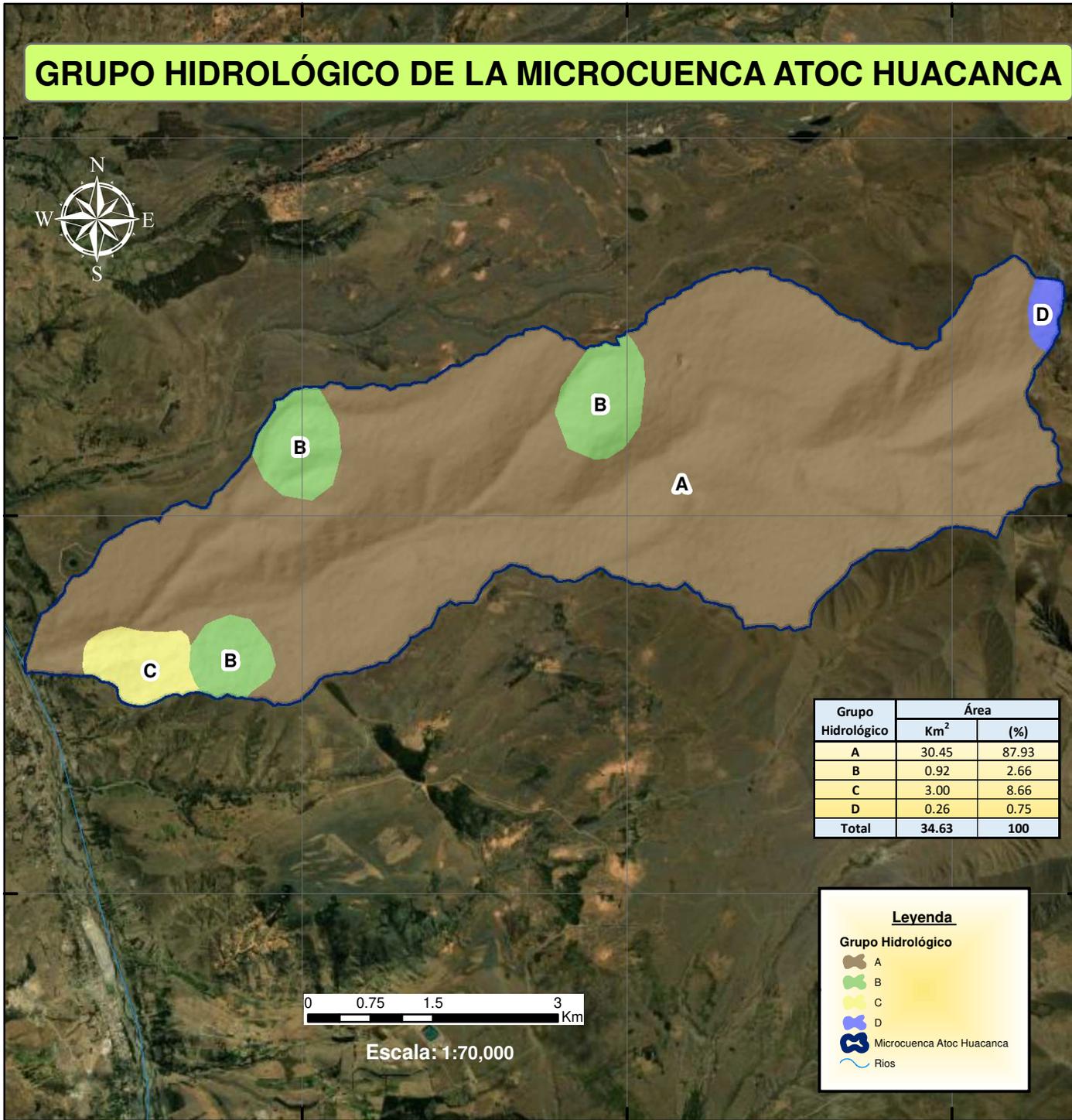
**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE TEXTURA DE SUELO DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

**ELABORADO POR:** URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven. **FECHA:** Mayo, 2023 **ESCALA:** Indicada **LÁMINA N°:** A-10

**DATUM:** UTM WGS 84-Zona 18 S

# GRUPO HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA



Grupo Hidrológico	Área	
	Km <sup>2</sup>	(%)
A	30.45	87.93
B	0.92	2.66
C	3.00	8.66
D	0.26	0.75
<b>Total</b>	<b>34.63</b>	<b>100</b>

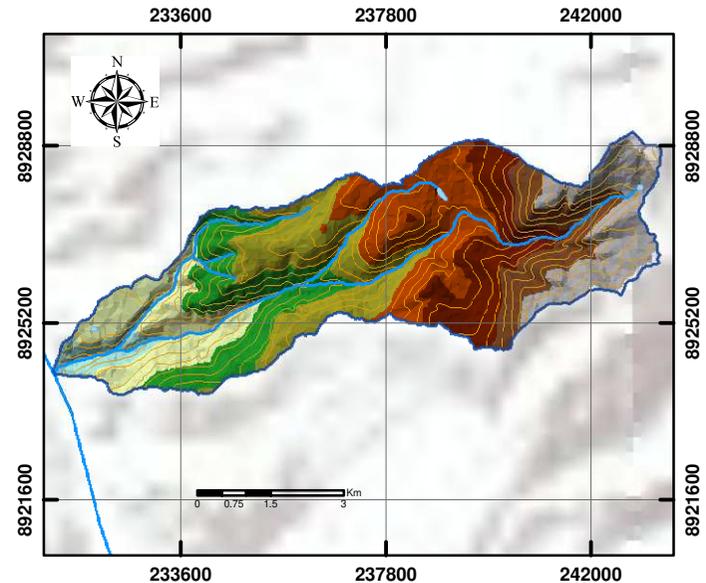
**Legenda**

**Grupo Hidrológico**

- A
- B
- C
- D
- Microcuenca Atoch Huacanca
- Rios



Escala: 1:70,000



Clases Texturales			
Grupo A:	Arenosa	Grupo B:	Franco-limosa
	Arenoso-franca		Franca
	Franco-arenosa		Limosa
Grupo C:	Franco-arcillo-arenosa	Grupo D:	Arcillo-arenosa
	Franco-arcillo-limosa		Arcillo-limosa
	Franco-arcillosa		Limosa

Grupo Hidrológico	Descripción
A	Suelos profundos muy permeables, incluso saturados, con tanto por ciento elevado de arenas o gravas y con poco o nada de limo y arcillas
B	Suelos de permeabilidad moderada cuando ya están saturados, franco-arenosos, menos profundos que los del grupo A
C	Suelos poco permeables cuando ya están saturados, franco-arcilloso o que presentan algún estrato impermeable que hace difícil la infiltración
D	Suelos con gran impermeabilidad, arcillosos, profundos o que poseen un subsuelo muy impermeable

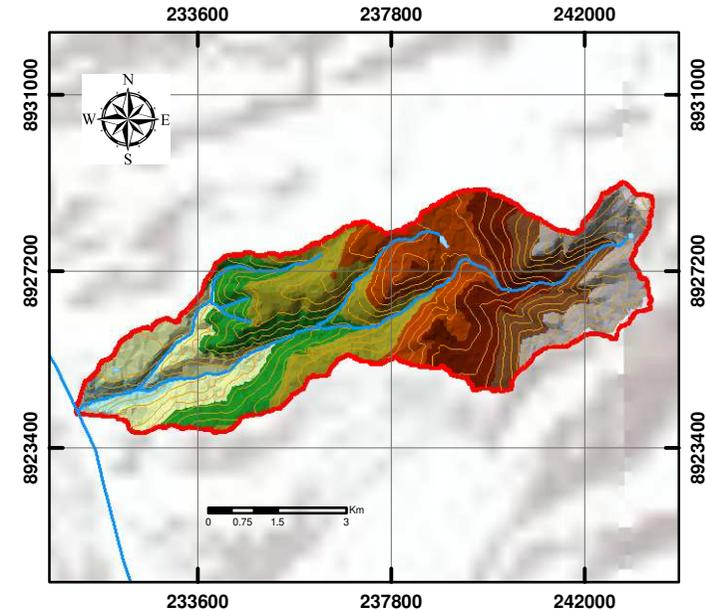
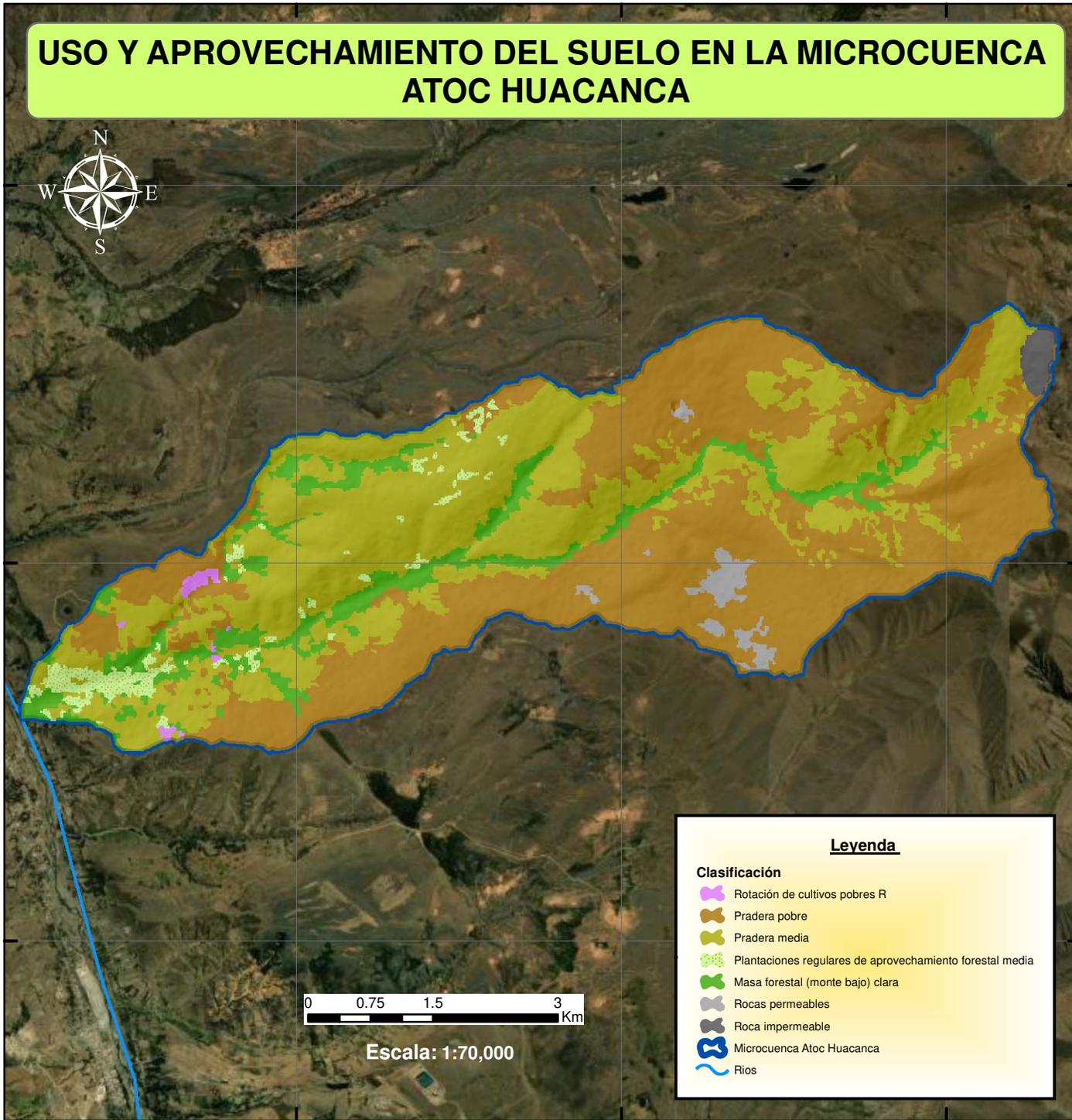
**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DEL GRUPO HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Junio, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-11</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

# USO Y APROVECHAMIENTO DEL SUELO EN LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA



Uso y aprovechamiento del suelo	Área	
	Km <sup>2</sup>	(%)
Rotación de cultivos pobres R	0.13	0.37
Pradera pobre	16.27	46.97
Pradera media	13.60	39.28
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	0.83	2.39
Masa forestal (monte bajo) clara	3.05	8.81
Rocas permeables	0.49	1.42
Roca impermeable	0.26	0.75
<b>Total</b>	<b>34.63</b>	<b>100</b>

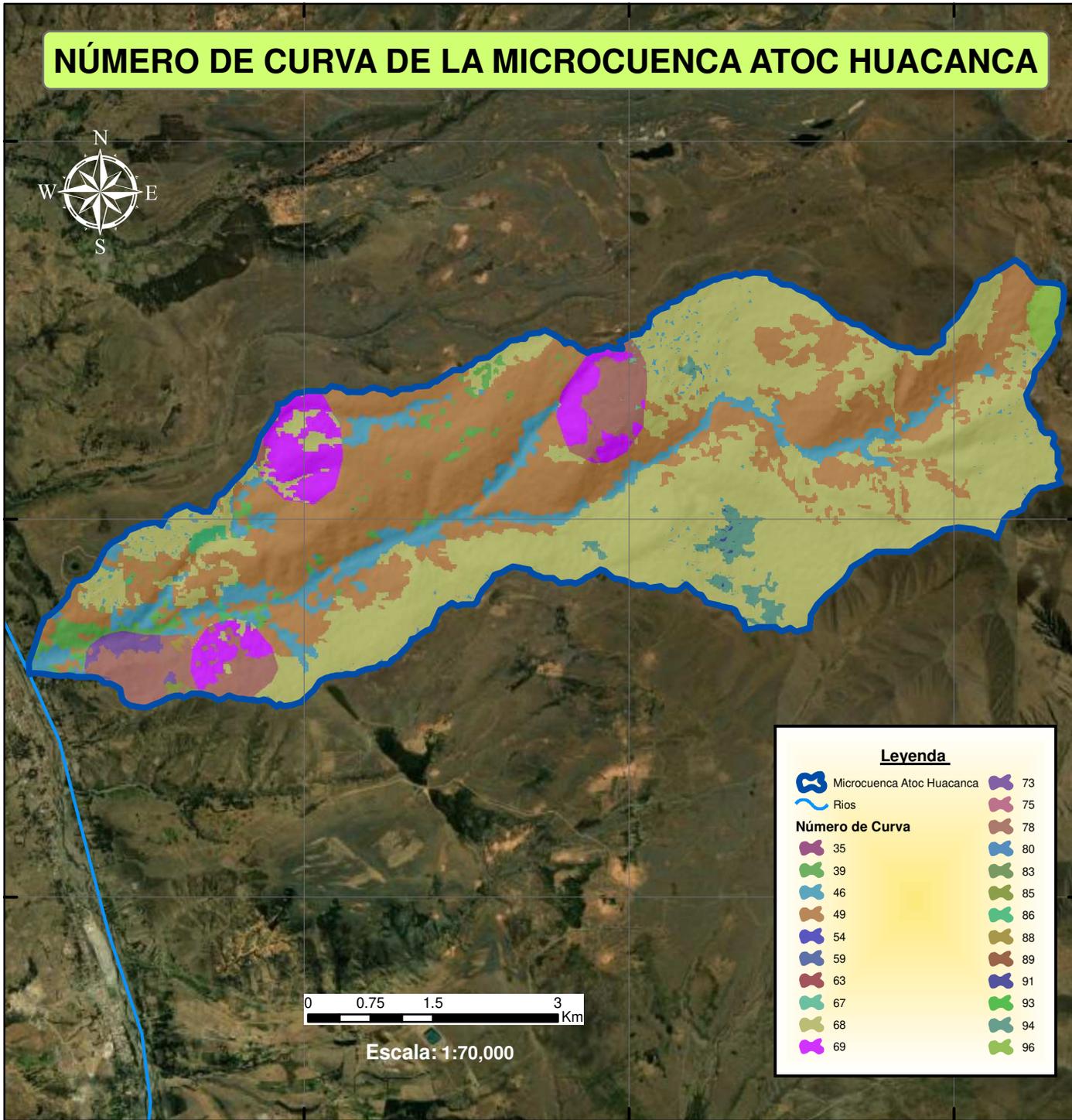
**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** MAPA DE USO Y APROVECHAMIENTO DEL SUELO EN LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Junio, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-12</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

# NÚMERO DE CURVA DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

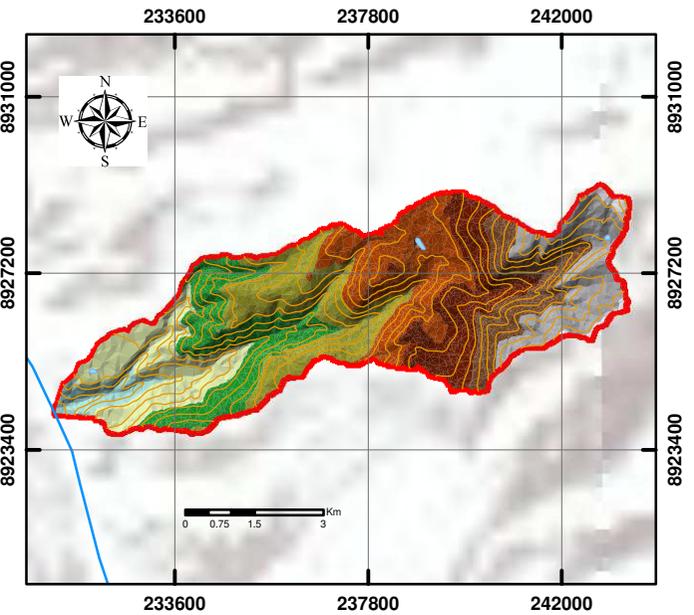


**Legenda**

- Microcuenca Atoch Huacanca
- Rios

**Número de Curva**

35	73
39	75
46	78
49	80
54	83
59	85
63	86
67	88
68	89
69	91
73	93
75	94
78	96



NÚMERO DE CURVA		
CN	Área (m <sup>2</sup> )	CN promedio* Ai
35	2263.09	79208.12
39	696135.15	27149270.72
46	2824415.62	129923118.51
49	11347521.93	556028574.51
54	14.87	802.91
59	3082.63	181875.24
63	642.73	40492.11
67	11751.69	787362.98
68	15234038.65	1035914627.90
69	1615229.83	111450858.24
73	204176.54	14904887.41
75	8741.66	655624.78
78	1711756.59	133517013.90
80	11937.33	954986.20
83	100.06	8305.04
85	33813.66	2874161.35
86	100607.27	8652224.95
88	26564.46	2337672.20
89	46738.69	4159743.05
91	12242.32	1114051.38
93	97.81	9096.03
94	478932.72	45019675.89
96	259194.72	24882692.93
<b>TOTAL</b>	<b>34630000</b>	<b>2100646326</b>
<b>CN=</b>		<b>60.66</b>

NÚMERO DE CURVA		
CN	Área (Km <sup>2</sup> )	(%)
35	0.002263	0.01%
39	0.696135	2.01%
46	2.824416	8.16%
49	11.347522	32.77%
54	0.000015	0.00%
59	0.003083	0.01%
63	0.000643	0.00%
67	0.011752	0.03%
68	15.234039	43.99%
69	1.615230	4.66%
73	0.204177	0.59%
75	0.008742	0.03%
78	1.711757	4.94%
80	0.011937	0.03%
83	0.000100	0.00%
85	0.033814	0.10%
86	0.100607	0.29%
88	0.026564	0.08%
89	0.046739	0.13%
91	0.012242	0.04%
93	0.000098	0.00%
94	0.478933	1.38%
96	0.259195	0.75%
<b>TOTAL</b>	<b>34.63</b>	<b>100%</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** NÚMERO DE CURVA DE LA MICROCUENCA ATOC HUACANCA

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Junio, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-13</b>
	<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S		

231050

231500

231950

# UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO



Río Atoc Huacanca

Huancapampa

Río Santa

**Leyenda**

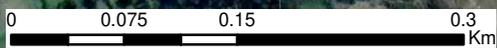
- Centro poblado
- Ríos
- Área en estudio

 **UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA** 

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO DE LA TESIS

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-14</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			



Escala: 1:5,000

231050

231500

231950

8924626

8924349

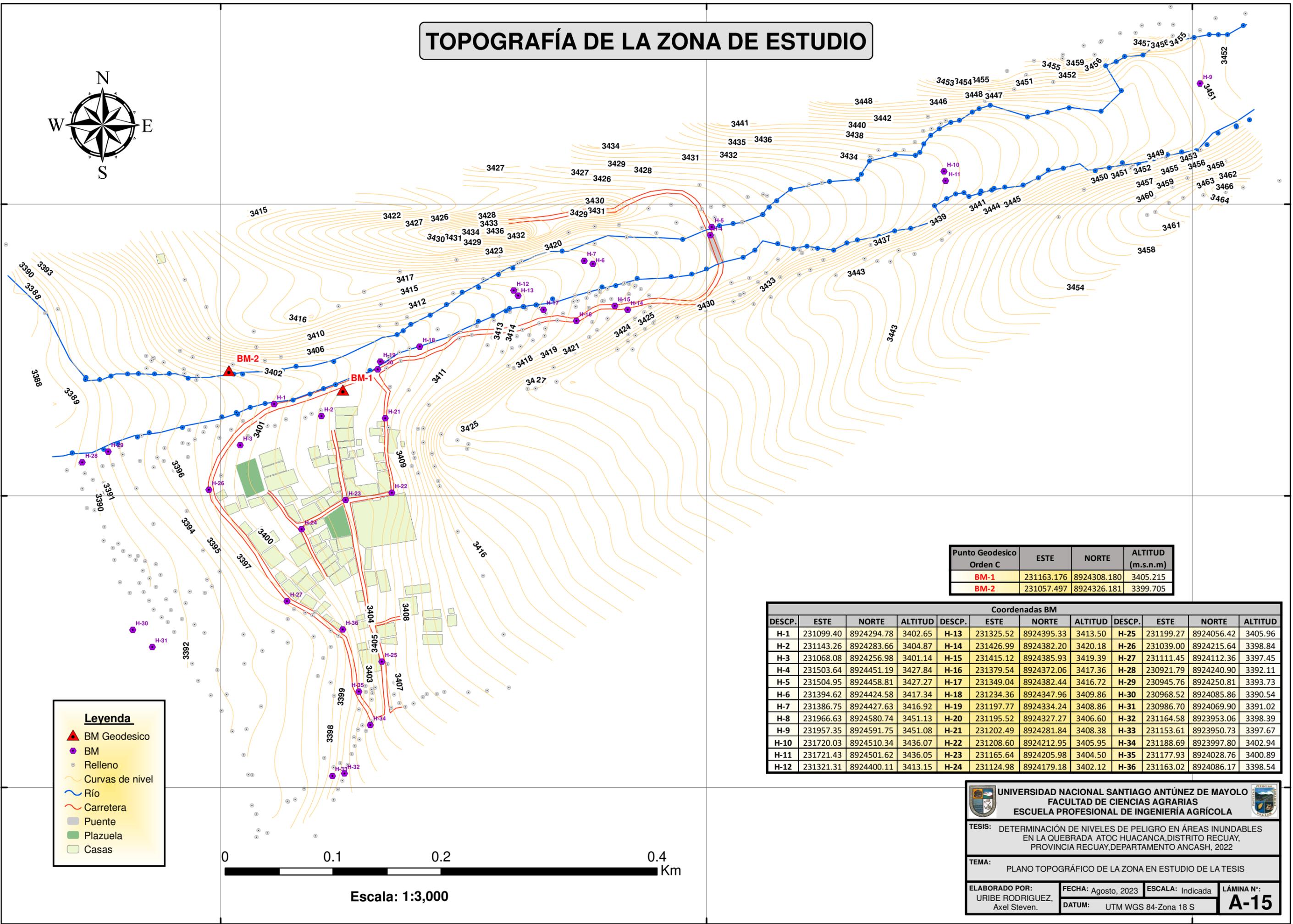
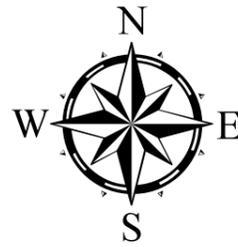
8924072

8924626

8924349

8924072

# TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

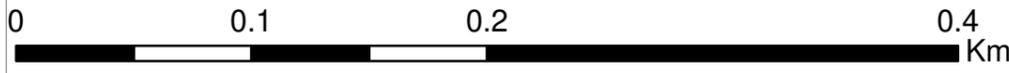


**Leyenda**

- ▲ BM Geodesico
- BM
- Relleno
- Curvas de nivel
- Río
- Carretera
- Puente
- Plazuela
- Casas

Punto Geodesico	ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m)
<b>BM-1</b>	231163.176	8924308.180	3405.215
<b>BM-2</b>	231057.497	8924326.181	3399.705

Coordenadas BM											
DESCP.	ESTE	NORTE	ALTITUD	DESCP.	ESTE	NORTE	ALTITUD	DESCP.	ESTE	NORTE	ALTITUD
H-1	231099.40	8924294.78	3402.65	H-13	231325.52	8924395.33	3413.50	H-25	231199.27	8924056.42	3405.96
H-2	231143.26	8924283.66	3404.87	H-14	231426.99	8924382.20	3420.18	H-26	231039.00	8924215.64	3398.84
H-3	231068.08	8924256.98	3401.14	H-15	231415.12	8924385.93	3419.39	H-27	231111.45	8924112.36	3397.45
H-4	231503.64	8924451.19	3427.84	H-16	231379.54	8924372.06	3417.36	H-28	230921.79	8924240.90	3392.11
H-5	231504.95	8924458.81	3427.27	H-17	231349.04	8924382.44	3416.72	H-29	230945.76	8924250.81	3393.73
H-6	231394.62	8924424.58	3417.34	H-18	231234.36	8924347.96	3409.86	H-30	230968.52	8924085.86	3390.54
H-7	231386.75	8924427.63	3416.92	H-19	231197.77	8924334.24	3408.86	H-31	230986.70	8924069.90	3391.02
H-8	231966.63	8924580.74	3451.13	H-20	231195.52	8924327.27	3406.60	H-32	231164.58	8923953.06	3398.39
H-9	231957.35	8924591.75	3451.08	H-21	231202.49	8924281.84	3408.38	H-33	231153.61	8923950.73	3397.67
H-10	231720.03	8924510.34	3436.07	H-22	231208.60	8924212.95	3405.95	H-34	231188.69	8923997.80	3402.94
H-11	231721.43	8924501.62	3436.05	H-23	231165.64	8924205.98	3404.50	H-35	231177.93	8924028.76	3400.89
H-12	231321.31	8924400.11	3413.15	H-24	231124.98	8924179.18	3402.12	H-36	231163.02	8924086.17	3398.54



Escala: 1:3,000

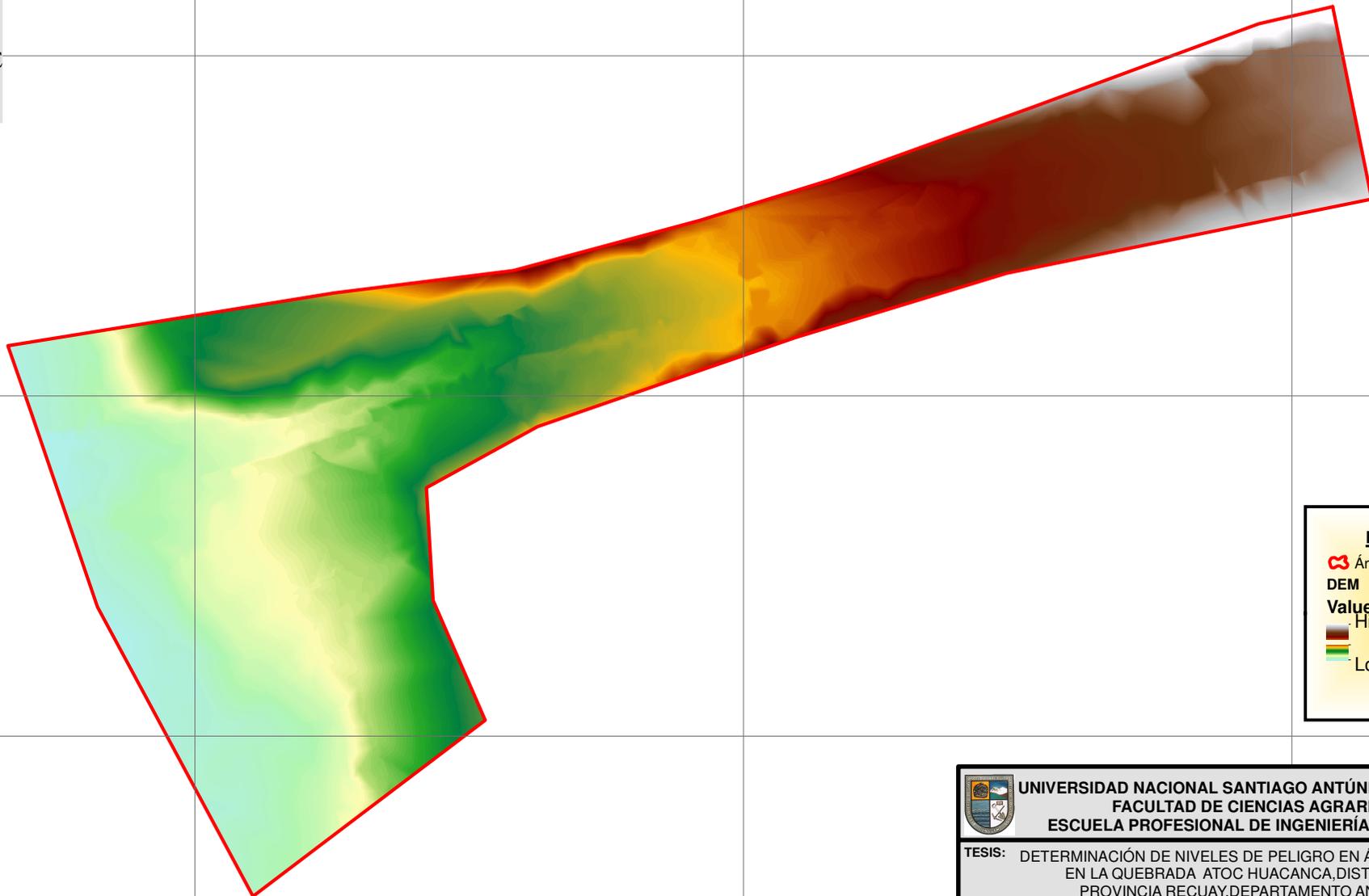
**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO DE LA TESIS

ELABORADO POR: URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	FECHA: Agosto, 2023	ESCALA: Indicada	LÁMINA N°: <b>A-15</b>
DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S			

# MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM)



**Legenda**

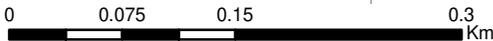
📍 Área en estudio

**DEM**

**Value**

High : 3479.21

Low : 3389.3



Escala: 1:5,000

				<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b>							
				<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>							
				<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</b>							
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022											
<b>TEMA:</b> MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM) DE LA ZONA EN ESTUDIO											
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.		<b>FECHA:</b> Agosto, 2023		<b>ESCALA:</b> Indicada		<b>LÁMINA N°:</b>					
		<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S				<b>A-16</b>					

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

8924072

231050

231500

231950

231050

231500

231950

# COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING



8924626

8924626

8924349

8924349

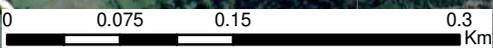
8924072

8924072

Zona de Estudio	Rugosidad de Manning (n)	Descripción
Cauce del Río	0.038	Grava gruesa, poca vegetación
Árboles	0.100	Algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales
Matorrales	0.050	Matorrales dispersos, mucha maleza
Pastizales	0.025	Pastos cortos sin matorrales
Terreno con troncos	0.040	Troncos sin retoños
Viviendas	0.030	Escasa presencia de árboles

**Legenda**

- Cauce del Río
- Árboles
- Matorrales
- Pastizales
- Terreno con troncos
- Viviendas



Escala: 1:5,000

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING DE LA ZONA EN ESTUDIO

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-17</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

231050

231500

231950

# TIRANTE DE AGUA TR=50 AÑOS



8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

8924072

## Leyenda

### Tirante de Agua (m)

0.01-0.33

0.33-0.64

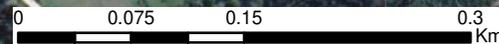
0.64-0.96

0.96-1.27

1.27-1.59

Río

Área de estudio



Escala: 1:5,000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: TIRANTE DE NIVEL DEL AGUA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

ELABORADO POR:  
URIBE RODRIGUEZ,  
Axel Steven.

FECHA: Febrero, 2024  
DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

ESCALA: Indicada

LÁMINA N°:  
**A-18**

231050

231500

231950

231050

231500

231950

# TIRANTE DE AGUA TR=100 AÑOS



8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

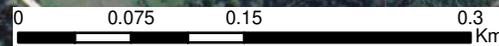
8924072

### Leyenda

#### Tirante de Agua (m)

-  0.01-0.39
-  0.39-0.76
-  0.76-1.14
-  1.14-1.51
-  1.51-1.89

-  Río
-  Área de estudio



Escala: 1:5,000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: TIRANTE DE NIVEL DEL AGUA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

ELABORADO POR:  
 URIBE RODRIGUEZ,  
 Axel Steven.

FECHA: Febrero, 2024  
 DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

ESCALA: Indicada

LÁMINA N°:  
**A-19**

231050

231500

231950

231050

231500

231950

# TIRANTE DE AGUA TR=200 AÑOS



8924626

8924626

8924349

8924349

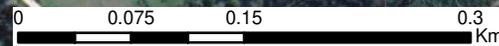
8924072

8924072

### Legenda

#### Tirante de Agua (m)

-  0.01-0.42
-  0.42-0.84
-  0.84-1.25
-  1.25-1.67
-  1.67-2.08
-  Río
-  Área de estudio



Escala: 1:5,000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: TIRANTE DE NIVEL DEL AGUA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 200 AÑOS

ELABORADO POR:  
 URIBE RODRIGUEZ,  
 Axel Steven.

FECHA: Febrero, 2024  
 DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

ESCALA: Indicada

LÁMINA N°:  
**A-20**

231050

231500

231950

231050

231500

231950

# TIRANTE DE AGUA TR=500 AÑOS



8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

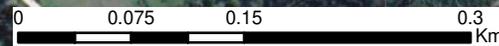
8924072

### Levenda

#### Tirante de Agua (m)

-  0.01-0.50
-  0.50-0.99
-  0.99-1.48
-  1.48-1.97
-  1.97-2.46

-  Río
-  Área de estudio



Escala: 1:5,000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS: DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

TEMA: TIRANTE DE NIVEL DEL AGUA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

ELABORADO POR:  
 URIBE RODRIGUEZ,  
 Axel Steven.

FECHA: Febrero, 2024  
 DATUM: UTM WGS 84-Zona 18 S

ESCALA: Indicada

LÁMINA N°:  
**A-21**

231050

231500

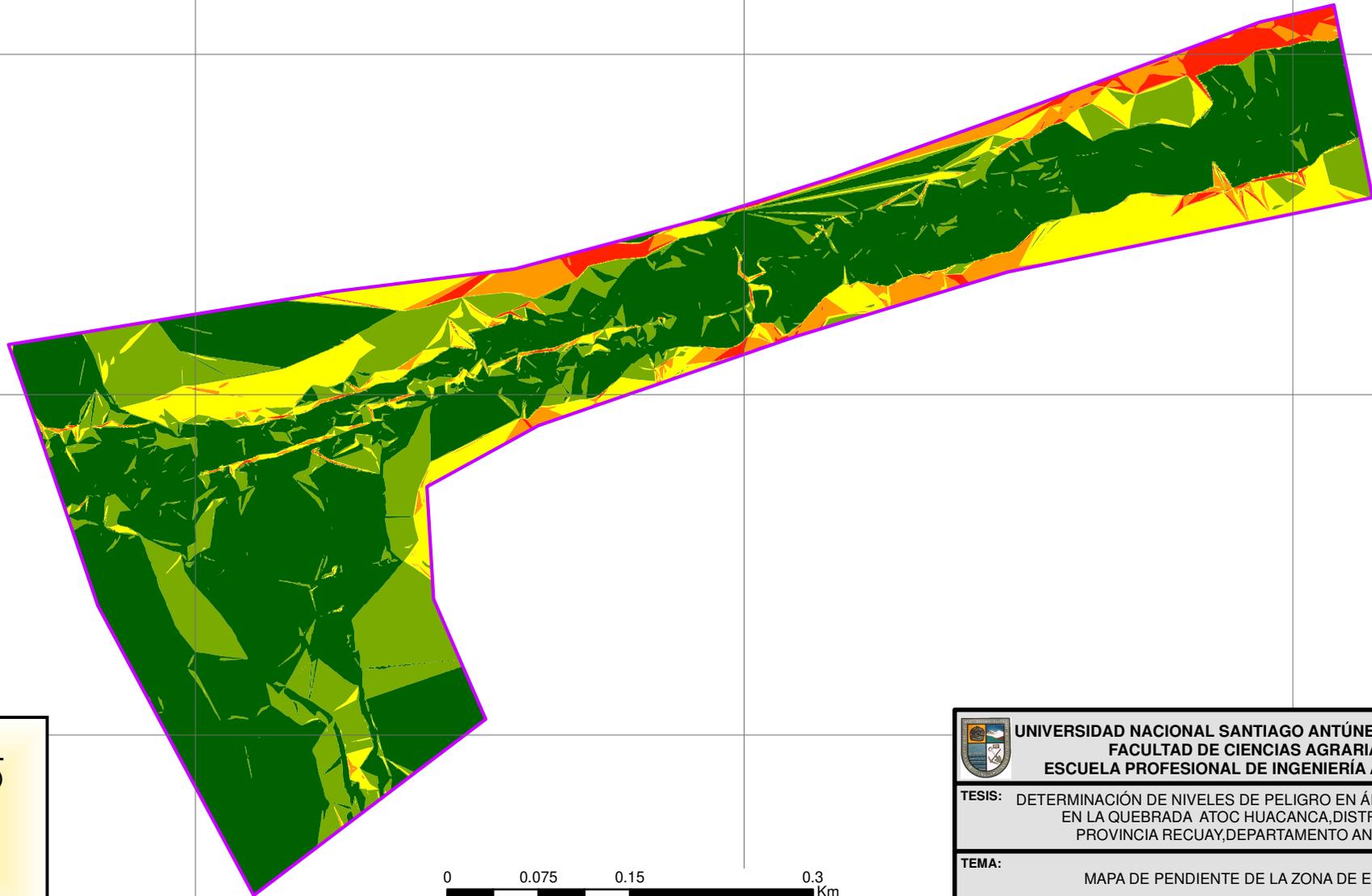
231950

231050

231500

231950

# PENDIENTE DE LA ZONA DE ESTUDIO



8924626

8924626

8924349

8924349

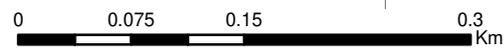
8924072

8924072

**Levenda**

**Pendiente (°)**

- 0°-7°
- 7°-15°
- 15°-28°
- 28°-40°
- >40°
- Área de estudio



Escala: 1:5,000

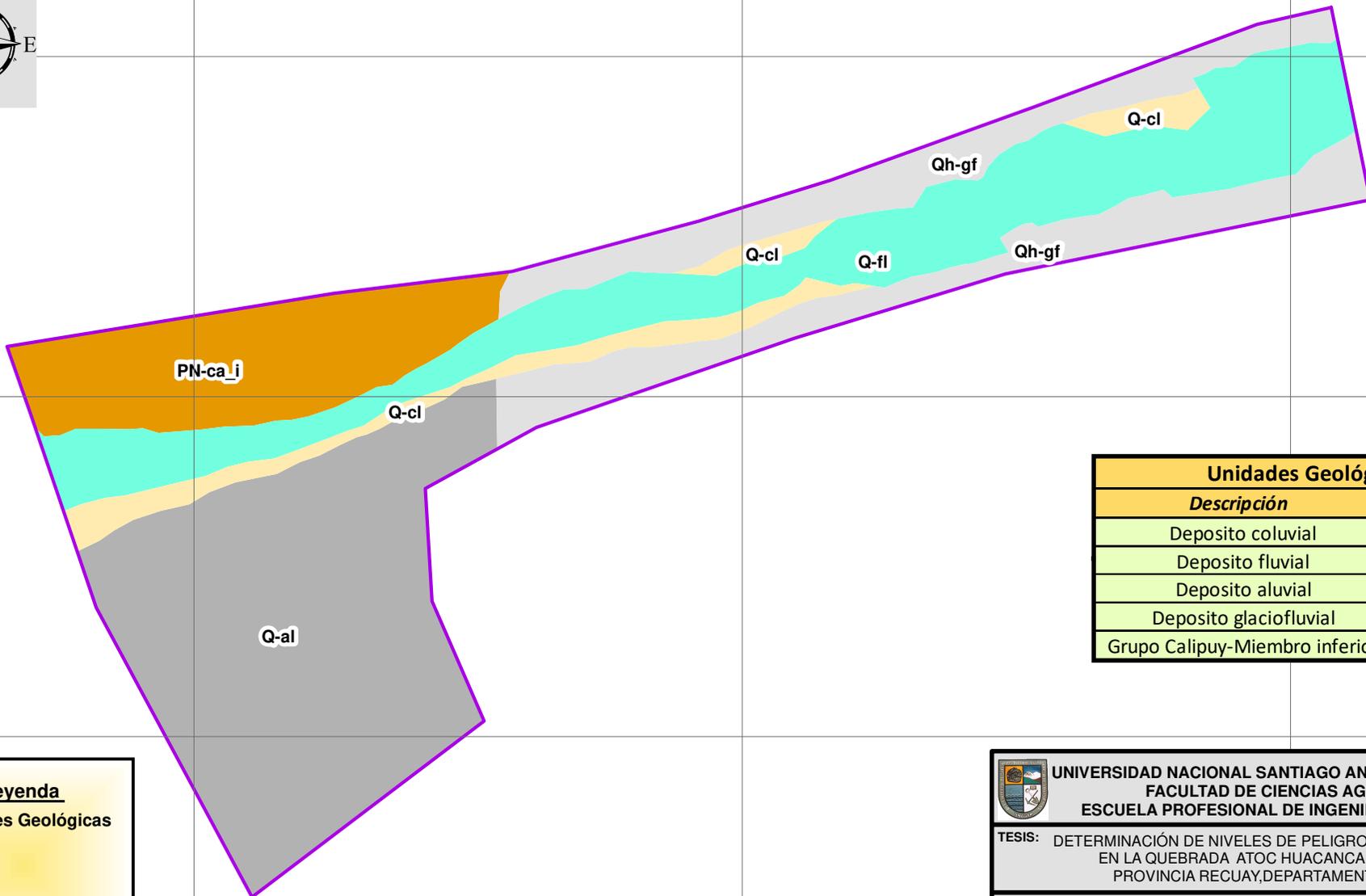
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA				
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022				
<b>TEMA:</b> MAPA DE PENDIENTE DE LA ZONA DE ESTUDIO				
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-22</b>	
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S				

231050

231500

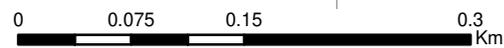
231950

# GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO



Unidades Geológicas	
Descripción	Simbología
Deposito coluvial	Q-cl
Deposito fluvial	Q-fl
Deposito aluvial	Q-al
Deposito glaciofluvial	Qh-gf
Grupo Calipuy-Miembro inferior	PN-ca_i

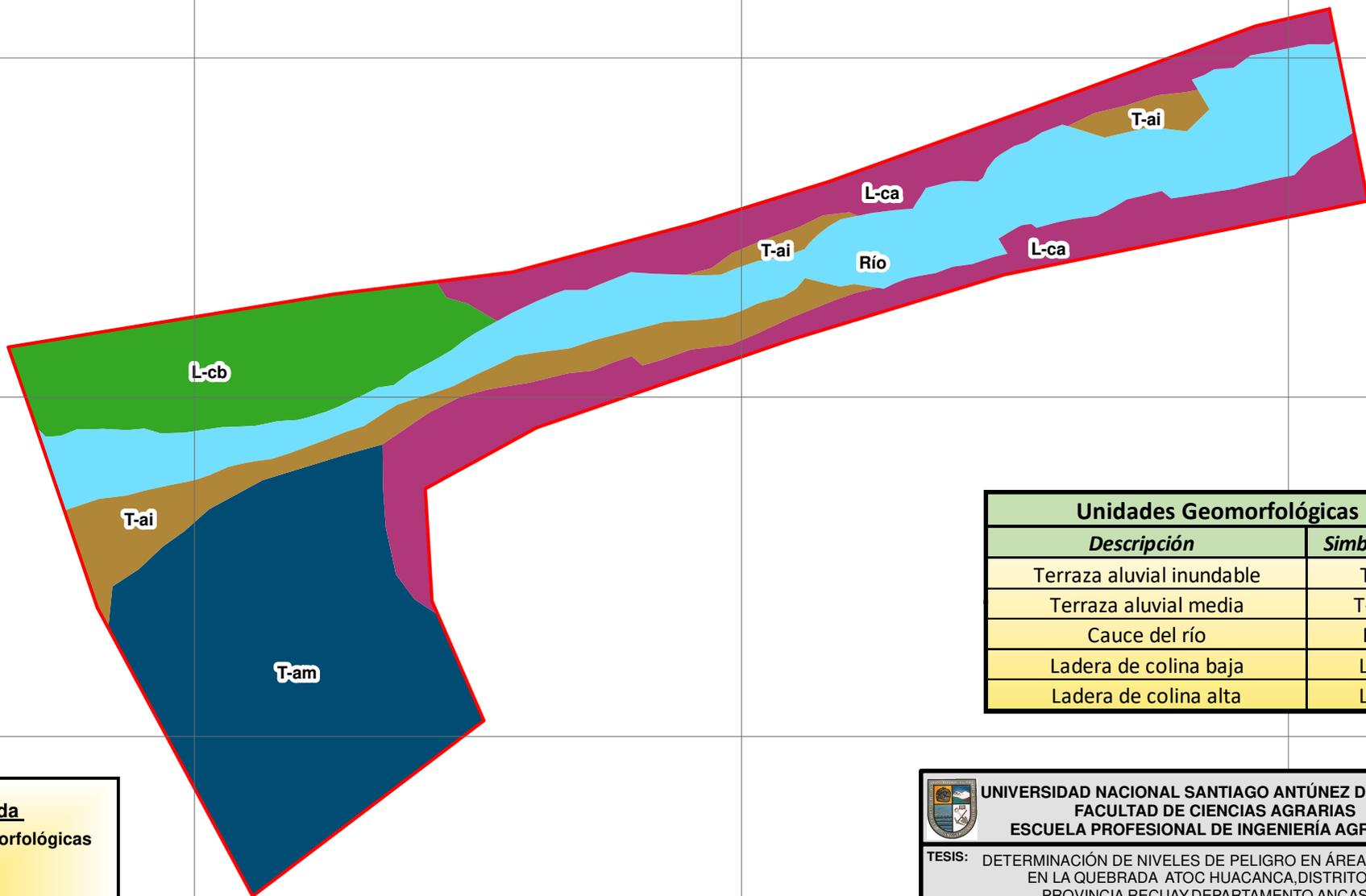
Leyenda	
Unidades Geológicas	
	Q-cl
	Q-fl
	Q-al
	Qh-gf
	PN-ca_i
	Área de estudio



Escala: 1:5,000

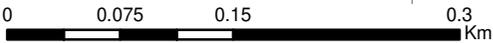
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</b>			
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-23</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

# GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO



Unidades Geomorfológicas	
Descripción	Simbología
Terraza aluvial inundable	T-ai
Terraza aluvial media	T-am
Cauce del río	Río
Ladera de colina baja	L-cb
Ladera de colina alta	L-ca

Levenda	
Unidades Geomorfológicas	
	T-ai
	T-am
	Río
	L-cb
	L-ca
	Área de estudio



Escala: 1:5,000

<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-24</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

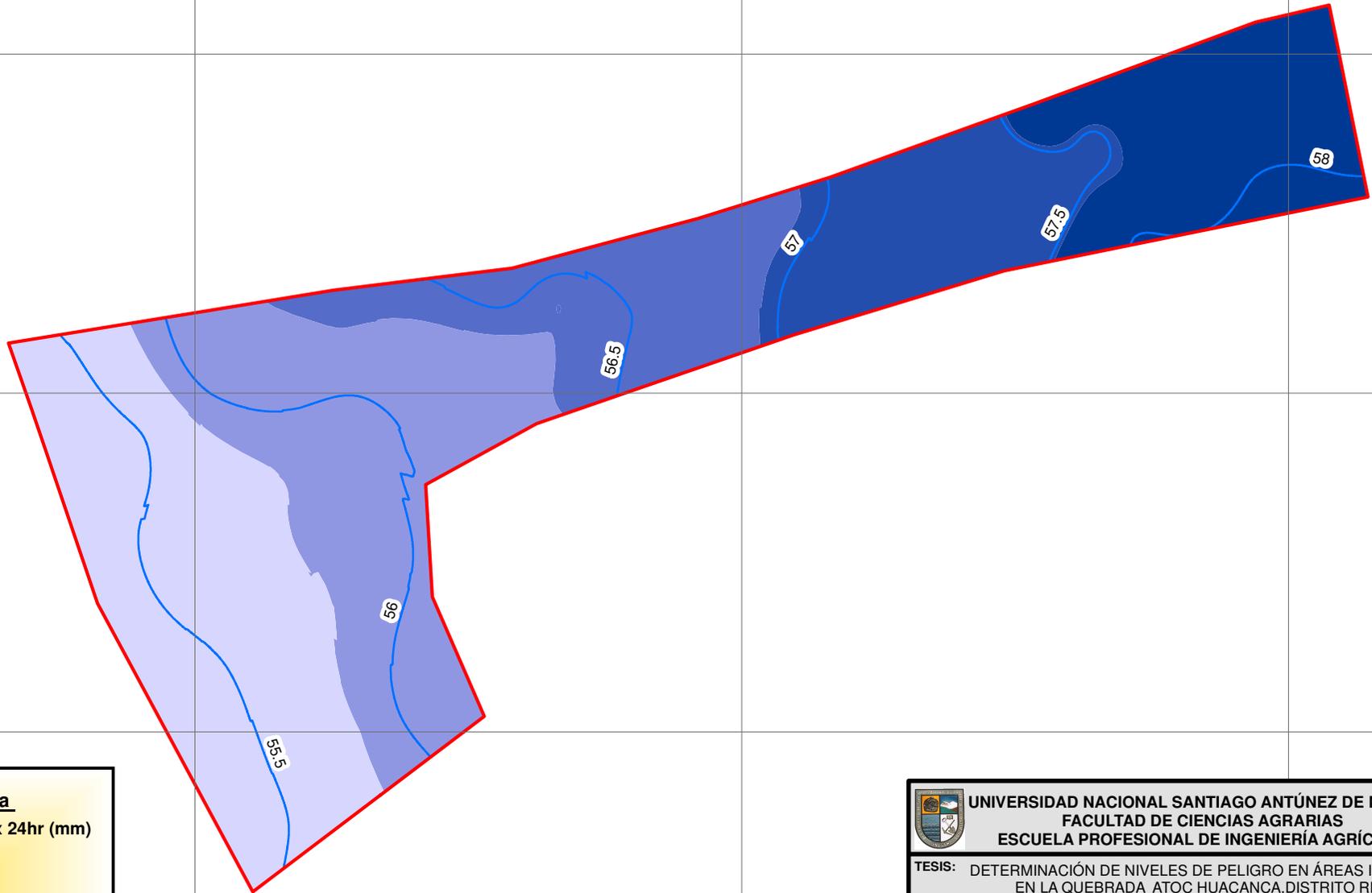
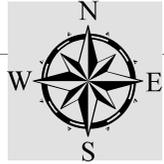
8924072

231050

231500

231950

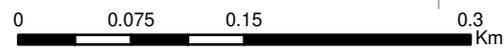
# PRECIPITACIÓN MÁXIMAS DE 24 HORAS TR=50 AÑOS DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Leyenda**

**Precipitación máx 24hr (mm)**

- 55.29-55.81
- 55.81-56.38
- 56.38-56.93
- 56.93-57.52
- 57.52-58.10
- Isolinneas
- Área de estudio



**Escala: 1:5,000**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=50 AÑOS			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A-25</span>
		<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S	

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

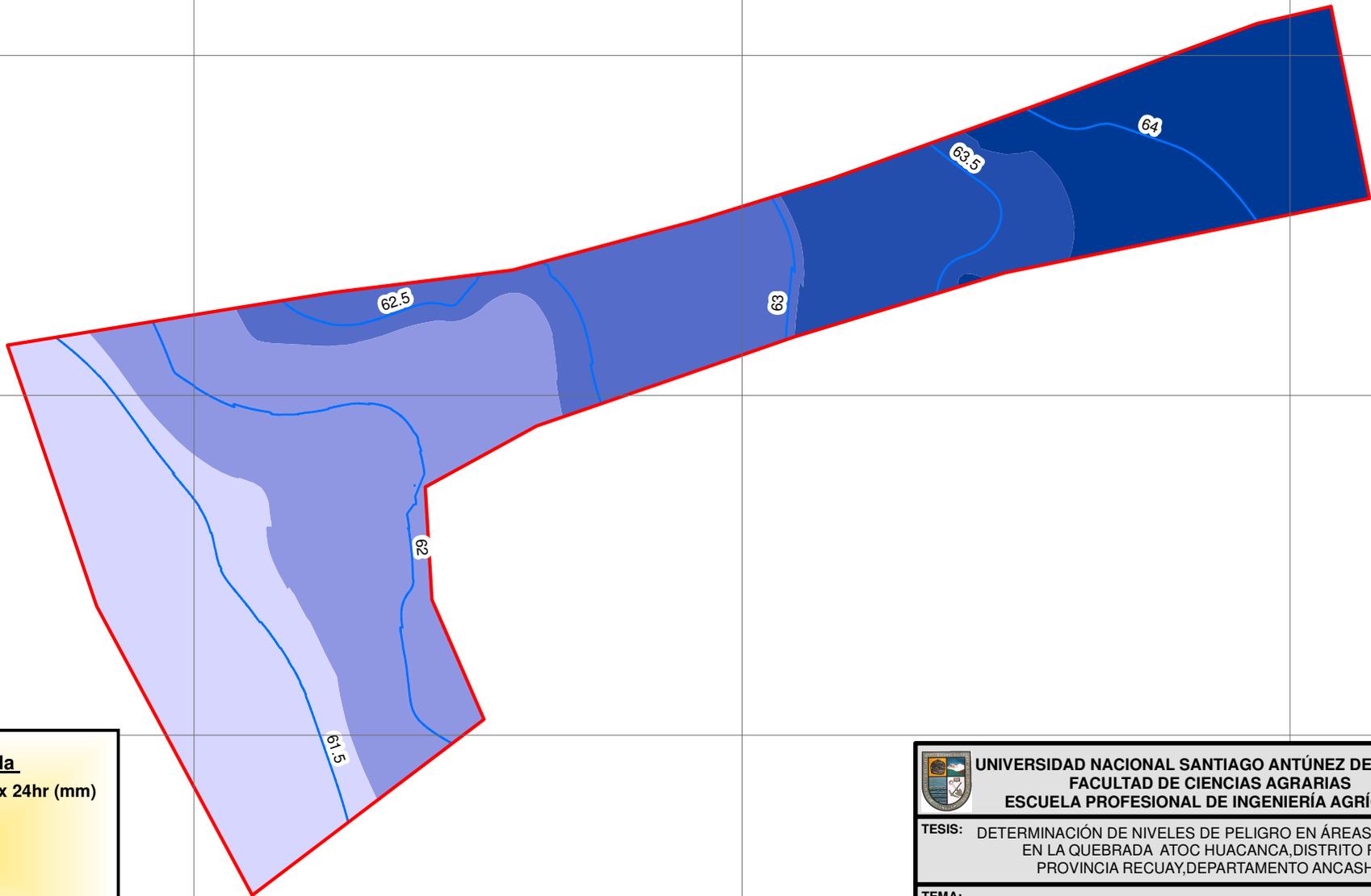
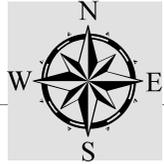
8924072

231050

231500

231950

# PRECIPITACIÓN MÁXIMAS DE 24 HORAS TR=100 AÑOS DE LA ZONA DE ESTUDIO



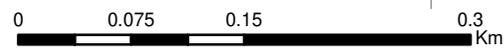
**Legenda**

**Precipitación máx 24hr (mm)**

- 60.93-61.64
- 61.64-62.38
- 62.38-63.02
- 63.02-63.63
- 63.63-64.48

Isolneas

Área de estudio



Escala: 1:5,000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</b>			
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=100 AÑOS			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b>
	<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S		<b>A-26</b>

8924626

8924349

8924072

231050

231500

231950

231050

231500

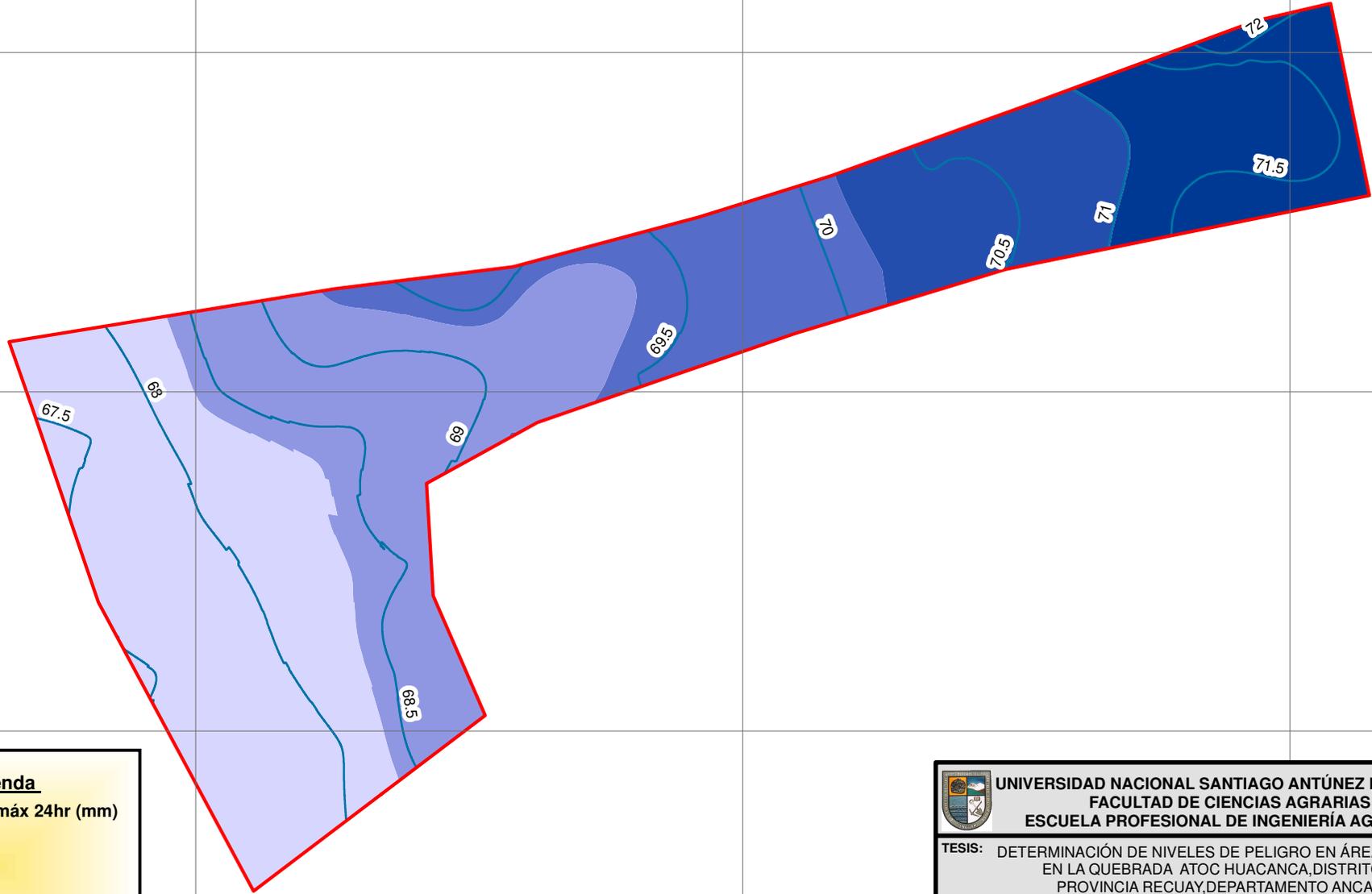
231950

8924626

8924349

8924072

# PRECIPITACIÓN MÁXIMAS DE 24 HORAS TR=200 AÑOS DE LA ZONA DE ESTUDIO



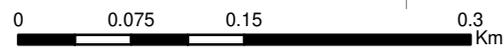
**Leyenda**

**Precipitación máx 24hr (mm)**

- 67.39-68.35
- 68.35-69.32
- 69.32-70.15
- 70.15-71.01
- 71.01-72.64

Isolneas

Área de estudio



Escala: 1:5,000

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</b>			
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=200 AÑOS			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-27</b>
		<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S	

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

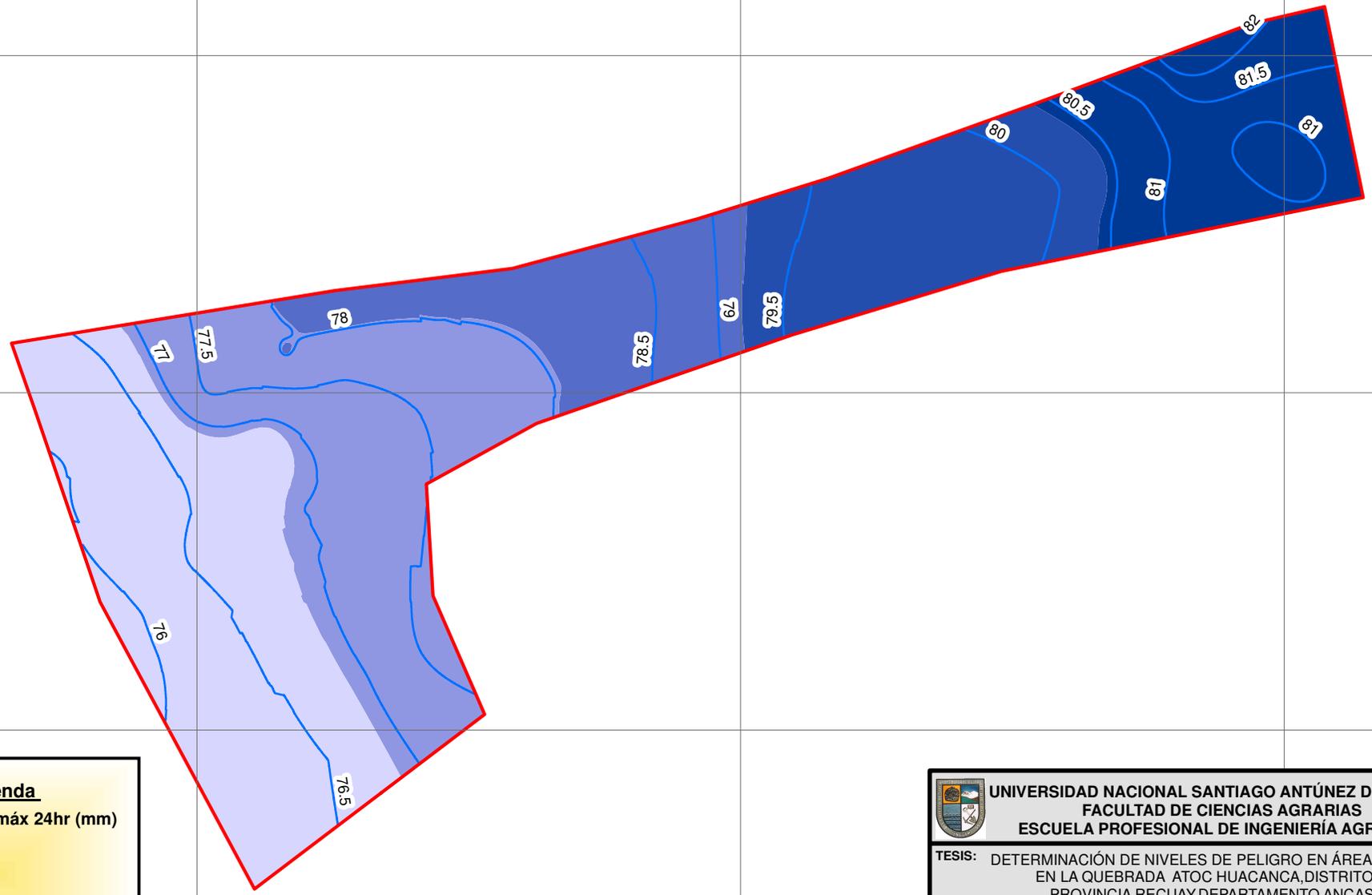
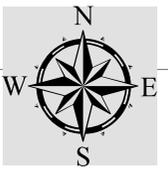
8924072

231050

231500

231950

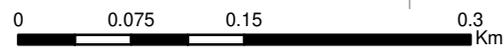
# PRECIPITACIÓN MÁXIMAS DE 24 HORAS TR=500 AÑOS DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Leyenda**

**Precipitación máx 24hr (mm)**

- 75.81-76.87
- 76.87-78.02
- 78.02-79.19
- 79.19-80.39
- 80.39-82.60
- Isolneas
- Área de estudio



**Escala: 1:5,000**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
<b>TESIS:</b> DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022			
<b>TEMA:</b> PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS TR=500 AÑOS			
<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Agosto, 2023	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">A-28</span>
		<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S	

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

8924072

231050

231500

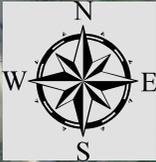
231950

231050

231500

231950

# NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=50 AÑOS



**Legenda**

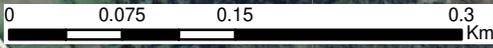
**Niveles de Peligro**

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	0	321.58	65.74	387.32
Cultivos	0	0	129.22	14.87	144.09
Carretera	0	18.54	147.33	5.62	171.49
Parque	0	0	0	0	0
Otros	0.11	587.47	3324.53	1049.22	4961.33
<b>Total</b>	<b>0.11</b>	<b>606.01</b>	<b>3922.65</b>	<b>1135.46</b>	<b>5664.23</b>

**Legenda**

- Río
- Área de cultivo
- Plazas
- Viviendas
- Carretera



Escala: 1:5,000

**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=50 AÑOS

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Febrero, 2024	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-29</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

8924626

8924349

8924072

8924626

8924349

8924072

# NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=100 AÑOS



**Leyenda**

**Nivel de Peligro**

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	0	568.24	10.60	578.84
Cultivos	0	24.85	491.48	13.22	529.55
Carretera	0	99.03	294.74	0.49	394.26
Parque	0	0	0	0	0
Otros	2.80	1631.69	7008.98	379.80	9023.27
<b>Total</b>	<b>2.80</b>	<b>1755.57</b>	<b>8363.44</b>	<b>404.11</b>	<b>10525.92</b>

**Leyenda**

- Río
- Área de cultivo
- Plazas
- Viviendas
- Carretera



Escala: 1:5,000



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=100 AÑOS

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Febrero, 2024	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-30</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

231050

231500

231950

8924626

8924349

8924072

8924626

8924349

8924072

231050

231500

231950

# NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=200 AÑOS



**Leyenda**

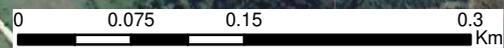
**Nivel de Peligro**

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	136.56	878.33	0	1014.89
Cultivos	0	9.21	923.93	0	933.14
Carretera	0	14.81	512.38	0	527.19
Parque	0	0	0	0	0
Otros	2.08	1544.00	10371.81	199.92	12117.81
<b>Total</b>	<b>2.08</b>	<b>1704.58</b>	<b>12686.45</b>	<b>199.92</b>	<b>14593.03</b>

**Leyenda**

- Río
- Área de cultivo
- Plazas
- Viviendas
- Carretera



Escala: 1:5,000



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=200 AÑOS

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Febrero, 2024	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-31</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

8924626

8924349

8924072

8924626

8924349

8924072

# NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=500 AÑOS



**Legenda**

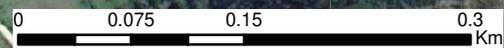
**Nivel de Peligro**

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

Descripción	Área de los Niveles de Peligro (m <sup>2</sup> )				Total
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	
Viviendas	0	280.63	1230.13	16.40	1527.16
Cultivos	0	193.52	1042.26	34.46	1270.24
Carretera	0	73.28	1227.54	2.01	1302.83
Parque	0	0	21.56	0	21.56
Otros	9.31	1338.61	17979.61	771.19	20098.72
<b>Total</b>	<b>9.31</b>	<b>1886.04</b>	<b>21501.10</b>	<b>824.06</b>	<b>24220.51</b>

**Legenda**

- Río
- Área de cultivo
- Plazas
- Viviendas
- Carretera



Escala: 1:5,000



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**TESIS:** DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PELIGRO EN ÁREAS INUNDABLES EN LA QUEBRADA ATOC HUACANCA, DISTRITO RECUAY, PROVINCIA RECUAY, DEPARTAMENTO ANCASH, 2022

**TEMA:** NIVELES DE PELIGRO POR INUNDACIÓN TR=500 AÑOS

<b>ELABORADO POR:</b> URIBE RODRIGUEZ, Axel Steven.	<b>FECHA:</b> Febrero, 2024	<b>ESCALA:</b> Indicada	<b>LÁMINA N°:</b> <b>A-32</b>
<b>DATUM:</b> UTM WGS 84-Zona 18 S			

231050

231500

231950

8924626

8924626

8924349

8924349

8924072

8924072

231050

231500

231950