

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

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



**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LÍNEA DE  
ADUCCIÓN, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

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

**PRESENTADO POR:**

**LÓPEZ VEGA, JHULIANA VICTORIA**

**HUARAZ - ANCASH - PERÚ**

**2019**



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: JHULIANA VICTORIA LÓPEZ VEGA  
Código de alumno: 111.0304.346 Teléfono: 937651339  
Correo electrónico: [jhuliana09lv@gmail.com](mailto:jhuliana09lv@gmail.com) DNI o Extranjería: 71445623

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

( ) Trabajo de investigación ( ) Trabajo académico  
( ) Trabajo de suficiencia profesional (x) Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

( ) Bachiller (x) Título ( ) Segunda especialidad  
( ) Licenciado ( ) Magister ( ) Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LÍNEA DE ADUCCIÓN, DEL DISTRITO DE  
POMABAMBA-ANCASH, 2019”

**5. Facultad de:** Ciencias Agrarias

**6. Escuela, Carrera o Programa:** Ingeniería Agrícola

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: Aparicio Roque Fidel Gregorio Teléfono: 945122204  
Correo electrónico: [fgar\\_58@hotmail.com](mailto:fgar_58@hotmail.com) DNI o Extranjería: 31672306

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

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

Firma: .....  
D.N.I.: 71445623

FECHA: 07 / 02 / 2020



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 SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros de Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola JHULIANA VICTORIA LÓPEZ VEGA, denominado "ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LÍNEA DE ADUCCIÓN, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019", escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..Aprobada.....

CON EL CALIFICATIVO (\*)

..Dieciséis.....(16)..

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de 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, 13 de Enero del 2020

Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY  
PRESIDENTE

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA  
SECRETARIO

Mag. AMANCIO SALAZAR GARAY  
VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO  
ROQUE  
PATROCINADOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, estas 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: "ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LÍNEA DE ADUCCIÓN, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019", presentada por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola JHULIANA VICTORIA LÓPEZ VEGA, y sustentada el día 13 de enero del 2020, por Resolución Decanatural N°004-2020-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 13 de Enero del 2020

Dr. Tito Moner Tinoco Meyhuay  
PRESIDENTE

Mag. Javier Alberto Cotos Vera  
SECRETARIO

Mag. Amancio Salazar Garay  
VOCAL

Dr. Fidel Gregorio Aparicio Roque  
PATROCINADOR





## **DEDICATORIA**

A mis padres Roberto y Elsa,  
y a mis hermanos Meily, Sunmy y Andy

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo y en especial a la escuela profesional de Ingeniería Agrícola.

A mi asesor el Dr. Fidel Aparicio Roque por brindarme su tiempo, antes y durante el proceso de elaboración de la tesis.

A mis jurados de tesis: Dr. Tito Moner Tinoco Meyhuay, Mag. Javier Alberto Cotos Vera y al Mag. Amancio Salazar Garay, por sus recomendaciones y correcciones.

A mis padres por ser mis guías y apoyarme en el proceso de reconocimiento y diagnóstico del área en estudio.

De igual forma, agradezco al joven Erick Toledo, por la paciencia, comprensión y el apoyo incondicional.

Finalmente agradezco a la municipalidad distrital de Pomabamba por brindarme la información necesaria para la realización de mi tesis.

## LISTA DE CONTENIDOS

PORTADA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
LISTA DE CONTENIDOS	IV
INDICE	V
CONTENIDO DE TABLAS	VIII
CONTENIDO DE FIGURAS	XI
ACRÓNIMOS	XIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XV

## ÍNDICE

CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivo especifico	2
CAPITULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes del tema.	3
2.2 Conceptos de análisis de riesgo.	5
2.2.1 Peligro o amenaza:	5
2.2.2 Vulnerabilidad.	11
2.2.3 Riesgo.	13
2.2.4 Gestión del riesgo de desastre.	13
2.3 Sistema de agua potable.	14
2.3.1 Agua potable.	14
2.3.2 Sistema de agua potable con tratamiento.	14
2.3.3 Partes del sistema de agua potable.	14
2.4 Análisis de riesgo para el proyecto del sistema de agua potable.	16
2.4.1 Análisis de peligro.	16
2.4.2 Análisis de vulnerabilidad.	19
2.4.3 Análisis de Riesgo.	19
2.5 Método multicriterio.	20
2.6 Definición de términos básicos.	26
CAPITULO III	28
MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Materiales.	28
3.1.1 Cartografía.	28
3.1.2 Información pluviométrica e hidrométrica.	29
3.2 Métodos	30
3.2.1 Descripción de la zona de estudio.	30



3.2.2	Flujograma.	31
CAPITULO IV		49
RESULTADOS Y DISCUSIONES		49
4.1	Análisis del peligro por movimiento de masa.	49
4.2	Evaluación del peligro por movimiento de masa.	49
4.2.1	Parámetros de evaluación del fenómeno.	49
4.2.2	Análisis de los factores condicionantes.	50
4.2.3	Análisis de los factores desencadenante.	53
4.2.4	Análisis de parámetros de los factores condicionantes.	54
4.2.5	Niveles de peligro.	54
4.2.6	Estratigrafía de los niveles de peligro.	55
4.2.7.	Análisis de elementos expuestos: sistema de abastecimiento de agua potable.	56
4.3	Análisis de la vulnerabilidad.	56
4.3.1	Vulnerabilidad en la dimensión física de la captación.	57
4.3.2	Vulnerabilidad en la dimensión física del canal abierto.	64
4.3.3	Vulnerabilidad en la dimensión física de la planta de tratamiento de agua potable.	65
4.3.4	Vulnerabilidad en la dimensión física del canal cerrado (tubería).	66
4.3.5	Vulnerabilidad en la dimensión física del reservorio.	67
4.3.6	Análisis de los factores de la vulnerabilidad.	68
4.3.7	Niveles de vulnerabilidad.	69
4.3.8	Cálculo de vulnerabilidad por cada componente ante el peligro de movimiento de masa.	70
4.3.9	Estratificación de la vulnerabilidad para cada uno de los componentes.	71
4.4	Determinación de los niveles de riesgo por movimiento de masa en el área de estudio.	73
4.4.1	Rangos y niveles de riesgo	73
4.1.1	Mapa de Riesgo.	74
4.1.2	Estratificación de Riesgo.	74
4.1.3	Matriz de Riesgo.	76
4.1.4	Cálculo de efectos probables.	77
4.1.5	Control de Riesgo.	77
4.1.6	Propuesta de medidas de control para prevenir y reducir los daños causados por los peligros por movimiento de masa.	81
CAPITULO V		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		83
5.1	Conclusiones.	83

5.2	Recomendaciones.	84
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	ANEXOS	88

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de movimiento de masa	7
Tabla 2. Escala de Saaty.	21
Tabla 3. Valores del índice aleatorio para los diferente “n”.	25
Tabla 4. Cartografía	29
Tabla 5. Estaciones meteorológicas.	29
Tabla 6. Ubicación del proyecto.	30
Tabla 7. Geología y susceptibilidad.	34
Tabla 8. Geomorfología y susceptibilidad	36
Tabla 9. Pendiente y susceptibilidad	37
Tabla 10. Cobertura vegetal y susceptibilidad	37
Tabla 11. Estaciones Hidrometeorológicas empleadas para la elaboración de isoyetas- Precipitación media de los meses de lluvia (mm).	38
Tabla 12. Precipitación y susceptibilidad	41
Tabla 13. Matriz de comparación de pares del parámetro frecuencia.	50
Tabla 14. Matriz de Normalización del parámetro frecuencia.	50
Tabla 15. Matriz de comparación de pares del parámetro geología.	51
Tabla 16. Matriz de Normalización del parámetro geología.	51
Tabla 17. Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.	51
Tabla 18. Matriz de Normalización del parámetro pendiente.	52
Tabla 19. Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología.	52
Tabla 20. Matriz de Normalización del parámetro geomorfología.	52
Tabla 21. Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura vegetal	53
Tabla 22. Matriz de Normalización del parámetro cobertura vegetal.	53
Tabla 23. Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.	53
Tabla 24. Matriz de Normalización del parámetro precipitación.	54
Tabla 25. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes.	54
Tabla 26. Matriz de Normalización de los parámetros condicionantes.	54
Tabla 27. Niveles de Peligro.	55
Tabla 28. Estratificación de peligro	55
Tabla 29. Elementos expuestos.	56
Tabla 30. Matriz de comparación de pares del parámetro nivel de exposición al peligro de movimiento de masa.	57
Tabla 31. Matriz de Normalización del parámetro exposición al peligro de movimiento de masa.	57
Tabla 32. Matriz de comparación de pares del parámetro fragilidad física.	58

Tabla 33. Matriz de Normalización del parámetro fragilidad física.	58
Tabla 34. Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación.	58
Tabla 35. Matriz de Normalización del parámetro estado de conservación.	59
Tabla 36. Matriz de comparación de pares del parámetro antigüedad de la infraestructura.	59
Tabla 37. Matriz de Normalización del parámetro antigüedad de la infraestructura.	59
Tabla 38. Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural de la captación.	60
Tabla 39. Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural de la captación.	60
Tabla 40. Matriz de comparación de pares del parámetro resiliencia física.	61
Tabla 41. Matriz de Normalización del parámetro resiliencia física.	61
Tabla 42. Matriz de comparación de pares del parámetro mantenimiento del sistema	62
Tabla 43. Matriz de Normalización del parámetro mantenimiento de sistema	62
Tabla 44. Matriz de comparación de pares del parámetro estado de obra de protección.	62
Tabla 45. Matriz de Normalización del parámetro estado de obra de protección.	63
Tabla 46. Matriz de comparación de pares del parámetro operación del sistema.	63
Tabla 47. Matriz de Normalización del parámetro operación de sistema	64
Tabla 48. Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de material del canal abierto.	64
Tabla 49. Matriz de Normalización del parámetro tipo de material del canal abierto.	65
Tabla 50. Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural de la PTAP	65
Tabla 51. Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural de la PTAP.	66
Tabla 52. Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de material de la tubería	66
Tabla 53. Matriz de Normalización del parámetro tipo de material de la tubería.	67
Tabla 54. Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural del reservorio	67
Tabla 55. Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural del reservorio.	68
Tabla 56. Matriz de comparación de pares del parámetro dimensión físico	68
Tabla 57. Matriz de Normalización del parámetro dimensión físico	68
Tabla 58. Cálculo de vulnerabilidad física – Captación.	70
Tabla 59. Cálculo de vulnerabilidad física – Canal abierto.	70
Tabla 60. Cálculo de vulnerabilidad física – Planta de tratamiento de agua potable.	71
Tabla 61. Cálculo de vulnerabilidad física – Canal cerrado.	71
Tabla 62. Cálculo de vulnerabilidad física – Reservorio.	71
Tabla 63. Niveles de Vulnerabilidad – Captación.	69
Tabla 64. Niveles de Vulnerabilidad – Canal abierto.	69
Tabla 65. Niveles de Vulnerabilidad – PTAP	69
Tabla 66. Niveles de Vulnerabilidad – Canal cerrado	69



Tabla 67. Niveles de Vulnerabilidad – Reservorio	70
Tabla 68. Niveles de Vulnerabilidad	70
Tabla 69. Estratificación de vulnerabilidad-Captación	71
Tabla 70. Estratificación de vulnerabilidad-Canal abierto.	72
Tabla 71. Estratificación de vulnerabilidad-Plata de tratamiento de agua potable	72
Tabla 72. Estratificación de vulnerabilidad-Canal cerrado (tubería)	72
Tabla 73. Estratificación de vulnerabilidad-Reservorio.	72
Tabla 74. Cálculo de riesgo	73
Tabla 75. Niveles de Riesgo.	74
Tabla 76. Estratificación de Riesgo	74
Tabla 77. Matriz de riesgo (textual)	76
Tabla 78. Matriz de riesgo (numérico)	76
Tabla 79. Efectos probables de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	77
Tabla 80. Valoración de las consecuencias.	78
Tabla 81. Valoración de frecuencia de recurrencia.	79
Tabla 82. Matriz de consecuencia y daño.	80
Tabla 83. Nivel de consecuencias y daños.	80
Tabla 84. Nivel de priorización	80

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los fenómenos de origen natural e inducidos por la acción humana. ...5	5
Figura 2. Proceso de movimiento de masa, .....6	6
Figura 3. Factores que intervienen en el movimiento de masa .....6	6
Figura 4. Caída de rocas y colapso .....8	8
Figura 5. Esquema del vuelco en bloque.....8	8
Figura 6. Deslizamiento traslacional.....9	9
Figura 7. Deslizamiento rotacional .....9	9
Figura 8. Esquema de expansión lateral.....9	9
Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados .....10	10
Figura 10. Reptación.....10	10
Figura 11. Esquema de deformaciones gravitacionales profundas .....11	11
Figura 12. Partes del sistema de agua potable. ....14	14
Figura 13. Análisis de Susceptibilidad frente al movimiento de masa. ....17	17
Figura 14. Flujograma para estimar los niveles de riesgo. ....20	20
Figura 15. Flujograma metodológico a seguir para la toma de decisiones.....21	21
Figura 16. Flujograma del proceso de obtención de riesgo. ....31	31
Figura 17. Deposito coluvial aguas arriba de la captación, formación Santa-Carhuaz. ....32	32
Figura 18. Deposito fluvio-aluvial. ....33	33
Figura 19. Montaña estructura con laderas de fuerte pendiente en el margen izquierdo y derecho del rio Jancapampa. ....35	35
Figura 20. Terraza aluvial, su distribución superficial está circunscrita a los márgenes del rio Pomabamba y rio Jancapampa. ....36	36
Figura 21. Precipitación de la estación meteorológica 443 - Pomabamba .....39	39
Figura 22. Precipitación de la estación meteorológica 423 - Piscobamba .....39	39
Figura 23. Precipitación de la estación meteorológica 154111 - Sihuas .....39	39
Figura 24. Precipitación de la estación meteorológica 425 - Huari .....40	40
Figura 25. Precipitación de la estación meteorológica 154115 - Chavín .....40	40
Figura 26. Precipitación de la estación meteorológica - Huancas .....40	40
Figura 27. Precipitación de la estación meteorológica 154114 - Buldibuyo .....41	41
Figura 28. Captación. ....42	42
Figura 29. Agua arriba de la Captación.....43	43
Figura 30. Desarenador .....43	43
Figura 31. Canal abierto tapado con madera cubierto de tierra deslizada. ....44	44
Figura 32. Canal abierto tapado con madera cubierto de tierra deslizada. ....44	44
Figura 33. Canal abierto tapado con madera cubierto de tierra deslizada. ....44	44

Figura 34. Partidor de caudal.....	45
Figura 35. Desarenador. ....	46
Figura 36. Sedimentador primario. ....	46
Figura 37. Decantador y floculador. ....	46
Figura 38. Decantador y filtros rápidos.....	47
Figura 39. Línea de conducción (sifón invertido) - Pase aéreo. ....	47
Figura 40. Reservorio.....	48
Figura 41. Reservorio en mal estado.....	48
Figura 42. Ubicación de los peligros geológicos en el área de estudio .....	49

## ACRÓNIMOS

<b>ANA</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>CENEPRED</b>	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
<b>EIRD</b>	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
<b>EVAR</b>	Evaluación de Riesgos.
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
<b>GEOCATMIN</b>	Geológico y Catastral Minero
<b>GRD</b>	Gestión de Riesgos de Desastres.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>INGEMMET</b>	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<b>INDECI</b>	Instituto Nacional de Defensa Civil.
<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática.
<b>MINAM</b>	Ministerio de Ambiente.
<b>MTC</b>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
<b>PAJ</b>	Proceso de Análisis Jerárquico.
<b>SINAGERD</b>	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre.
<b>SENAMHI</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.



## RESUMEN

El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Pomabamba ha sufrido y sufre constantemente daños por fenómenos naturales principalmente por movimientos de masa, especialmente en las épocas de lluvias, este hecho ocasiona la disponibilidad de agua en cantidad suficiente para la población. La presente investigación tiene como finalidad estimar los niveles de riesgo del sistema de abastecimiento de agua potable desde la captación hasta la línea de aducción, en el distrito de Pomabamba, departamento de Ancash. Para el desarrollo de la investigación se siguió la metodología de Proceso Jerárquico (PAJ) que permite medir los criterios cuantitativos y cualitativos en una escala común. Como consecuencia del procesamiento de información el resultado, es la obtención del mapa de peligro por movimiento de masa, así mismos el mapa de vulnerabilidad en la dimensión física, como producto de ambos el mapa de riesgo; y los componentes caracterizados con los niveles de riesgo identificados, son acompañados con una propuesta de medidas estructurales y no estructurales para su prevención y reducción de riesgo según sea el estado que presenten. Se concluye que el mapa de riesgos por movimiento de masa del sistema de abastecimiento de agua potable estratifico 3 niveles de riesgo donde la captación se encuentra en un riesgo alto; el canal abierto, en un riesgo muy alto; la planta de tratamiento de agua potable, en un riesgo alto; canal cerrado, en un riesgo alto y el reservorio se encuentra en un riesgo medio.

**Palabra clave:** Peligro por movimiento de masa, vulnerabilidad, riesgo.

## ABSTRACT

The drinking water supply system of the city of Pomabamba has suffered and constantly suffers damage due to natural phenomena, mainly due to mass movements, especially in the rainy season, this fact causes the availability of water in sufficient quantity for the population. The purpose of this research is to estimate the risk levels of the drinking water supply system from the collection to the adduction line, in the Pomabamba district, Ancash department. For the development of the research, the methodology of the Hierarchical Process (PAJ) was followed, which allows quantitative and qualitative criteria to be measured on a common scale. As a result of the information processing, the result is the obtaining of the hazard map by mass movement, as well as the vulnerability map in the physical dimension, as a product of both the risk map; and the components characterized with the identified risk levels, are accompanied with a proposal of structural and non-structural measures for their prevention and risk reduction according to the state they present. It is concluded that the risk map by mass movement of the strategic drinking water supply system 3 levels of risk where the uptake is at a high risk; the open channel, at a very high risk; the drinking water treatment plant, at a high risk; Closed channel, at high risk and the reservoir is at medium risk.

**Key word:** Danger due to mass movement, vulnerability, risk.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

El agua se considera como el elemento básico de la vida y generalmente suele ser una gran limitación y preocupación después de un desastre. Las disponibilidades de agua en cantidad suficiente es un grave problema durante las etapas inmediatas a la ocurrencia de un evento adverso; por lo expuesto la presente investigación se refiere a la estimación del riesgo al que está expuesto el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de identificar y caracterizar el peligro, de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable expuestos en áreas de influencia de probable impacto por fenómenos de movimiento de masa, así como el análisis de vulnerabilidad en la dimensión física de los mismos, cálculo del riesgo y su respectivo control de riesgo.

Se siguió la metodología establecida por el CENEPRED en la segunda versión Manual para la Ejecución de Evaluación de Riesgos Originados por fenómenos Naturales, Proceso de Análisis Jerárquico Saaty (PAJ) que permite medir los criterios cuantitativos y cualitativos en una escala común, para obtener el mapa de peligros; de la misma forma para el análisis de la vulnerabilidad en la dimensión física, así obteniendo del producto de ambos el mapa de riesgos por movimiento de masa.

Tiene como finalidad estimar los niveles de riesgo del sistema de abastecimiento de aguas potable desde la captación hasta la línea de aducción, en el distrito de Pomabamba-Ancash.

Consta de cinco capítulos, la primera trata sobre la introducción, el segundo capítulo se refiere a la revisión de literatura, en el tercer capítulo es referente a materiales y método; en el capítulo cuatro, la aplicación de la metodología y explicación de los resultados de la investigación y por último en el capítulo cinco las conclusiones y recomendaciones.

### **1.1 Planteamiento del problema**

En la ciudad de Pomabamba, un considerable porcentaje de pérdidas y daños está asociado al proyecto de agua, en los últimos 10 años la población de Pomabamba es afectada por daños en la infraestructura de agua potable y ocasionando la disponibilidad del agua en cantidad suficiente.

## **Formulación del problema**

¿Cuáles serán los niveles de riesgo del sistema de abastecimiento de aguas potable desde la captación hasta la línea de aducción, del distrito de Pomabamba-Ancash, 2019?

### **1.2 Justificación.**

El análisis de riesgo, permite contar con una serie de herramientas para valorar a que riesgos están expuestos, las probabilidades de ocurrencia, como implementar un plan de respuestas al riesgo y como prevenir.

Por ello el presente estudio es importante realizar el análisis de peligro y vulnerabilidad porque es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con el objetivo de establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Estimar los niveles de riesgo del sistema de abastecimiento de aguas potable desde la captación hasta la línea de aducción, en el distrito de Pomabamba-Ancash, 2019.

#### **1.3.2 Objetivo específico**

- Determinar los niveles de peligro por movimiento de masa en el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.
- Determinar y analizar los niveles de vulnerabilidad física en el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.
- Estimar el riesgo por movimiento de masa en el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.
- Proponer medidas de control para mitigar los daños causados por los peligros de movimiento de masa en el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes del tema.

Cutihuanca, J. 2017. **Título:** “Análisis de riesgo y vulnerabilidad para el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Sandia – provincia de Sandia – Puno”. **Objetivo:** Analizar el grado de riesgo y vulnerabilidad al que expuesto el sistema de agua potable y alcantarillado en la Localidad de Sandía **Método:** En este contexto, se diseñó el análisis de riesgo y vulnerabilidad para el sistema de agua potable y alcantarillado de la Localidad de Sandia. Para empezar, se identifica los peligros, vulnerabilidades y el grado de riesgo., finalmente se desarrolla un plan de respuesta. **Conclusión:** La investigación indica que el sistema de agua potable y alcantarillado de la Localidad de Sandia está expuesto a un peligro alto en referencia a fenómenos naturales y expuesto a una vulnerabilidad medio de acuerdo a diagnósticos físico, político e institucional, operatividad, socio cultural, económica y ambiental e higiene en la localidad de Sandia; tiene una resiliencia medio es decir, puede hacer frente a cualquier evento y tiene un grado de riesgo medio al que está expuesto el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Sandía, se propone un plan de respuesta, plano de zonificación de peligros y actividades de concientización, capacitación y educación ambiental para conservar adecuadamente el sistema para prevenir y mitigar.

Salinas V. & Ventura M. 2010. **Título:** “Riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de agua potable y saneamiento: caso proyecto mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Oxapampa.”. **Objetivo:** Identificar los tipos de amenazas ambientales y la vulnerabilidad a que está sometido las inversiones de infraestructura de agua potable y saneamiento básico a nivel nacional y con aplicación al proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de Oxapampa”. **Método:** En este sentido se describe el contexto ambiental al que está sometido el territorio nacional, destacando los impactos ambientales vinculados a la infraestructura de agua potable y saneamiento básico; esto permite comprender tendencias que se pueden verificar analizando una infraestructura en particular. Para el efecto la metodología permite analizar las vulnerabilidades y riesgos de la infraestructura de agua potable y saneamiento básico de Oxapampa, **Conclusión:** la situación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Oxapampa presenta características que lo tipifican como una infraestructura y una inversión de alto riesgo ambiental.

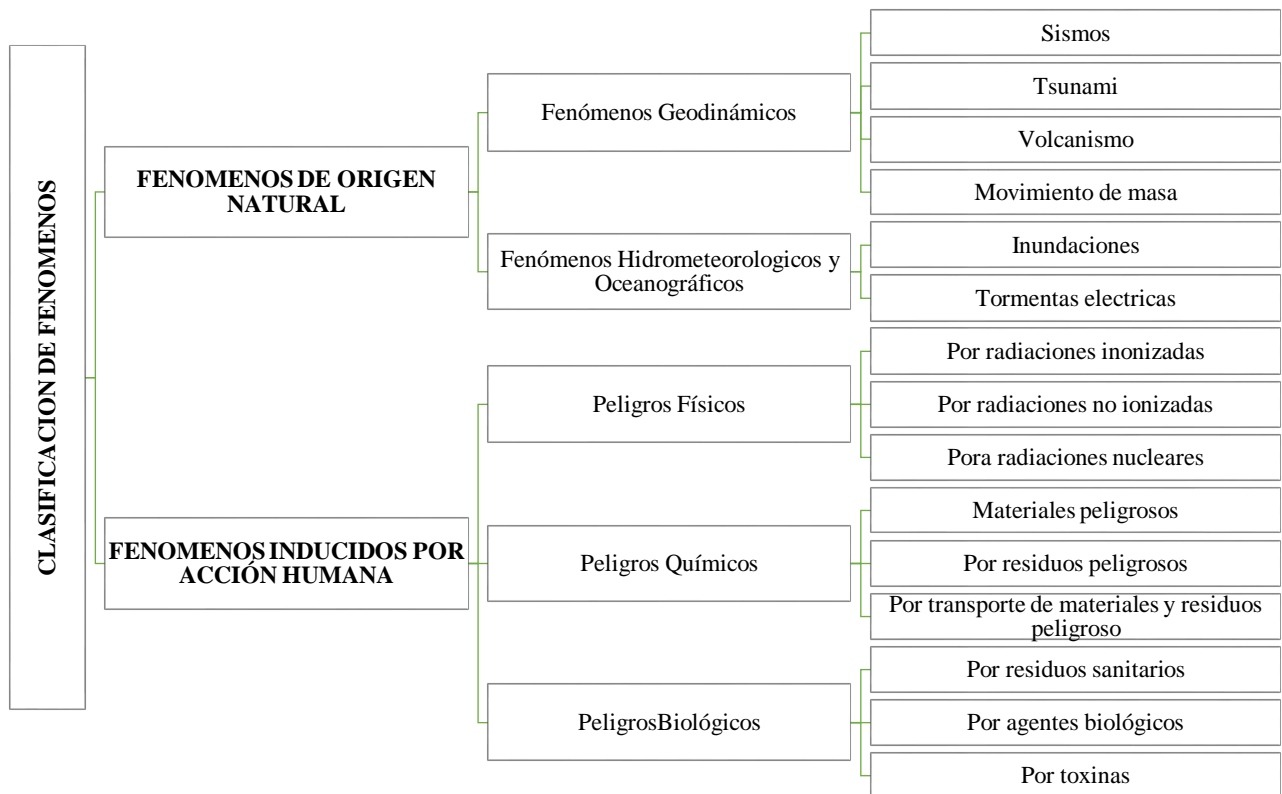
Tarazona, J. 2016. **Título:** “Estimación del riesgo por movimientos en masa en la Subcuenca del río Ancash - Yungay 2016.”. **Objetivo:** Estimar los niveles de riesgo por movimientos en masa en la subcuenca del río Ancash. **Método:** El estudio ha sido realizado con la metodología de “Proceso de Análisis Jerárquico” (PAJ) que permite medir los criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común obtener el mapa de peligros; de la misma forma se ha procedido para el análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social, económica y ambiental, obteniendo como producto el mapa de riesgos por movimientos en masa de la subcuenca del río Ancash en un nivel alto. **Conclusión:** Las áreas caracterizadas con los niveles de riesgo identificado, son acompañadas con una propuesta de medidas estructurales y no estructurales para su prevención y reducción del riesgo según sea el estado actual que presenten, buscando garantizar el desarrollo racional de las actividades socioeconómicas y ambientales de la población.

Dueñas, Y. 2016. **Título:** “Cálculo del nivel de riesgo por movimientos en masa (reptación) en las urbanizaciones de Santa Sebastiana, Julian h. Medrano, San Agustín I y II etapa, Apurímac, Miraflores, Santa Luisa, Gilber Urbiola Valer, Bellavista Alta, Asociación Nueva Unión – Limapata, Limapata Alta, Moyocorral Baja - Pisonaypata, Cesar Vallejo, San Luis Alta, San Luis Baja, Fonavi, Señor De Los Milagros, Micaela Bastidas, Benigno La Torre, Puca Puca, Sol Naciente, Señor De Huanca I Y II Etapa, Manuel Campos, San Sebastian Las Americas, Santa Gabina, Los Portales De Miraflores, Tierra Nueva, Los Angeles y Rosita– Centro Poblado De Las Americas - Distrito Abancay – Apurímac”. **Objetivo:** Cumplir con la Meta N° 27 “Actualización de la Información para la Gestión del Riesgo de Desastres” para Municipalidades de Ciudades Principales Tipo B en el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal del Año 2016. **Método:** El estudio ha sido realizado con la metodología de “Proceso de Análisis Jerárquico” (PAJ). **Conclusión:** El mapa del peligro fue determinado por el Programa de Ciudades Sostenibles PNUD-INDECI y de acuerdo a la ponderación de los factores condicionantes y desencadenantes el nivel es muy alto. Para el análisis de vulnerabilidad, se consideró las dimensiones económica y social. De la función del peligro y la vulnerabilidad se obtuvo los diferentes niveles de riesgos.

## 2.2 Conceptos de análisis de riesgo.

### 2.2.1 Peligro o amenaza:

El peligro se define como la probabilidad que un fenómeno físico potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos, la clasificación de los fenómenos se presenta en la figura 1. (CENEPRED, 2015).



**Figura 1. Clasificación de los fenómenos de origen natural e inducidos por la acción humana.**

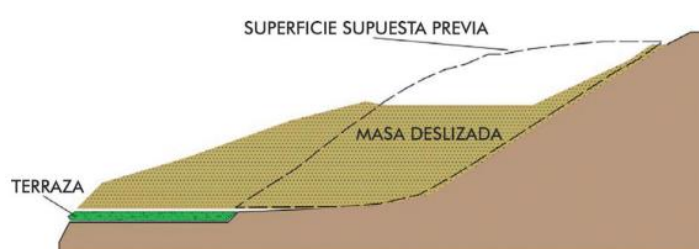
Fuente: CENEPRED, 2018.

Según INDECI (2006), el peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.

### a. Movimiento de masa.

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Según CENEPRED (2015) los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad, tal como se observa en la siguiente figura:



**Figura 2. Proceso de movimiento de masa,**

Fuente: Adaptado por CENEPRED, 2015 de: Yesano (2014)

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad.

La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes, tal como se observa en la siguiente figura:



**Figura 3. Factores que intervienen en el movimiento de masa**

Fuente: Adaptado por CENEPRED de: Chávez, M. A. (2014).



## b. Tipos de movimiento de masa.

Se presentan las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas, ver tabla 1.

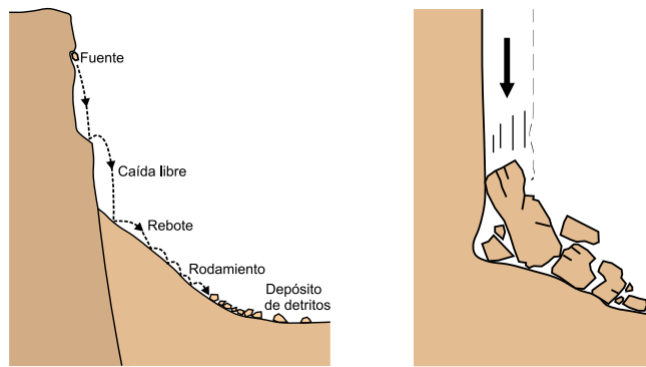
**Tabla 1.** Tipos de movimiento de masa

<b>TIPO</b>	<b>SUBTIPO</b>
<b>Caídas</b>	Caída de roca (detritos o suelo)
<b>Volcamiento</b>	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
<b>Deslizamiento de roca o suelo</b>	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
<b>Propagación lateral</b>	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
<b>Flujo</b>	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodos
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
<b>Reptación</b>	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
<b>Deformaciones gravitacionales profundas</b>	

NOTA. Fuente: Región Andina: Guía para la Evaluación de Amenazas - 2017.

- **Caída:**

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable, tal como se observa en la siguiente figura:

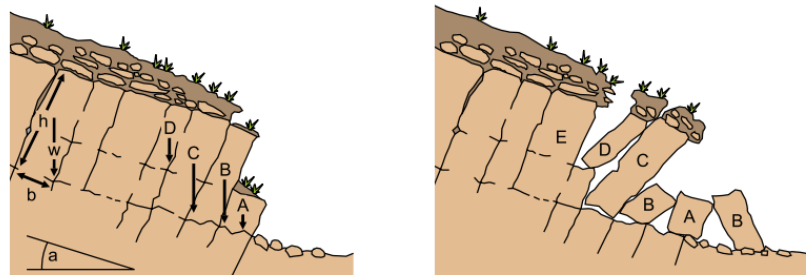


**Figura 4. Caída de rocas y colapso**

Fuente: De Corominas y Yagué, 1997; en Proyecto multinacional andino

- **Volcamiento:**

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior, tal como se observa en la siguiente figura:

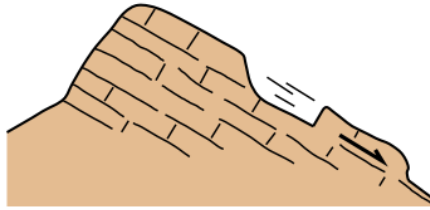


**Figura 5. Esquema del vuelco en bloque**

Fuente: De Varnes, 1978; en Proyecto multinacional andino

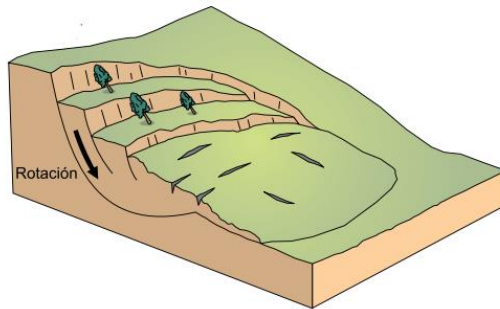
- **Deslizamiento:**

Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante, tal como se observa en las siguientes figuras:



**Figura 6. Deslizamiento traslacional**

Fuente: De Corominas y Yagué, 1997; en Proyecto multinacional andino

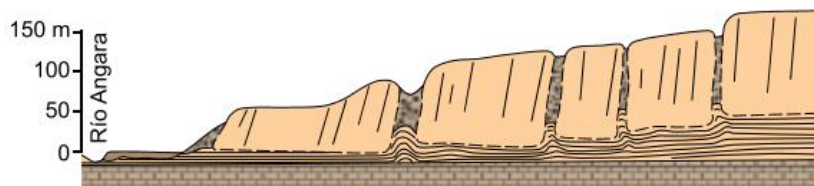


**Figura 7. Deslizamiento rotacional**

Fuente: De Sales et al, 2002; en Proyecto multinacional andino)

- **Propagación lateral:**

La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material, tal como se observa en la siguiente figura:

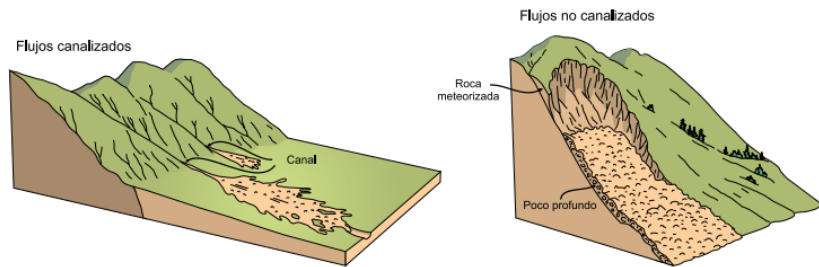


**Figura 8. Esquema de expansión lateral**

Fuente: De Varnes, 1978; en Proyecto multinacional andino

- **Flujo:**

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco, tal como se observa en la siguiente figura:

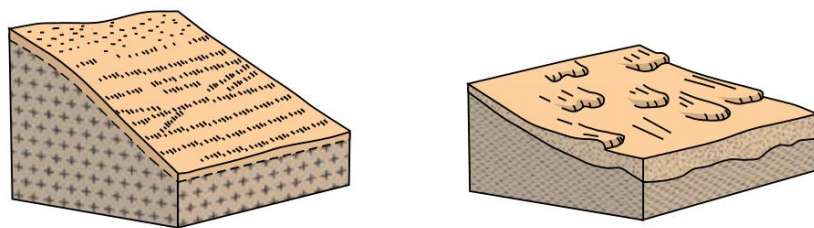


**Figura 9. Esquema de flujos canalizados y no canalizados**

Fuente: Proyecto multinacional andino

- **Reptación:**

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla, tal como se observa en la siguiente figura:

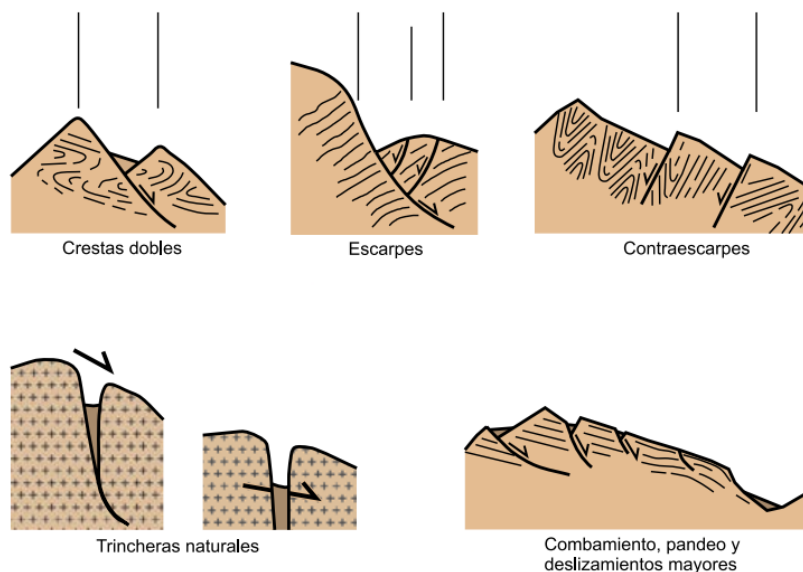


**Figura 10. Reptación**

Fuente: Proyecto multinacional andino

- **Deformaciones gravitacionales profundas:**

Estos tipos presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento, tal como se observa en la siguiente figura:



**Figura 11. Esquema de deformaciones gravitacionales profundas**  
 Fuente: Proyecto multinacional andino.

### 2.2.2 Vulnerabilidad.

Según INDECI (2006), la vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada.

#### a. Tipos de vulnerabilidad:

Según INDECI (2006) los tipos de vulnerabilidad son los siguientes:

- **Vulnerabilidad Física:** Está relacionada con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (salud, educación, sede de instituciones públicas), e infraestructura socioeconómica (central hidroeléctrica, carretera, puente y canales de riego), para asimilar los efectos del peligro.
- **Vulnerabilidad Ambiental:** Es el grado de resistencia del medio natural y de los seres vivos que conforman un determinado ecosistema, ante la presencia de la variabilidad climática.
- **Vulnerabilidad Económica:** Constituye el acceso que tiene la población de un determinado centro poblado a los activos económicos (tierra,

infraestructura, servicios y empleo asalariado, entre otros), que se refleja en la capacidad para hacer frente a un desastre.

- **Vulnerabilidad social:** Se analiza a partir del nivel de organización y participación que tiene una colectividad, para prevenir y responder ante situaciones de emergencia.
- **Vulnerabilidad educativa:** Se refiere a una adecuada implementación de las estructuras curriculares, en los diferentes niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados a la prevención y atención de desastres, orientado a preparar (para las emergencias) y educar (crear una cultura de prevención) a los estudiantes con un efecto multiplicador en la sociedad.
- **Vulnerabilidad cultural e ideológica:** Está referida a la percepción que tiene el individuo o grupo humano sobre sí mismo, como sociedad o colectividad, el cual determina sus reacciones ante la ocurrencia de un peligro de origen natural o tecnológico y estará influenciado según su nivel de conocimiento, creencia, costumbre, actitud, temor, mitos, etc.
- **Vulnerabilidad política e institucional:** Define el grado de autonomía y el nivel de decisión política que puede tener las instituciones públicas existentes en un centro poblado o una comunidad, para una mejor gestión de los desastres.
- **Vulnerabilidad científica e ideológica:** Es el nivel de conocimiento científico y tecnológico que la población debe tener sobre los peligros de origen natural y tecnológico, especialmente los existentes en el centro poblado de residencia.

#### **b. Factores de la vulnerabilidad.**

Se consideran para el análisis de la vulnerabilidad tres factores, CENEPRED (2018) lo describe de la siguiente manera:

- **Exposición:** Referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro o amenaza.
- **Fragilidad:** está referida a las condiciones de desventaja o debilidad y ubicación que tiene los activos físicos, frente al impacto de un peligro.

- **Resiliencia:** está referida a la capacidad que tiene las instituciones públicas y privadas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, frente al impacto de un peligro.

### 2.2.3 Riesgo.

Según FAO (2015) el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Tales como muertes, lesiones, propiedad, medios de vida, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental, como resultado de interacciones entre las amenazas naturales o antropogénicas y las condiciones de vulnerabilidad.

Según MEF (2015) el riesgo se define como probabilidad de que la unidad social o sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro. El riesgo es función de un peligro o amenaza que tiene unas determinadas características y la vulnerabilidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, a dicho peligro.

### 2.2.4 Gestión del riesgo de desastre.

La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. Asimismo, la GRD está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del Estado (SINAGERD, 2011).

El riesgo de desastre surge cuando las amenazas/peligros interactúan con factores de vulnerabilidad físicos, sociales, económicos y ambientales. Los fenómenos de origen hidrometeorológico constituyen la gran mayoría de los desastres. Pese a que se va comprendiendo y reconociendo cada vez más la importancia de la reducción del riesgo de desastre y a que han aumentado los medios de respuesta, los desastres

y en particular la gestión y la reducción del riesgo siguen representando un desafío mundial (EIRD, 2005).

## 2.3 Sistema de agua potable.

### 2.3.1 Agua potable.

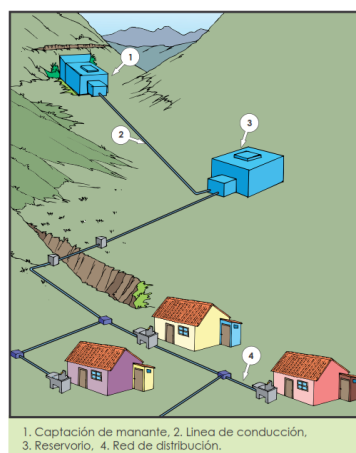
Según INEI (2013), el agua potable se denomina así al agua que ha sido tratada según unas normas de calidad promulgados por las autoridades nacionales e internacionales y que puede ser consumido por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedad. El agua potable de uso doméstico es aquella que proviene de un suministro de un pozo o de una fuente ubicada en los reservorios domésticos.

### 2.3.2 Sistema de agua potable con tratamiento.

Según Quispe (2012). Es el sistema que aprovecha las presiones generadas por la diferencia de niveles desde la captación hasta el reservorio y la red de distribución, pero necesita una planta de tratamiento.

La fuente de agua para el abastecimiento es superficial. Es el sistema que aprovecha las presiones generadas por la diferencia de niveles desde la captación hasta el reservorio y la red de distribución, pero necesita una planta de tratamiento.

### 2.3.3 Partes del sistema de agua potable.



**Figura 12. Partes del sistema de agua potable.**

Fuente: SANBASUR – COSUDE, 2011. p. 8



**a. Captación.**

Según Agüero (1997). Es la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable, en el lugar del afloramiento se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser conducida mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento.

**b. Línea de conducción.**

Según Hernández (2015). Consiste en el tramo de tubería y de pequeñas estructuras que conducen el agua desde la captación – planta de tratamiento - hasta el reservorio. En lugares con pendiente más de 50 m de desnivel, se instalan cámaras rompe presión, que sirven para regular la presión del agua para que no ocasione problemas en la tubería y sus estructuras.

**c. Planta de tratamiento.**

Según Saldarriaga (2015). Consiste en un conjunto de estructuras que sirven para someter al agua superficial a diferentes procesos, con el fin de purificarla y hacerla apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando bacterias, sustancias venenosas, etc.

Según Alcocer (2014). Menciona los siguientes:

- Pre sedimentador: Se refiere a disminuir el desgaste de las estructuras y accesorios, ah disminuir la acumulación de depósitos de arena en los siguientes procesos de la planta de tratamiento.
- Sedimentador: Permiten reducir la materia en suspensión del agua, mediante la precipitación de las partículas, por gravedad, consiguiendo que el agua pase con el mínimo de turbidez a los filtros.
- Filtración: Consiste en hacer pasar el agua a través de capas porosas, como la arena, permitiendo tener un agua de mejor calidad y sin carga bacteriológica, tiene tipos de filtro lento y filtro rápido.

**d. Reservoirio.**

Según Quispe (2012). Es una estructura de concreto que sirve para almacenar y controlar el agua que se distribuye a la población, además de garantizar su disponibilidad continua en el mayor tiempo posible.

**e. Redes de distribución o línea de aducción.**

Según Alcocer (2014) la red de distribución o línea de aducción consiste en el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan para conducir el agua desde el reservorio hasta la toma domiciliaria o piletas públicas.

**2.4 Análisis de riesgo para el proyecto del sistema de agua potable.**

**2.4.1 Análisis de peligro.**

Según CENEPRED (2015), el análisis de peligros se identifica y caracterizan los fenómenos de origen natural mediante el análisis de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad.

**a. Parámetro de evaluación.**

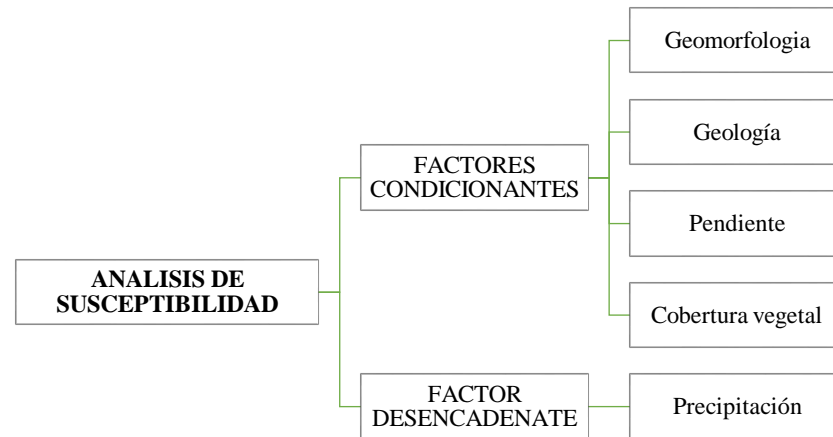
Según CENEPRED (2018), los parámetros generales o de evaluación describen al fenómeno en evaluación.

Según INDECI (2011), el parámetro de evaluación es el nivel o grado de peligrosidad por movimiento de masa en laderas es la inestabilidad, asociados a una determinada probabilidad de ocurrencia e intensidad.

**b. Susceptibilidad del terreno.**

Para la caracterización de la susceptibilidad al movimiento de masa según CENEPRED (2018) se ha considerado los factores condicionantes y desencadenantes.

- Factores Condicionantes: Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural, así como su distribución espacial.
- Factores Desencadenantes: Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado.



**Figura 13. Análisis de Susceptibilidad frente al movimiento de masa.**

Fuente: Manual EVAR – CENEPRED, 2015 (2<sup>da</sup> Versión)

### ➤ Geología.

La geología es uno de los parámetros más importantes para analizar la susceptibilidad a los movimientos de masa, pero también uno de los más complejos de evaluar, debido a las diferentes asociaciones de rocas que se presentan y que condicionan su competencia geo mecánica (fracturamiento) y resistencia (meteorización). Se evalúa tanto el carácter litológico como el estructural. (INGEMMET, 2009).

En la litología se evalúa el tipo de material presente (roca o suelo), sus características físico-mecánicas y químicas, y la composición mineral y textura, las cuales definen el grado de susceptibilidad a los movimientos en masa (Medina, 1991).

➤ **Geomorfología**

La geomorfología corresponde el estudio del relieve de la Tierra, que incluye las formas y estructuras de todas las dimensiones, desde continentes y cuencas oceánicas a estrías y alveolos. (CENEPRED, 2<sup>da</sup> Versión)

➤ **Pendiente.**

La pendiente es un factor muy importante en la evaluación de todo tipo de proceso de movimiento en masa, por ello diversos autores consideran a esta variable como fundamental en el análisis de susceptibilidad (Aguilar y Mendoza, 2002).

➤ **Cobertura vegetal y uso actual de suelos.**

Cobertura, se relaciona con los atributos de la tierra (cuerpos de agua, vegetación, vías, otros tipos de construcciones, cuerpos rocosos, cuerpos de nieve y superficies húmedas), algunos de estos naturales y otros afectados y/o producto de las necesidades del hombre (Forero, 1981).

El uso de la tierra es caracterizado por los arreglos, las actividades y las entradas realizadas por el hombre en un tipo particular de cobertura del suelo para producir, cambiarla o mantenerla (FAO 2003).

Según INGEMMET (2009), la vegetación cumple las siguientes funciones:

- Intercepción: El follaje denso contribuye a la reducción del volumen de la precipitación que llega al suelo y de la cantidad de agua capaz de producir remoción y movilización del suelo. La vegetación herbácea disipa la energía cinética de las gotas de lluvia, evita el impacto y controla la erosión pluvial.
- Protección de la superficie del suelo: La vegetación herbácea controla la erosión pluvial. El follaje disminuye la intensidad de la lluvia en el nivel local.

- Escorrentía superficial: El follaje, los tallos, las raíces y los residuos orgánicos en superficie (hojarasca) disipan la energía cinética de la lluvia y las escorrentías.
- Sujeción del suelo: Las raíces fibrosas amarran el suelo superficial y de esta manera evitan su remoción. Las raíces ayudan a reforzar el suelo, incrementan el esfuerzo cortante y contribuyen a la estabilización de una masa en deslizamiento.

#### ➤ **Precipitación.**

Este es un factor detonante de los movimientos de masa razón por la cual se considera una variable dinámica; una zona con mayor grado de precipitación es más propensa a los movimientos de masa que otra que no posee mucha precipitación, (INDECI, 2011).

#### **2.4.2 Análisis de vulnerabilidad.**

Según CENEPRED (2015), se deberán analizar los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar.

#### **2.4.3 Análisis de Riesgo.**

Según CENEPRED (2018) el cálculo del riesgo es relacionar el peligro y la vulnerabilidad con el fin de determinar los niveles de riesgo ante determinado peligro que se encuentran expuesto al sistema de abastecimiento de agua potable para este caso.

Con el análisis de riesgo de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable permitirá obtener un mapa de riesgos de dicho Sistema, en los cuales se tendrán identificados los componentes más vulnerables y críticos del sistema y los peligros a las cuales están expuestos. Para su elaboración se debe superponer los planos del Sistema con los componentes identificados como más vulnerables y los mapas de los peligros identificados.

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona, se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_{ie} = f(P_i, V_e) | t$$

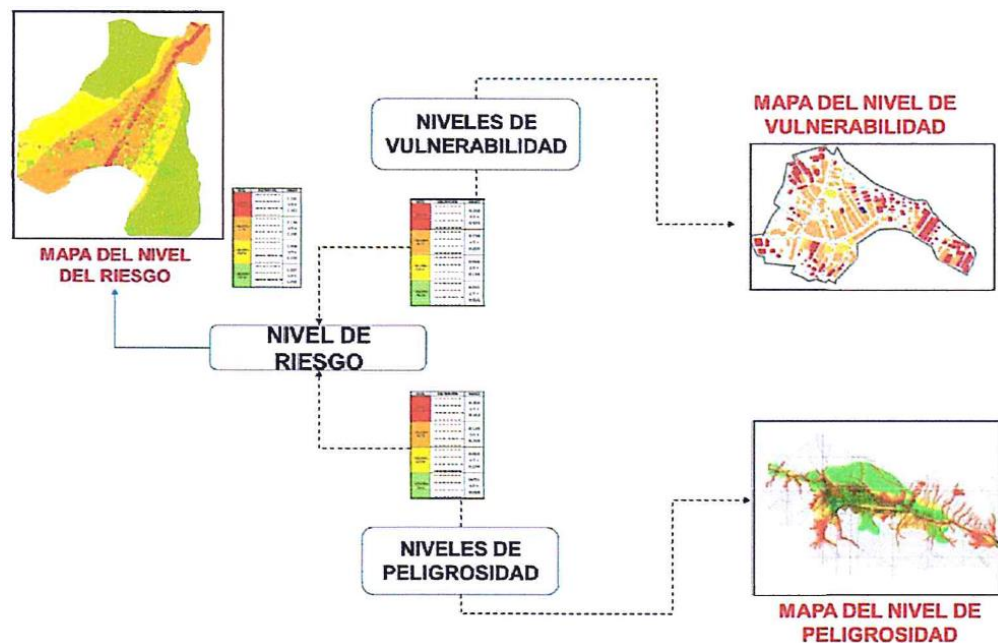
Donde:

$R_{ie}$  = Riesgo

$f$ : en función

$P_i$ : peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un periodo de exposición  $t$ .

$V_e$ : vulnerabilidad de un elemento expuesto.



**Figura 14. Flujograma para estimar los niveles de riesgo.**

Fuente: CENEPRED, 2018.

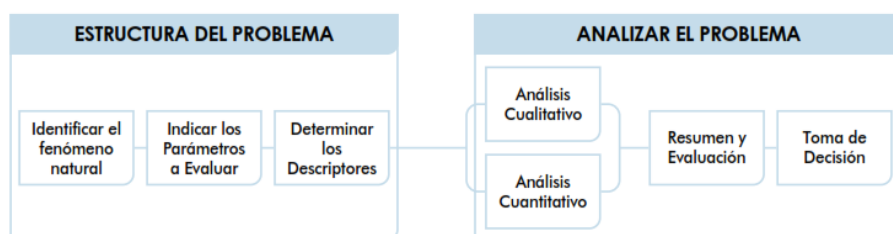
## 2.5 Método multicriterio.

Es un método que se encuentra dentro del análisis estadístico, donde los factores se califican mediante el uso de puntajes ponderados y se combinan con ecuaciones matemáticas que determinan la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. En el análisis estadístico multivariado a cada uno de los factores importantes relacionados con la ocurrencia de deslizamientos se le asigna una contribución relativa a la amenaza total dentro de una unidad definida de área. (Abril, 2011).

Dentro de esta metodología se puede mencionar el Método Multicriterio, que integra factores condicionantes y desencadenantes de movimientos en masa, así como técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales, ponderados de pesos de factores y clases (Abril, 2011).

#### A. Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

El Proceso de Jerarquía Analítica es un modelo para Toma de Decisiones, que fue desarrollado en el año de 1980, por el profesor Thomas Saaty, de la Universidad de Pittsburgh y es considerada como una técnica multicriterio y multiatributo. La mecánica de aplicación es relativamente simple: 1) descomponer el problema; 2) realizar juicios comparativos; y 3) sintetizar los resultados (Morales, 2011).



**Figura 15. Flujograma metodológico a seguir para la toma de decisiones.**

Fuente: CENEPRED (2<sup>da</sup> Versión), adaptado Toskano (2005)

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1980) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión; la escala es la que se muestra a continuación:

**Tabla 2. Escala de Saaty.**

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente más importante o preferido que .....	o Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que .....	o Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que ....	o Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que .....	o Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.

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

NOTA. Fuente: CENEPRED, de Saaty (1980)

## B. Desarrollo matemático de la metodología.

Para la ponderación de los criterios, subcriterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico, el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada, es decir el mismo número de filas y columnas (CENEPRED, 2015).

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

### Para el cálculo de los pesos ponderados.

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

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \cdots & a_{1n} \\ \vdots & 1 \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:



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

**Segundo:** Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} \frac{1}{v_1} & \frac{a_{12}}{v_2} \dots & \frac{a_{1n}}{v_n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{v_1} & \frac{a_{n2}}{v_2} \dots & \frac{1}{v_n} \end{pmatrix}$$

**Tercero:** El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

$$P = \begin{pmatrix} 1/n \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \vdots \\ 1/n \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix}$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$P = \begin{pmatrix} P_{c11} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix}$$

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

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

#### **Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

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

**Primero:** Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} \cdots & a_{1n} \\ \vdots & 1 \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \cdots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ \vdots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

**Segundo:** Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11}/P_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12}/P_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ VSP_{1n}/P_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

**Tercero:** Posteriormente se determina la landa máxima  $\lambda_{max}$

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

Esto nos permite hallar el índice de consistencia

**Cuarto:** Calcular el Índice de Consistencia (IC):

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

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

**Quinto:** Determinar la Relación de Consistencia (RC);

$$RC = IC/IA$$

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

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001), son:

**Tabla 3.** Valores del índice aleatorio para los diferente “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 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10.

### C. Determinación del valor de Riesgo con Sistema de Información Geográfica (SIG)

Para el análisis por SIG se construyó una base de datos para el peligro, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa y toda información necesaria para tal fin. Cabe mencionar que los valores fueron obtenidos por la metodología PAJ (pesos ponderados) luego incorporados al análisis con el SIG siguiendo el procedimiento usado por CENEPRED:

#### Para cálculo de peligro:

**Paso 01:** Se determinan los parámetros a evaluar y sus correspondientes descriptores. Luego se calcula el valor del peligro (pesos ponderados).

$$\sum_{i=1}^n Fenomeno_i x Descriptor_i = Valor$$

**Paso 02:** Se consideran los factores condicionantes y desencadenantes (pesos ponderados).

$$Parámetro_i x Descriptor_i + \dots + Parámetro_n x Descriptor_n = Valor (fac. cond)$$

$$Parámetro_i x Descriptor_i + \dots + Parámetro_n x Descriptor_n = Valor (fac. desc.)$$

**Paso 03:** La susceptibilidad se obtiene al sumar los valores de los factores condicionantes y desencadenantes (el peso ponderado para ambos es de 0.5).

$$Fac. Cond. x Peso + Fac. Desc. x Peso = Valor$$

**Paso 04:** Determinación del peligro.

$$\text{Fenómeno} \times \text{Peso} + \text{Susceptibilidad} \times \text{Peso} = \text{Valor}$$

**Para cálculo de vulnerabilidad:** Para este cálculo solo se analizará la dimensión física.

**Paso 05:** La vulnerabilidad se analiza para la dimensión física.

$$\sum_{i=1}^n \text{Exposición Física}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor(Exp.)}$$
$$\sum_{i=1}^n \text{Fragilidad Física}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor(Frag.)}$$
$$\sum_{i=1}^n \text{Resiliencia Física}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor(Resc.)}$$

**Paso 06:** Valor de vulnerabilidad física.

$$\text{Exposición Física} \times \text{Peso} + \text{Fragilidad Física} \times \text{Peso} + \text{Resiliencia Física} \times \text{Peso} \\ = \text{Vulnerabilidad Física.}$$

**Para cálculo del riesgo:**

**Paso 06:** Cálculo de riesgo.

$$\text{Valor Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Vulnerabilidad}$$

## 2.6 Definición de términos básicos.

*Riesgo:* se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

*Peligro:* El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

*Vulnerabilidad:* e define como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

*Resiliencia:* La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones.

*Fragilidad:* Debilidad de una cosa o facilidad para deteriorarse.

*Exposición:* Referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro o amenaza.

*Análisis multicriterio:* es un instrumento que se utiliza para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales.

##### 3.1.1 Cartografía.

###### a. Modelo digital de elevación.

Se utilizó un modelo digital de elevación de 12.5 m de resolución perteneciente al satélite de la NASA-ASTERGDM (AP\_27249\_FBS\_F7000\_RT1) en formato DEM. Con la finalidad de obtener un alto de nivel de detalle en el caso de pendientes y curvas de nivel.

###### b. Cartografía digital vectorial.

Para la geología se utilizó la información vectorial (shapefile), del Instituto, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), información descargada del portal web <https://www.geogpsperu.com/2016/03/descargar-cartas-geologicas-del-peru.html> a una escala de 1:100 000 en coordenadas UTM-WGS84, cuadrante 18-i.

Para la geomorfología se utilizó la información vectorial (shapefile), del Ministerio del Ambiente (MINAM), información descargada del portal web <https://www.geogpsperu.com/2016/06/geomorfologia-descargar-shapefile-gratis.html> a una escala de 1: 200 000 en coordenadas UTM-WGS84, de Ancash.

Para el mapa de ubicación se utilizó Límites políticos descargado del MINAM <https://www.geogpsperu.com/2014/03/base-de-datos-peru-shapefile-shp-minam.html>, redes viales (MTC) <https://www.geogpsperu.com/2015/09/mtc-red-vial-nacional-descarga-gratis.html>, centros poblados (INEI) <https://www.geogpsperu.com/2019/05/centros-poblados-censo-2017-shapefile.html> Y cartas nacionales cuadrante 18-i (ING) <https://www.geogpsperu.com/2014/08/descargar-cartas-nacionales-del-peru.html>.

**Tabla 4.** Cartografía

17-h Pallasca	17-i Tayabamba	17-j Tocache Nuevo
18-h Corongo	18-i Pomabamba	18-j San Pedro de Chonta
19-h Carhuaz	19-i Huari	19-j Singa

NOTA: Fuente: Elaboración propia.

### c. Imagen satelital.

Para la cobertura vegetal se utilizó la imagen satelital de SAS.Planet\_Release. 190707, que fue tomada en Julio del 2018; se digitalizo de acuerdo al uso y contrastada in situ.

### 3.1.2 Información pluviométrica e hidrométrica.

La zona del proyecto se encuentra en la Intercuenca Marañon Alto V, por ello los registros de precipitación se obtuvieron de las estaciones que se encuentran dentro de esta cuenca para la elaboración de las Isoyetas, las cuales son:

**Tabla 5.** Estaciones meteorológicas.

Estación	Tipo	Entidad operadora	Depart.	Prov.	Dist.	Ubicación Geográfica		
						UTM Este	UTM Norte	Altitud (m.s.n.m)
<b>Pomabamba</b>	Convencional-Climática	SENAMHI	Ancash	Pomabamba	Pomabamba	228638.93	9028209.42	3000.00
<b>Piscobamba</b>	Convencional-Climática	SENAMHI	Ancash	Mariscal Luzuriaga	Piscobamba	239662.63	9020872.92	3240.00
<b>Sihuas</b>	Convencional-Climática	SENAMHI	Ancash	Sihuas	Sihuas	210296.78	9054297.76	2716.00
<b>Huari</b>	Convencional-Climática	SENAMHI	Ancash	Huari	Huari	262032.22	8965721.17	3149.00
<b>Chavín</b>	Convencional-Climática	SENAMHI	Ancash	Huari	Chavín	253042.08	8939847.53	3210.00
<b>Huancas</b>	Convencional-Climática	ANA	La Libertad	Pataz	Huancas	243699.17	9075976.07	2846.00
<b>Buldibuyo</b>	Convencional-Climática	ANA	La Libertad	Pataz	Buldibuyo	239198.20	9102043.60	3243.00

NOTA: Fuente: Elaboración propia.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Descripción de la zona de estudio.

El Sistema de abastecimiento de agua potable se ubica en el distrito de Pomabamba, provincia de Pomabamba-Ancash. (Ver ANEXO 1- Plano U-01)

La infraestructura consta de la Captación sobre el río Jancapampa, a 3097.61 m.s.n.m y coordenadas UTM 226252.181E – 9023541.092N, la planta de tratamiento de agua potable, a 3079.27 m.s.n.m. y coordenadas UTM 228478.559E – 9024195.044N, y el tanque de almacenamiento o reservorio, a 3023.329 m.s.n.m. y coordenadas UTM 229732.087E – 9024429.995N. En total corresponde un trayecto de 4.5 km lineales.

El tramo desde la captación hasta la planta de tratamiento de agua potable, se encuentra al sur-oeste de la plaza de armas de la ciudad de Pomabamba, presenta un relieve accidentado con pendientes fuerte a moderado, al encontrarse en ladera de cerro, observándose diferentes elementos urbanos como postes de energía eléctrica, etc. Mientras que el reservorio se encuentra en la misma ciudad al noreste de la plaza de armas, presenta un relieve moderados está en una lomada.

A continuación, se presenta la ubicación del área de estudio:

**Tabla 6.** Ubicación del proyecto.

		Ubigeo	Coordenadas geográficas/ UTM	
<b>Departamento</b>	Ancash	02		
<b>Provincia</b>	Pomabamba	0216		
<b>Distrito</b>	Pomabamba	021601	Longitud / Este	-77.466 / 228748.6
			Latitud/ Norte	-8.833/ 9022714
			Cota	2950
<b>Zona urbana/rural</b>	Rural/urbana			
<b>Región (costa, sierra, selva)</b>	Sierra			

**NOTA.** Fuente: Elaboración propia.

El clima en Pomabamba es cálido y templado. Los veranos aquí tienen una buena cantidad de lluvia, mientras que los inviernos tienen muy poco. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Cwb. La temperatura media anual es 14.2 ° C en Pomabamba. Hay alrededor de precipitaciones de 597 mm.



### 3.2.2 Flujoograma.

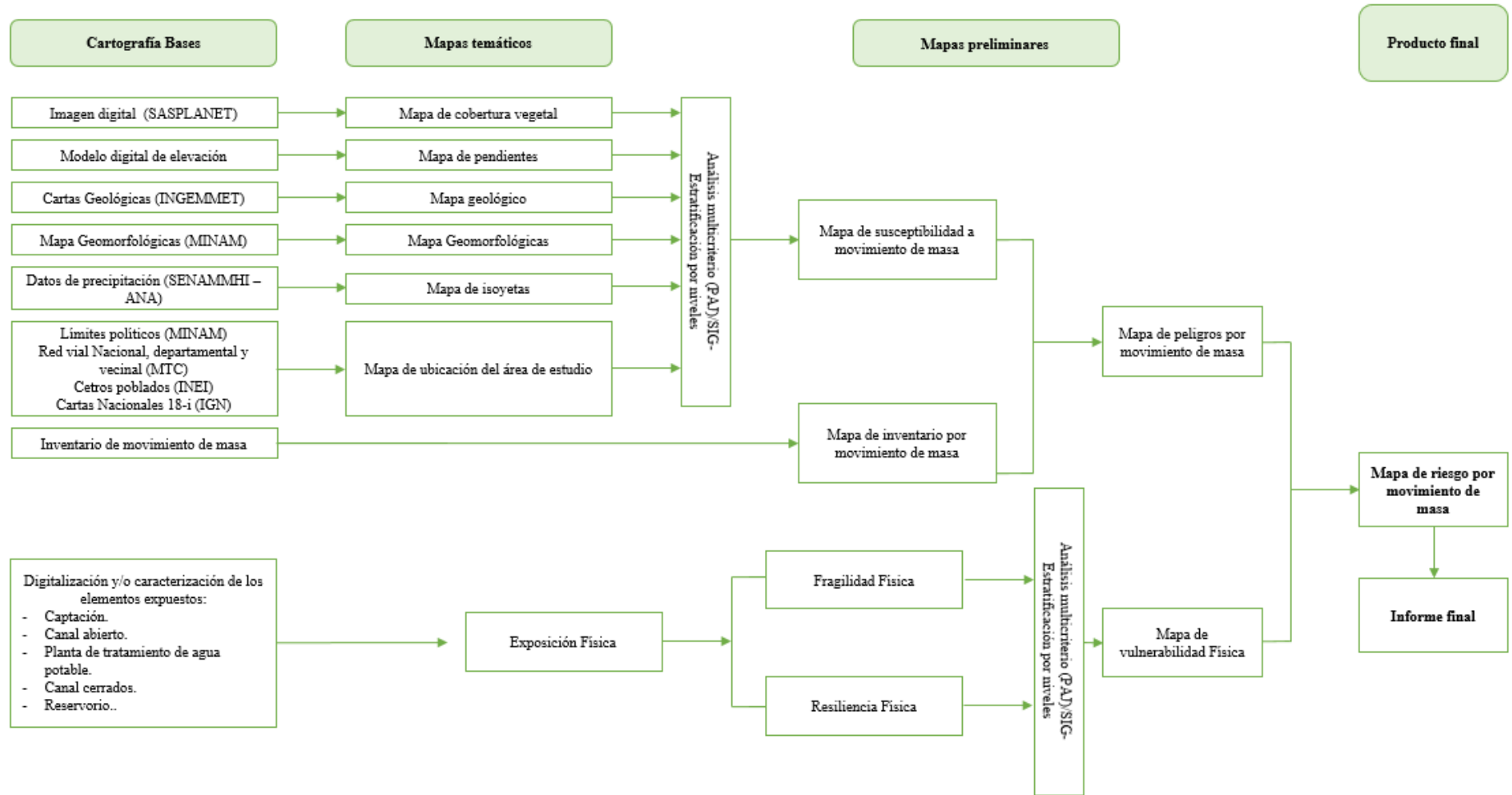


Figura 16. Flujoograma del proceso de obtención de riesgo.

Fuente: Elaboración propia

## a. Diagnóstico de los factores de susceptibilidad.

### ➤ Geología.

Las unidades litológicas se dividieron en cuatro los cuales son:

- Formación Chimú (Ki-chi):

Litológicamente se encuentra conformado por areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior, dispuestas en capas de espesor 80 - 600 m.

- Depósitos coluviales (Qh-co):

Estos depósitos coluviales (Figura 17), o de caída se les reconoce por su geometría y son producto de deslizamientos, derrumbes y movimientos complejos, etc.; su fuente de origen es cercana. Están conformados por material generalmente grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla como matriz en menor proporción; generalmente se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de consolidación cuando son relativamente más antiguos; conforman un espesor aproximado de 5 - 10 m.



*Figura 17. Depósito coluvial aguas arriba de la captación, formación Santa-Carhuaz.*

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- Formación Chicama (Js-ch):

Se encuentra conformado por lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos, con espesores aproximados a los 500 m.

- Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca):

Se encuentra conformado por areniscas rojizas, cuarcitas blancas intercaladas con lutitas marrones y grises en la parte superior, y calizas margosas (Fotografía 1), sus espesores son de Carhuaz (500 m.) y Santa (100 – 150 m).

- Depósitos fluviales (Qh-fl):

Constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos y/o quebradas. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos, sus espesores son aproximadamente de 2- 3 m.

- Deposito aluvial (Qh-al):

Se encuentran conformando en las terrazas antiguas. Estos depósitos generalmente corresponden a una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; conforman espesores de 25 – 80 m.



*Figura 18. Deposito fluvio-aluvial.*

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

**Tabla 7.** Geología y susceptibilidad.

<b>Unidad Litoestratigrafía</b>		<b>Grado</b>
<b>Formación Chimú (Ki-chi)</b>	Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior	Muy alta
<b>Depósitos coluviales (Qh-co)</b>	Material generalmente grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla	
<b>Formación Chicama (Js-ch)</b>	Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos	Alta
<b>Formación Santa-Carhuaz (Ki-saca)</b>	Areniscas rojizas, cuarcitas blancas intercaladas con lutitas marrones y grises en la parte superior, y calizas margosas	Media
<b>Depósitos fluviales (Qh-fl)</b>	Arenas. Gravas, limos y arcillas.	Baja
<b>Deposito aluvial (Qh-al)</b>		

NOTA. Fuente: INGEMMET- 2009; ajustado por el tesista.

El mapa geológico se encuentra en el anexo 1 - Mapa P-01

### ➤ Geomorfología

- Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente (Mf):

Muestran laderas o vertientes de pendiente pronunciada a fuerte en donde la equidistancia de las curvas de nivel es menor. Generalmente las pendientes se encuentran por encima de 45% hasta mayores de 120%. Indistintamente están compuestas mayormente por rocas intrusivas, de resistencia diferencial.



**Figura 19. Montaña estructura con laderas de fuerte pendiente en el margen izquierdo y derecho del río Jancapampa.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- Depósitos de deslizamientos (Dd):

Las acumulaciones de depósitos de movimientos en masa o remoción por deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, avalanchas de rocas o detritos, de magnitud cartografiable, relativamente antiguos o prehistóricos hasta depósitos históricos o recientes.

- Montaña con laderas estructurales (Me):

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria, y estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas, formando cuestras y espinazos que le dan una característica particular en las imágenes de satélite. Varían en pendiente desde moderada a suave hasta muy abruptas.

- Colinas y lomadas (Cl):

Están representadas por elevaciones de relieve bajo y alineamientos estructurales de relieve complejo, diferentes grados de disección, y con alturas que oscilan entre 50 y 300 metros desde el nivel de base local, con pendientes mayores a 10%. Son superficies plano-onduladas se encuentra presente en el margen izquierdo del río Pomabamba donde se ubica la ciudad.



- Terraza aluvial (Ta):

Terrenos ubicados encima del cauce y llanura de inundación fluvial, planos, de ancho variable, limitados a los valles. Se muestran en general una pendiente suave entre 2% a 10%.



**Figura 20. Terraza aluvial, su distribución superficial está circunscrita a los márgenes del río Pomabamba y río Jancapampa.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

**Tabla 8. Geomorfología y susceptibilidad**

	<b>Unidad geomorfológica</b>	<b>Grado</b>
<b>Montaña</b>	Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente (Mf):	Muy alta
	Montaña con laderas estructurales (Me)	Alta
<b>Colina y lomadas</b>	Colinas y lomadas (Cl)	Media
<b>Piedemonte</b>	Depósitos de deslizamientos (Dd)	Muy alta
<b>Planicies y depresiones</b>	Terraza aluvial (Ta)	Baja

NOTA. Fuente: INGEMMET-2009; ajustado por el tesista.

El mapa geomorfológico se encuentra en el anexo 1 - Mapa P-02

➤ **Pendiente.**

Para la clasificación se dividió en seis rangos o porcentaje de pendiente, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9.** Pendiente y susceptibilidad

Rango o porcentaje de pendiente	Descripción	Grado
0 – 2%	Son poco susceptibles a movimientos en masa, pero son afectadas por eventos originados en las porciones adyacentes y superiores de mayor pendiente.	Baja
2% - 10%	Son afectadas por eventos que se originan en pendientes más inclinadas), generalmente flujos de detritos o huaycos.	
10% - 25%	Laderas con inclinaciones entre 10% a 30% se consideran con susceptibilidad media a los movimientos en masa de tipo reptación y flujos de detritos.	Media
25% - 45%	Terrenos propensos a reptación de suelos, zonas de inicio frecuente de huaycos y movimientos complejos (deslizamientos-flujos de tierra), algunos derrumbes.	Alta
45% - 100%	Son terrenos con muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa, siendo más frecuentes los deslizamientos, los derrumbes, las caídas de rocas, también hay zonas de arranque o evolución de huaycos y avalanchas de rocas y detritos. La erosión de laderas también es muy frecuente.	Muy alta
> 100%	Suelen presentarse zonas de arranque de avalanchas de rocas, frentes de caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos en zonas montañosas, asociados principalmente a sismos. Taludes de carreteras.	

NOTA. Fuente: INGEMMET- 2009; ajustado por el tesista.

El mapa de pendientes se encuentra en el anexo 1 - Mapa P-03

➤ **Cobertura vegetal.**

Según lo expuesto en la revisión de literatura de cobertura y uso del suelo y después de hacer un análisis en relación a su susceptibilidad a los movimientos en masa, se preparó la Tabla 10 en el que se puede diferenciar:

**Tabla 10.** Cobertura vegetal y susceptibilidad

Unidad	Descripción	Grado
<b>Bosques</b>	Son poco susceptibles al movimiento de masa, los bosques en su mayoría constituyen de árboles de eucalipto, considerando también las zonas de cobertura hídrica.	Baja
<b>Matorral</b>	La susceptibilidad al movimiento de masa es media, caracterizado por una vegetación dominada por arbustos y matas, y que a menudo	Media

	incluye céspedes, plantas de porte herbáceo y plantas geófitos.	
<b>Cultivos en seco</b>	La alta susceptibilidad al movimiento de masa debido a que la vegetación primaria se ha deteriorado como consecuencia del uso agrícola y ganadero.	Alta
<b>Zonas urbanas y rurales</b>	La susceptibilidad es muy alta, en la parte en la que se concentra la población, formando áreas planas o ligeramente inclinadas; también incluyendo la carreteras y suelos desnudos.	Muy alta

NOTA. Fuente: INGEMMET-2009; ajustado por el tesista.

El mapa de pendientes se encuentra en el anexo 1 - Mapa P-04

### ➤ Precipitación.

El mapa de isoyetas (Ver anexo 1 – mapa P-05), muestra el promedio de precipitaciones acumuladas de los meses más lluviosos, servirá para el desarrollo del mapa de susceptibilidad del movimiento de masa.

En la siguiente tabla se muestra las estaciones meteorológicas con sus respectivas ubicaciones geográfica y precipitación acumulada para la elaboración de isoyetas.

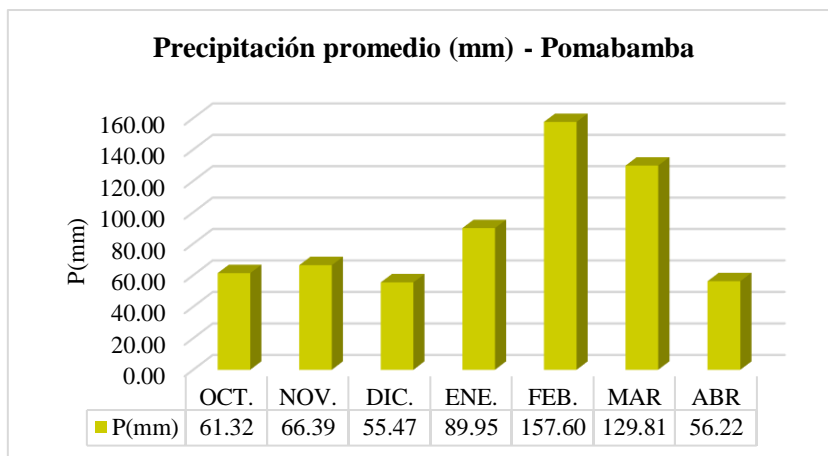
**Tabla 11.** Estaciones Hidrometeorológicas empleadas para la elaboración de isoyetas- Precipitación media de los meses de lluvia (mm).

Estación	Ubicación Geográfica			Precipitación (mm)
	UTM Este	UTM Norte	Altitud (m.s.n.m)	
<b>Pomabamba</b>	228638.93	9028209.42	3000.00	616.761
<b>Piscobamba</b>	239662.63	9020872.92	3240.00	624.806
<b>Sihuas</b>	210296.78	9054297.76	2716.00	601.659
<b>Huari</b>	262032.22	8965721.17	3149.00	623.582
<b>Chavín</b>	253042.08	8939847.53	3210.00	638.593
<b>Huancas</b>	243699.17	9075976.07	2846.00	641.754
<b>Buldibuyo</b>	239198.20	9102043.60	3243.00	584.020

NOTA. Fuente: SENAMHI

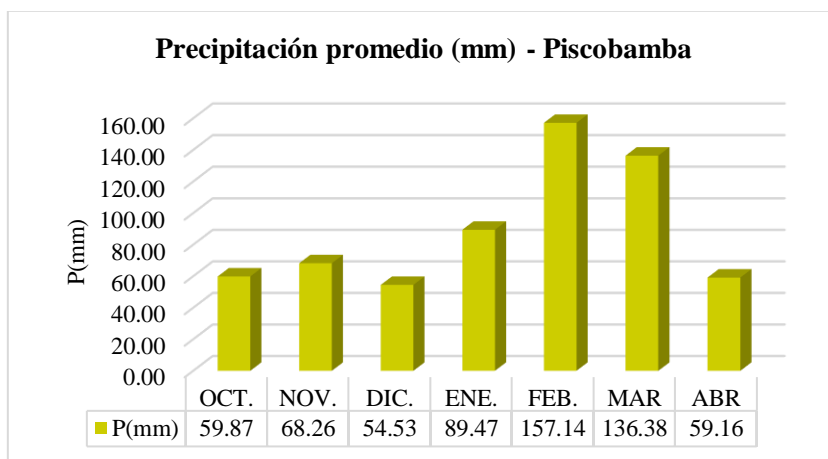
A continuación, se describe la precipitación de los meses más lluviosos de las estaciones que representan al área de estudio que se encuentra en la intercuenca Alto Marañón V:





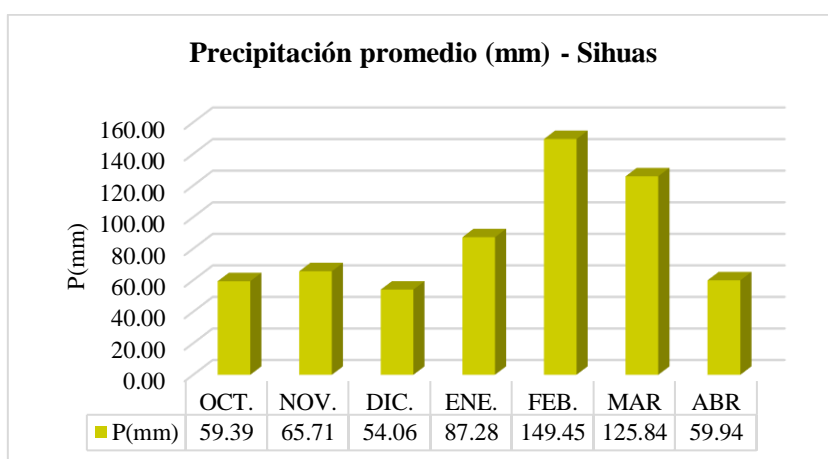
**Figura 21. Precipitación de la estación meteorológica 443 - Pomabamba**

Fuente: SENAMHI.



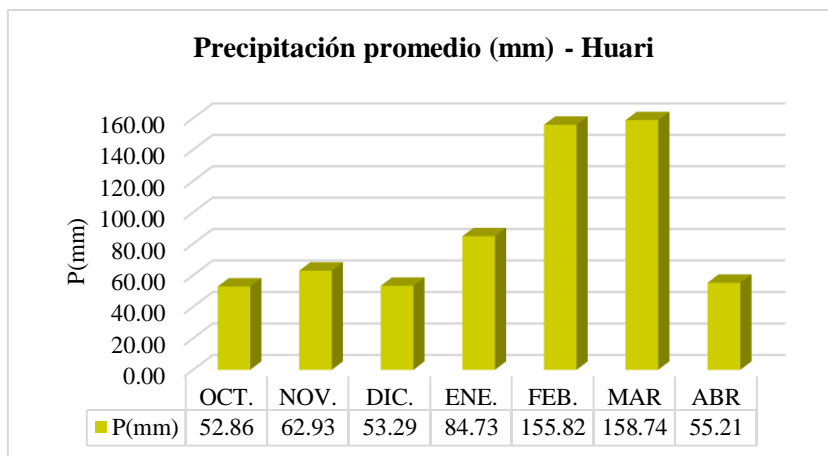
**Figura 22. Precipitación de la estación meteorológica 423 - Piscobamba**

Fuente: SENAMHI.



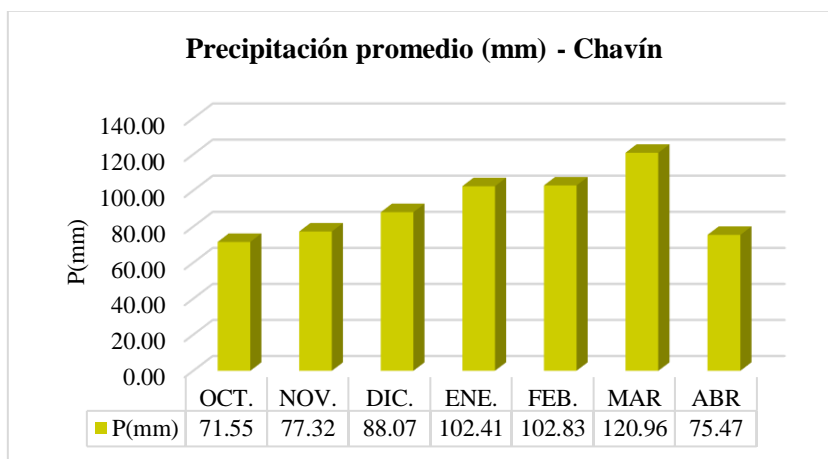
**Figura 23. Precipitación de la estación meteorológica 154111 - Sihuas**

Fuente: SENAMHI.



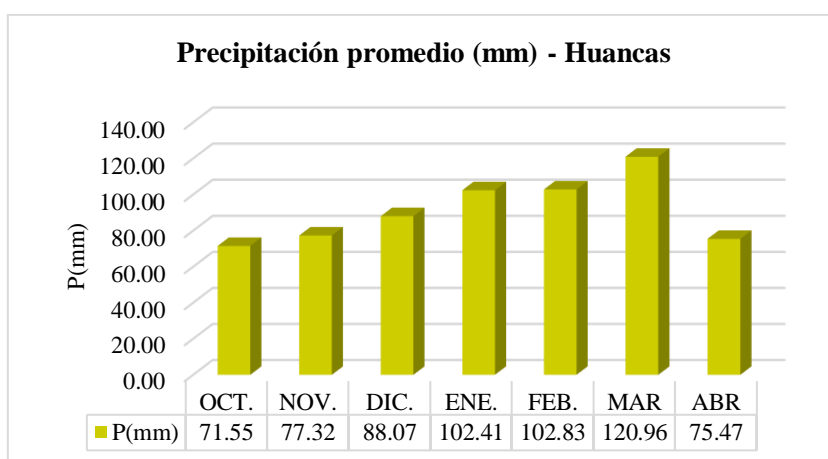
**Figura 24. Precipitación de la estación meteorológica 425 - Huari**

Fuente: SENAMHI.



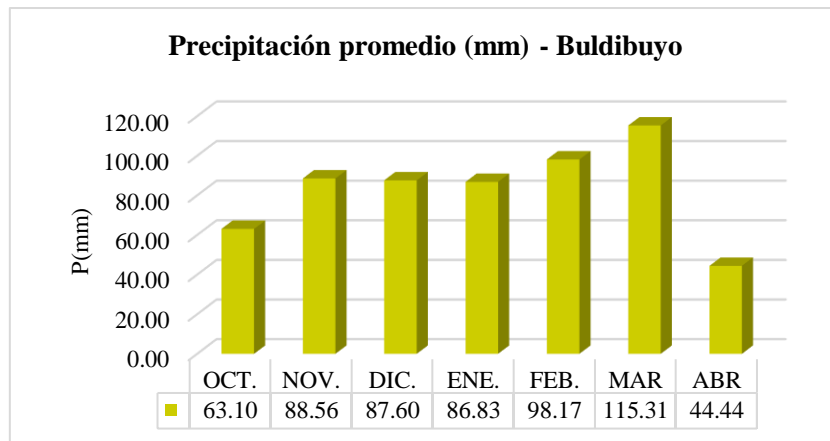
**Figura 25. Precipitación de la estación meteorológica 154115 - Chavín**

Fuente: SENAMHI.



**Figura 26. Precipitación de la estación meteorológica - Huancas**

Fuente: ANA.



**Figura 27.** Precipitación de la estación meteorológica 154114 - Buldibuyo

Fuente: ANA.

La categorización de las precipitaciones acumuladas anuales se basó en el estudio realizado por INGEMMET 2019 - Riesgos geológicos en la región Ancash. A continuación, se muestra en la tabla los rangos y el grado de susceptibilidad al movimiento de suelo.

**Tabla 12.** Precipitación y susceptibilidad

Precipitación acumulada (Octubre-Abril)	Grado
< 200mm	Baja
200mm – 600mm	Media
600mm – 1000mm	Alta
> 1000mm	Muy alta

NOTA. Fuente: INGEMMET-2009.

**b. Análisis de vulnerabilidad del sistema de Abastecimiento de Agua Potable.**

A continuación, se describe las vulnerabilidades del sistema de agua, dependiendo a la ubicación de sus componentes, construcción e instalación, así como de la operación y mantenimiento.

- **Captación.**

El diseño de la captación para brindar el servicio de agua potable a los pobladores del distrito de Pomabamba corresponde al tipo Mixto resultante de la combinación de barraje fijo (perfil creager) y barraje móvil (canal de limpia y de control).

La infraestructura inicia 15 m. aguas arriba del punto de captación con muros de encausamiento de concreto armado en ambas márgenes del río.

El barraje fijo de 15 m. de ancho ubicado transversalmente en el cauce izquierdo del río, compuesto por concreto ciclópeo y rocas, para poder controlar la caída de agua encontramos aguas abajo la poza disipadora de 20 m. de largo construido con rocas y cemento.

El barraje móvil conformado por un canal de limpia de 1.00 m. de ancho controlada con compuerta metálica tipo volante.

La ventana de captación está conformada por dos canales de ingreso controlados con compuertas metálicas de tipo volante.

La línea de aducción que conduce el agua hacia el desarenador para luego pasar al canal de derivación.

Estructura vulnerable debido a la ocurrencia de grandes avenidas por efecto de la fuertes lluvias y deslizamiento de tierras, que podrían afectar a la captación; se observa también la falta de mantenimiento y la falta de un cerco de protección, como se observa en la figura 28.



**Figura 28. Captación.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

En la figura 29 se observa desmontes de rocas, madera, tierras, entre otro; arrastrados por el río que obstaculizan el paso normal del agua.



**Figura 29. Agua arriba de la Captación.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

El desarenador se encuentra vulnerable ya que se encuentra muy cerca al río, se observa también que no existe ningún cerco de protección y tampoco hay una limpieza adecuada, como se muestra en la figura 30.



**Figura 30. Desarenador**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- **Línea de conducción:**

El canal abierto tiene una sección trapezoidal con un ancho superior de 1.80 metros, ancho inferior de 0.60 metros y una altura de 1.60 metros. El material revestido es muy antiguo es emboquillado con piedras; como se aprecia en las figuras 31, 32 y 33.

Este componente tiene una longitud de 3 km, es un canal abierto desde la captación hasta la planta de tratamiento, esta estructura se encuentra muy vulnerable debido a la falta de mantenimiento, existe tramos donde hay



deslizamientos de tierra y rocas, el material de revestimiento se encuentra deteriorada y no existe ningún cerco de protección.



**Figura 31. Canal abierto tapado con madera cubierto de tierra deslizada.**  
Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)



**Figura 32. Canal abierto tapado con madera cubierto de tierra deslizada.**  
Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)



**Figura 33. Canal abierto sin cerco de protección.**  
Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- **Planta de tratamiento:**

Esta compuesto por los siguientes componentes:

- 01 Cámara de Rejas (Entrada).
- 01 Cuneta de Captación.
- 01 Canal de agua.
- 01 Cámara de Rejas.
- 01 Desarenador.
- 01 Sedimentador Primario.
- 01 Mezcla Rápida.
- 01 Floculador tipo Horizontal de dos tramos.
- 01 Canal de Agua Floculada.
- 01 Decantador.
- 04 Filtros Rápidos.
- 02 Decantadores.
- 04 Filtros.

En la visita a campo en el mes de julio del 2019, se observó que las unidades de la planta de tratamiento se encontraban en mantenimiento; pero no existe ningún cerco de protección o una caseta que cubra toda el área de la planta de tratamiento. Como se observa en las siguientes figuras.



**Figura 34. Partidor de caudal.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)





**Figura 35. Desarenador.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)



**Figura 36. Sedimentador primario.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)



**Figura 37. Decantador y floculador.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)





**Figura 38. Decantador y filtros rápidos**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- **Línea de conducción (tubería)**

La línea de conducción de la planta de tratamiento hasta el reservorio es un sifón invertido tiene una distancia de 1.5 km, es un conducto cerrado compuesto de tubería con código HGI17-051 ISO65 13817097 4" LIGHT 1 6400MM, la tubería que se encuentra en el pase aéreo recientemente fue cambiada por una tubería nueva, pero el resto de tubería se encuentra enterrada sin ningún mantenimiento; el pase aéreo se aprecia en la siguiente figura:



**Figura 39. Línea de conducción (sifón invertido) - Pase aéreo.**

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- **Reservorio:**

Esta unidad se encuentra vulnerable, ya que la infraestructura se encuentra deteriorada con pequeñas grietas, como se muestra en las siguientes figuras:



*Figura 40. Reservorio.*

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)



*Figura 41. Reservorio en mal estado.*

Fuente: Fotografía tomada por Jhuliana Victoria, López Vega (2019)

- **Línea de aducción:**

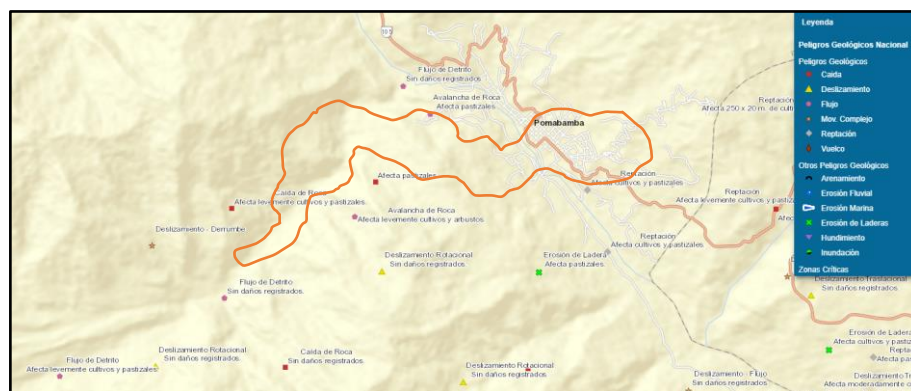
Esta línea se encuentra enterrada y no tiene mantenimiento por más de 20 años por lo tanto se encuentra vulnerable.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Análisis del peligro por movimiento de masa.

El INGEMMET cuenta con un inventario de los peligros geológicos. Se extrajo la información del portal web de GEOCATMIN, dentro del área de estudio no se identificó ningún peligro, pero sí muy cercanas al límite de la área de estudio como: existe caídas de rocas que afecta a los cultivos y pastizales, avalanchas de rocas que afecta a los pastizales y flujo de detritos.



**Figura 42. Ubicación de los peligros geológicos en el área de estudio**  
Fuente: GEOCATMIN

Asimismo, se realizó el recorrido del área de estudio identificando 12 zonas donde se observaron sectores afectados, donde: 7 son por deslizamiento traslacional, 2 por deslizamiento rotacional, 2 por flujo de detritos y 1 por caída de rocas; se detalla en el siguiente mapa. (Ver ANEXO- Mapa P-06)

#### 4.2 Evaluación del peligro por movimiento de masa.

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros y descriptores de evaluación, factores condicionantes y descendentes, se utilizó el método PAJ a escala Saaty.

##### 4.2.1 Parámetros de evaluación del fenómeno.

###### a. Parámetro de evaluación: Frecuencia.



Según INDECI (2011), la frecuencia se refiere a la ocurrencia temporal de movimiento en masas en ladera que puede ser obtenida del análisis multitemporales de fotografías aéreas y registros históricos.

**Muy alta:** probabilidad de 80 a 100%, periodo de retorno 1 -5 años.

**Alta:** probabilidad de 40 a 80%, periodo de retorno 5 -15 años.

**Media:** probabilidad de 10 a 40%, periodo de retorno 15 -50 años.

**Baja:** Probabilidad de menor a 10%, periodo de retorno 50 -200 años.

**Tabla 13.** Matriz de comparación de pares del parámetro frecuencia.

Frecuencia	Muy alta	Alta	Media	Baja
Muy alta	1	2	3	5
Alta	0.50	1	2	3
Media	0.33	0.50	1	2
Baja	0.20	0.33	0.50	1
Suma	2.03	3.83	6.50	11.00
1/suma	0.49	0.26	0.15	0.09

NOTA. Fuente: INDECI, ajustado por el tesista.

**Tabla 14.** Matriz de Normalización del parámetro frecuencia.

Frecuencia	Muy alta	Alta	Media	Baja	Vector priorización (ponderación)
Muy alta	0.49	0.52	0.46	0.45	0.48
Alta	0.25	0.26	0.31	0.27	0.27
Media	0.16	0.13	0.15	0.18	0.16
Baja	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09
Índice de consistencia				IC	0.0048
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0055</b>

NOTA. Fuente: INDECI, ajustado por el tesista.

#### 4.2.2 Análisis de los factores condicionantes.

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural o inducido por la acción humana, así como su distribución espacial. (CENEPRED, 2014).

a. **Parámetro de evaluación: Geología.**

**Tabla 15.** Matriz de comparación de pares del parámetro geología.

Geología	Formación Chimú-depósito coluvial	Formación Chicama	Formación Santa-Carhuaz	Deposito fluvial - aluvial
Formación Chimú-depósito coluvial	1	3	4	5
Formación Chicama	0.33	1	3	4
Formación Santa-Carhuaz	0.25	0.33	1	2
Deposito fluvial - aluvial	0.20	0.25	0.50	1
Suma	1.78	4.58	8.50	12.00
1/suma	0.56	0.22	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16.** Matriz de Normalización del parámetro geología.

Geología	Formación Chimú-depósito coluvial	Formación Chicama	Formación Santa-Carhuaz	Deposito fluvial - aluvial	Vector Priorización (Ponderación)
Formación Chimú-depósito coluvial	0.56	0.65	0.47	0.42	0.526
Formación Chicama	0.19	0.22	0.35	0.33	0.273
Formación Santa-Carhuaz	0.14	0.07	0.12	0.17	0.124
Deposito fluvial - aluvial	0.11	0.05	0.06	0.08	0.077
Índice de consistencia				IC	0.0383
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0434</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

b. **Parámetro de evaluación: Pendiente.**

**Tabla 17.** Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.

Pendiente	> 45%	25% - 45%	10% - 25%	0 - 10%
> 45%	1	3	4	5
25% - 45%	0.33	1	3	4
10% - 25%	0.25	0.33	1	3
0 - 10%	0.20	0.25	0.33	1
suma	1.78	4.58	8.33	13.00
1/suma	0.56	0.22	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18.** Matriz de Normalización del parámetro pendiente.

Pendiente	> 45%	25% - 45%	10% - 25%	0 - 10%	Vector priorización (ponderación)
> 45%	0.56	0.65	0.48	0.38	0.52
25% - 45%	0.19	0.22	0.36	0.31	0.27
10% - 25%	0.14	0.07	0.12	0.23	0.14
0 - 10%	0.11	0.05	0.04	0.08	0.07
Índice de consistencia				IC	0.0612
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0694</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**c. Parámetro de evaluación: Geomorfología.**

**Tabla 19.** Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología.

Geomorfología	Montaña con laderas de moderadas a fuerte pendiente-depósitos de deslizamiento	Montaña con ladera estructural	Colinas y lomadas	Terraza aluvial
Montaña con laderas de moderadas a fuerte pendiente-depósitos de deslizamiento	1	2	3	5
Montaña con ladera estructural	0.50	1	2	3
Colinas y lomadas	0.33	0.50	1	4
Terraza aluvial	0.20	0.33	0.25	1
Suma	2.03	3.83	6.25	13.00
1/suma	0.49	0.26	0.16	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 20.** Matriz de Normalización del parámetro geomorfología.

Geomorfología	Montaña con laderas de moderadas a fuerte pendiente-depósitos de deslizamiento	Montaña con ladera estructural	Colinas y lomadas	Terraza aluvial	Vector priorización (ponderación)
Montaña con laderas de moderadas a fuerte pendiente-depósitos de deslizamiento	0.49	0.52	0.48	0.38	0.47
Montaña con ladera estructural	0.25	0.26	0.32	0.23	0.26
Colinas y lomadas	0.16	0.13	0.16	0.31	0.19
Terraza aluvial	0.10	0.09	0.04	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0395
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0448</b>

**d. Parámetro de evaluación: Cobertura vegetal.**

**Tabla 21.** Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Zona urbanas y rurales	Cultivo en secano	Matorral	Bosque
Zona urbanas y rurales	1	3	4	5
Cultivo en secano	0.33	1	3	4
Matorral	0.25	0.33	1	2
Bosque	0.20	0.25	0.50	1
<b>Suma</b>	1.78	4.58	8.50	12.00
<b>1/suma</b>	0.56	0.22	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22.** Matriz de Normalización del parámetro cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Zona urbanas y rurales	Cultivo en secano	Matorral	Bosque	Vector priorización (ponderación)
Zona urbanas y rurales	0.56	0.65	0.47	0.42	0.53
Cultivo en secano	0.19	0.22	0.35	0.33	0.27
Matorral	0.14	0.07	0.12	0.17	0.12
Bosque	0.11	0.05	0.06	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0383
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0434</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**4.2.3 Análisis de los factores desencadenante.**

Son factores que desencadenan eventos o sucesos que pueden generar peligros en un ámbito geográfico.

**a. Parámetro de evaluación: Precipitación.**

**Tabla 23.** Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.

Pendiente	> 1000 mm	600 - 1000 mm	200 - 600 mm	< 200
> 1000 mm	1	2	4	5
600 - 1000 mm	0.50	1	2	3
200 - 600 mm	0.25	0.50	1	3
< 200	0.20	0.33	0.33	1
<b>Suma</b>	1.95	3.83	7.33	12.00
<b>1/suma</b>	0.51	0.26	0.14	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24.** Matriz de Normalización del parámetro precipitación.

Pendiente	> 1000 mm	600 - 1000 mm	200 - 600 mm	< 200	Vector priorización (ponderación)
> 1000 mm	0.51	0.52	0.55	0.42	0.50
600 - 1000 mm	0.26	0.26	0.27	0.25	0.26
200 - 600 mm	0.13	0.13	0.14	0.25	0.16
< 200	0.10	0.09	0.05	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0274
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0311</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 Análisis de parámetros de los factores condicionantes.

**Tabla 25.** Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes.

Pendiente	Geología	Pendiente	Geomorfología	Cobertura vegetal
Geología	1	2	3	4
Pendiente	0.50	1	2	3
Geomorfología	0.33	0.50	1	2
Cobertura vegetal	0.25	0.33	0.50	1
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/suma	0.48	0.26	0.15	0.10

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26.** Matriz de Normalización de los parámetros condicionantes.

Pendiente	Geología	Pendiente	Geomorfología	Cobertura vegetal	Vector priorización (ponderación)
Geología	0.48	0.52	0.46	0.40	0.466
Pendiente	0.24	0.26	0.31	0.30	0.277
Geomorfología	0.16	0.13	0.15	0.20	0.161
Cobertura vegetal	0.12	0.09	0.08	0.10	0.096
Índice de consistencia				IC	0.0103
Relaciones de consistencia < 0.08				RC	<b>0.0117</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Niveles de peligro.

En la siguiente tabla, se muestra los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos, después de haber aplicado el método del Proceso de Análisis Jerárquico a escala Saaty, operando previamente las ponderaciones de los factores desencadenantes, condicionantes y parámetros de evaluación.



**Tabla 27.** Niveles de Peligro.

Rangos de peligrosidad	Niveles
$0.268 \leq P \leq 0.495$	MUY ALTO
$0.155 \leq P < 0.268$	ALTO
$0.083 \leq P < 0.155$	MEDIO
$P < 0.083$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.6 Estratigrafía de los niveles de peligro.

**Tabla 28.** Estratificación de peligro

Nivel de peligro	Descripción	Rangos
<b>Peligro Muy alto</b>	Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología Fm. Chicama, Fm. Chimú, Fm. Santa Carhuaz, depósitos fluviales, aluviales y coluviales; su geomorfología formado por montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, montañas con laderas estructurales, depósitos de deslizamientos, y terrazas aluviales; con pendientes de 25% hasta más de 100%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.	$0.268 \leq P \leq 0.495$
<b>Peligro Alto</b>	Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología Fm. Chicama, Fm. Chimú, Fm. Santa Carhuaz, depósitos fluviales, aluviales y coluviales; su geomorfología formado por montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, montañas con laderas estructurales, depósitos de deslizamientos, colinas, lomadas y terrazas aluviales; con pendientes de 10% hasta más de 100%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.	$0.155 \leq P < 0.268$
<b>Peligro Medio</b>	Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología Fm. Santa Carhuaz, depósitos fluviales y aluviales; su geomorfología formado por montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, montañas con laderas estructurales, depósitos de deslizamientos, colinas, lomadas y terrazas aluviales; con pendientes de 2% hasta más de 45%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.	$0.083 \leq P < 0.155$

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

Los mapas temáticos geología, pendientes, geomorfología, cobertura vegetal e isoyetas se trabajó en formato shapefile, fueron ponderados con la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico, obteniendo el mapa de susceptibilidad a movimiento

de masa que por sí sola no es un mapa de peligro, ya que necesita la evaluación del parámetro del fenómeno, en este caso es la frecuencia del fenómeno; luego de realizar el análisis estadístico y cartográfico con el software ArcGIS 10.5, se obtuvo el mapa de peligros por movimiento de masa (Ver anexo 1 – mapa P-07) del área de influencia del sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2009), Tarazona J. (2016) y Dueñas Y. (2016), respecto a los rangos y niveles, mas no en las descripciones, ya que se trabajó con datos propios de la zona.

Se observa en el mapa (Ver anexo 1 – mapa P-07) que el área de influencia tiene solo tres colores, esto se debe a que el área de estudio es muy pequeña y el factor desencadenante es único para esta área y esto hace que la estratificación solo categorice tres niveles (Muy alto, alto y medio). Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

#### 4.2.7. Análisis de elementos expuestos: sistema de abastecimiento de agua potable.

El elemento expuesto en el área de influencia comprende a los elementos susceptibles (captación, desarenador, línea de conducción, entre otros) que se encuentren en la zona potencial impacto al peligro por movimientos de masa que podrían sufrir los efectos ante la ocurrencia o manifestación del peligro. Los elementos expuestos se muestran la siguiente tabla:

**Tabla 29.** Elementos expuestos.

	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>1</b>	Captación (01)	m2	513.77
<b>2</b>	Línea de conducción	Km	4.5
<b>3</b>	Planta de tratamiento (01)	m2	3320.05
<b>4</b>	Reservorio (01)	m2	1041.17
<b>5</b>	Línea de aducción	m	30

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 Análisis de la vulnerabilidad.

Según CENEPRED 2018; los niveles de vulnerabilidad se determinan por componentes del sistema de agua potable. Para ello, se determinan los parámetros y descriptores de

Exposición, Fragilidad y Resiliencia y luego se realiza la ponderación de Análisis Jerárquico. para determinar los valores de vector priorización. En este caso solo se analizará la Vulnerabilidad Física.

El análisis de los parámetros y descriptores se realizará por componente, la única diferencia que tendrá los parámetros de dichos componentes será el tipo de material y configuración estructural, el resto de parámetros serán iguales.

#### 4.3.1 Vulnerabilidad en la dimensión física de la captación.

##### a. Análisis del parámetro físico.

###### ➤ Exposición física.

- **Parámetro de evaluación:** Nivel de exposición al peligro de movimiento de masa.

**Muy cercana:** de 0 km – 0.2 km

**Cercana:** 0.2 km – 1 km

**Medianamente cerca:** 1 – 3 km

**Alejada:** mayor a 3 km

**Tabla 30.** Matriz de comparación de pares del parámetro nivel de exposición al peligro de movimiento de masa.

Nivel de exposición	Muy cercana	Cercana	Medianamente cerca	Alejada
Muy cercana	1	3	4	5
Cercana	0.33	1	3	4
Medianamente cerca	0.25	0.33	1	2
Alejada	0.20	0.25	0.50	1
<b>Suma</b>	1.78	4.58	8.50	12.00
<b>1/suma</b>	0.56	0.22	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31.** Matriz de Normalización del parámetro exposición al peligro de movimiento de masa.

Nivel de exposición	Muy cercana	Cercana	Medianamente e cerca	Alejada	Vector priorización (ponderación)
Muy cercana	0.56	0.65	0.47	0.42	0.526
Cercana	0.19	0.22	0.35	0.33	0.273

<b>Medianamente cerca</b>	0.14	0.07	0.12	0.17	0.124
<b>Alejada</b>	0.11	0.05	0.06	0.08	0.077
Índice de consistencia				IC	0.0383
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0434</b>

**NOTA.** Fuente: Elaboración propia.

➤ **Fragilidad física.**

**Tabla 32.** Matriz de comparación de pares del parámetro fragilidad física.

<b>Fragilidad</b>	<b>Estado de conservación</b>	<b>Antigüedad de la infraestructura</b>	<b>Configuración estructural</b>
<b>Estado de conservación</b>	1	2	3
<b>Antigüedad de la infraestructura</b>	0.50	1	2
<b>Configuración estructural</b>	0.33	0.50	1
<b>Suma</b>	1.83	3.50	6.00
<b>1/suma</b>	0.55	0.29	0.17

**Tabla 33.** Matriz de Normalización del parámetro fragilidad física.

<b>Fragilidad</b>	<b>Estado de conservación</b>	<b>Antigüedad de la infraestructura</b>	<b>Configuración estructural</b>	<b>Vector priorización (ponderación)</b>
<b>Estado de conservación</b>	0.55	0.57	0.50	0.54
<b>Antigüedad de la infraestructura</b>	0.27	0.29	0.33	0.30
<b>Configuración estructural</b>	0.18	0.14	0.17	0.16
Índice de consistencia			IC	0.0046
Relaciones de consistencia < 0.04(*)			RC	<b>0.0088</b>

**NOTA.** Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Estado de conservación.

**Muy malo:** la estructura presenta un deterioro tal que hace presumir su colapso.

**Malo:** la estructura tiene deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome.

**Regular:** la estructura no tiene deterioro y si lo tiene, no lo comprometen y es subsanable.

**Bueno:** la estructura presenta ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal o no tiene ningún deterioro.

**Tabla 34.** Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación.

Estado de conservación	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Muy malo	1	2	3	5
Malo	0.50	1	2	3
Regular	0.33	0.50	1	3
Bueno	0.20	0.33	0.33	1
Suma	2.03	3.83	6.33	12.00
1/suma	0.49	0.26	0.16	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 35.** Matriz de Normalización del parámetro estado de conservación.

Estado de conservación	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Vector priorización (ponderación)
Muy malo	0.49	0.52	0.47	0.42	0.47
Malo	0.25	0.26	0.32	0.25	0.27
Regular	0.16	0.13	0.16	0.25	0.18
Bueno	0.10	0.09	0.05	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0199
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0226</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Antigüedad de la infraestructura.

**Tabla 36.** Matriz de comparación de pares del parámetro antigüedad de la infraestructura.

Antigüedad de la infraestructura	Mayor a 40 años	15 - 40 años	10 - 15 años	0 - 10 años
Mayor a 40 años	1	3	4	5
15 - 40 años	0.33	1	2	3
10 - 15 años	0.25	0.50	1	2
0 - 10 años	0.20	0.33	0.50	1
Suma	1.78	4.83	7.50	11.00
1/suma	0.56	0.21	0.13	0.09

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 37.** Matriz de Normalización del parámetro antigüedad de la infraestructura.

Antigüedad de la infraestructura	Mayor a 40 años	15 - 40 años	10 - 15 años	0 - 10 años	Vector priorización (ponderación)
Mayor a 40 años	0.56	0.62	0.53	0.45	0.54
15 - 40 años	0.19	0.21	0.27	0.27	0.23
10 - 15 años	0.14	0.10	0.13	0.18	0.14
0 - 10 años	0.11	0.07	0.07	0.09	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0171
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0194</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Configuración estructural.

**Toma directa:** Se trata de una toma que capta directamente mediante un canal lateral, es como una bifurcación.

**Toma tirolesa o Caucásiana:** La captación se efectúa por medio de una rejilla de fondo cuyos barrotes se disponen en la dirección de la corriente.

**Toma mixta o convencional:** Se trata de una toma que realiza la captación mediante el cierre del río con una estructura llamada azud o presa de derivación, el cual puede ser fija o móvil dependiendo del tipo del material usado. Será fija cuando se utiliza un elemento rígido, por lo general concreto, y será móvil cuando se utilizan compuertas de acero o madera.

La captación en ese tipo de bocatomas se realiza por medio de una ventana que puede funcionar como orificio o vertedero dependiendo del tirante en el río.

**Tabla 38.** Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural de la captación.

Configuración estructural	Estructura con visibles defectos	Toma directa	Toma Tirolesa o Caucásiana	Toma mixta o convencional
Estructura con visibles defectos	1	2	4	5
Toma directa	0.50	1	3	4
Toma Tirolesa o Caucásiana	0.25	0.33	1	2
Toma mixta o convencional	0.20	0.25	0.50	1
Suma	1.95	3.58	8.50	12.00
1/suma	0.51	0.279	0.118	0.083

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 39.** Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural de la captación.

Configuración estructural	Estructura con visibles defectos	Toma directa	Toma Tirolesa o Caucásiana	Toma mixta o convencional	Vector priorización (ponderación)
Estructura con visibles defectos	0.51	0.56	0.47	0.42	0.49
Toma directa	0.26	0.28	0.35	0.33	0.31
Toma Tirolesa o Caucásiana	0.13	0.09	0.12	0.17	0.13

<b>Toma mixta o convencional</b>	0.10	0.07	0.06	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0162
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0184</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

### ➤ Resiliencia Física.

**Tabla 40.** Matriz de comparación de pares del parámetro resiliencia física.

Resiliencia	Mantenimiento del sistema	Estado de obra de protección	Operación del sistema
Mantenimiento del sistema	1	2	3
Estado de obra de protección	0.50	1	2
Operación del sistema	0.33	0.50	1
<b>Suma</b>	1.83	3.50	6.00
<b>1/suma</b>	0.55	0.29	0.17

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 41.** Matriz de Normalización del parámetro resiliencia física.

Resiliencia	Mantenimiento del sistema	Estado de obra de protección	Operación del sistema	Vector priorización (ponderación)
Mantenimiento del sistema	0.55	0.57	0.50	0.54
Estado de obra de protección	0.27	0.29	0.33	0.30
Operación del sistema	0.18	0.14	0.17	0.16
Índice de consistencia			IC	0.0046
Relaciones de consistencia < 0.04(*)			RC	<b>0.0088</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Mantenimiento del sistema.

Conjunto de actividades que deben realizarse para preservar y restablecer las instalaciones en su estado ideal y lograr que éstas sean más duraderas y perdurables en el tiempo.

**Muy malo:** las estructuras del sistema de agua potable no reciben mantenimiento regular.

**Malo:** las estructuras del sistema de agua potable reciben mantenimiento cada 3 meses.

**Regular:** las estructuras del sistema de agua potable reciben mantenimiento cada 15 días.

**Bueno:** las estructuras del sistema de agua potable reciben mantenimiento permanente.

**Tabla 42.** Matriz de comparación de pares del parámetro mantenimiento del sistema

Mantenimiento del sistema	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Muy malo	1	2	4	5
Malo	0.50	1	2	4
Regular	0.25	0.50	1	3
Bueno	0.20	0.25	0.33	1
Suma	1.95	3.75	7.33	13.00
1/suma	0.51	0.27	0.14	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 43.** Matriz de Normalización del parámetro mantenimiento de sistema

Mantenimiento del sistema	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Vector priorización (ponderación)
Muy malo	0.51	0.53	0.55	0.38	0.49
Malo	0.26	0.27	0.27	0.31	0.28
Regular	0.13	0.13	0.14	0.23	0.16
Bueno	0.10	0.07	0.05	0.08	0.07

Índice de consistencia	IC	0.0245
Relaciones de consistencia < 0.08(*)	RC	<b>0.0278</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Obra de protección.

**Tabla 44.** Matriz de comparación de pares del parámetro estado de obra de protección.

Estado de obra de protección	No tiene obras de protección	Deteriorada	Obra inconclusa	Obra concluida
No tiene obras de protección	1	2	4	5
Deteriorada	0.50	1	2	3
Obra inconclusa	0.25	0.50	1	2
Obra concluida	0.20	0.33	0.50	1
Suma	1.95	3.83	7.50	11.00
1/suma	0.51	0.26	0.13	0.09

NOTA. Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 45.** Matriz de Normalización del parámetro estado de obra de protección.

Estado de obra de protección	No tiene obras de protección	Deteriorada	Obra inconclusa	Obra concluida	Vector priorización (ponderación)
No tiene obras de protección	0.51	0.52	0.53	0.45	0.506
Deteriorada	0.26	0.26	0.27	0.27	0.264
Obra inconclusa	0.13	0.13	0.13	0.18	0.143
Obra concluida	0.10	0.09	0.07	0.09	0.087
Índice de consistencia				IC	0.0071
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.008</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

- **Parámetro de evaluación:** Operación del sistema.

Es el conjunto de maniobras o acciones y oportunas que se efectúan para poner en funcionamiento parte o todo del sistema de agua potable. Para que funcionen forma continua y eficiente.

**Muy malo:** el manejo y operación de la captación es deficiente, por falta de conocimiento técnico.

**Malo:** el manejo y operación de la captación lo realiza personal que tiene poco conocimiento en el área.

**Regular:** el manejo y operación de la captación es adecuado lo realiza personal capacitado en el área.

**Bueno:** el manejo y operación de la captación es adecuada, lo realiza un técnico especialista en el área.

**Tabla 46.** Matriz de comparación de pares del parámetro operación del sistema.

Operación del sistema	Muy malo	Malo	Regular	Bueno
Muy malo	1	2	4	5
Malo	0.50	1	2	4
Regular	0.25	0.50	1	3
Bueno	0.20	0.25	0.33	1
Suma	1.95	3.75	7.33	13.00
1/suma	0.51	0.27	0.14	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 47.** Matriz de Normalización del parámetro operación de sistema

Operación del sistema	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Vector priorización (ponderación)
<b>Muy malo</b>	0.51	0.53	0.55	0.38	0.49
<b>Malo</b>	0.26	0.27	0.27	0.31	0.28
<b>Regular</b>	0.13	0.13	0.14	0.23	0.16
<b>Bueno</b>	0.10	0.07	0.05	0.08	0.07
Índice de consistencia				IC	0.0245
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0278</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Vulnerabilidad en la dimensión física del canal abierto.

- **Parámetro de evaluación:** Tipo de material

**Tierra:** son susceptibles a erosionarse debido a la fuerza de arrastre de flujo de agua que genera esfuerzos cortantes en su superficie ocasionando desprendimiento de material, lo que conlleva a la pérdida de la sección y a la reducción de desempeño hidráulico.

**Concreto simple:** es una mezcla de cemento, grava, arena y agua. Baja capacidad de resistir tracciones y su rigidez.

**Emboquillado de piedra:** se utiliza concreto más piedra (de 5 a 15kg), protege contra la erosión y socavación.

**Concreto armado:** mezcla de piedras, arena, agua, cemento y con acero de refuerzo. Presenta múltiples ventajas ya que es muy duradero. Se acopla a sitios cuyos cambios de temperatura son extremos.

**Tabla 48.** Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de material del canal abierto.

Tipo de material	Tierra	Concreto simple	Emboquillado de piedra	Concreto armado
<b>Tierra</b>	1	3	5	7
<b>Concreto simple</b>	0.33	1	4	5
<b>Emboquillado de piedra</b>	0.20	0.25	1	3
<b>Concreto armado</b>	0.14	0.20	0.33	1
<b>Suma</b>	1.68	4.45	10.33	16.00
<b>1/suma</b>	0.60	0.22	0.10	0.06

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 49.** Matriz de Normalización del parámetro tipo de material del canal abierto.

Tipo de material	Tierra	Concreto simple	Emboquillado de piedra	Concreto armado	Vector priorización (ponderación)
Tierra	0.60	0.67	0.48	0.44	0.55
Concreto simple	0.20	0.22	0.39	0.31	0.28
Emboquillado de piedra	0.12	0.06	0.10	0.19	0.11
Concreto armado	0.09	0.04	0.03	0.06	0.06
Índice de consistencia				IC	0.0581
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0659</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3 Vulnerabilidad en la dimensión física de la planta de tratamiento de agua potable.

- **Parámetro de evaluación:** Configuración estructural.

**Plantas convencionales:** Es aquella donde cada uno de los procesos ocurre en estructuras diferentes, es decir, está conformada por canales, floculadores, sedimentadores y filtros. Los tiempos de residencia son altos.

**Planta compacta:** se denomina así a la planta en la cual se llevan a cabo todos los procesos en un mismo módulo prefabricado. Los tiempos de residencia son bajos.

**Plantas de filtración en múltiples etapas:** se denomina así a las plantas en donde existe filtración lenta en múltiples etapas.

**Planta de filtración directa:** en donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora.

**Tabla 50.** Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural de la PTAP

Configuración estructural	Planta de filtración directa	Planta de filtración en múltiples etapas	Planta compacta	Planta convencional
Planta de filtración directa	1	2	4	5
Planta de filtración en múltiples etapas	0.50	1	3	4
Planta compacta	0.25	0.33	1	2
Planta convencional	0.20	0.25	0.50	1
<b>Suma</b>	1.95	3.58	8.50	12.00
<b>1/suma</b>	0.51	0.28	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 51.** Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural de la PTAP.

Configuración estructural	Planta de filtración directa	Planta de filtración en múltiples etapas	Planta compacta	Planta convencional	Vector priorización (ponderación)
Planta de filtración directa	0.51	0.56	0.47	0.42	0.49
Planta de filtración en múltiples etapas	0.26	0.28	0.35	0.33	0.31
Planta compacta	0.13	0.09	0.12	0.17	0.13
Planta convencional	0.10	0.07	0.06	0.08	0.08
Índice de consistencia				IC	0.0162
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0184</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Vulnerabilidad en la dimensión física del canal cerrado (tubería).

- **Parámetro de evaluación:** Tipo de material

**Asbesto cemento:** se fabrica por enrollado a presión de una mezcla de asbesto y cemento portland en capas múltiples, siendo sometidas a fraguado mediante procesos especiales.

**Acero:** tubo fabricado con acero de carbono, es resistente a la tracción. Prueba hidrostática de 700 psi.

**Policloruro de vinilo (PVC):** Es el derivado del plástico más versátil. Es un material ligero, resistente, impermeable, etc. Clase-10, presión hidrostática de 10 bar.

**Polietileno (HDPE):** es resistente extremo al impacto, golpes, terrenos pedrosos y flexibles, entre otros, Norma ISO 4427, Presión hidrostática de 4 a 12.5 bar.

**Tabla 52.** Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de material de la tubería

Tipo de material	Asbesto cemento a presión	Acero	Policloruro de vinilo (PVC)	Polietileno (HDPE)
Asbesto cemento a presión	1	3	4	5
Acero	0.33	1	2	4
Policloruro de vinilo (PVC)	0.25	0.50	1	3
Polietileno (HDPE)	0.20	0.25	0.33	1

<b>Suma</b>	1.78	4.75	7.33	13.00
<b>1/suma</b>	0.56	0.21	0.14	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 53.** Matriz de Normalización del parámetro tipo de material de la tubería.

Tipo de material	Asbesto cemento a presión	Acero	Policloruro de vinilo (PVC)	Polietileno (HDPE)	Vector priorización (ponderación)
<b>Asbesto cemento a presión</b>	0.56	0.63	0.55	0.38	0.531
<b>Acero</b>	0.19	0.21	0.27	0.31	0.244
<b>Policloruro de vinilo (PVC)</b>	0.14	0.11	0.14	0.23	0.153
<b>Polietileno (HDPE)</b>	0.11	0.05	0.05	0.08	0.07
Índice de consistencia				IC	0.0396
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0449</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.5 Vulnerabilidad en la dimensión física del reservorio.

- **Parámetro de evaluación:** Configuración estructural.

**Tabla 54.** Matriz de comparación de pares del parámetro configuración estructural del reservorio

Configuración estructural	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	Reservorio elevado con fuste de concreto armado	Apoyado	Enterrado
<b>Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado</b>	1	3	4	5
<b>Reservorio elevado con fuste de concreto armado</b>	0.33	1	3	4
<b>Apoyado</b>	0.25	0.33	1	2
<b>Enterrado</b>	0.20	0.25	0.50	1
<b>Suma</b>	1.78	4.58	8.50	12.00
<b>1/suma</b>	0.56	0.22	0.12	0.08

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 55.** Matriz de Normalización del parámetro configuración estructural del reservorio.

Configuración estructural	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	Reservorio elevado con fuste de concreto armado	Apoyado	Enterrado	Vector priorización (ponderación)
Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	0.56	0.65	0.47	0.42	0.526
Reservorio elevado con fuste de concreto armado	0.19	0.22	0.35	0.33	0.273
Apoyado	0.14	0.07	0.12	0.17	0.124
Enterrado	0.11	0.05	0.06	0.08	0.077
Índice de consistencia				IC	0.0383
Relaciones de consistencia < 0.08(*)				RC	<b>0.0434</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.6 Análisis de los factores de la vulnerabilidad.

Se analiza la exposición, fragilidad y resiliencia física para el peligro por movimientos en masa.

**Tabla 56.** Matriz de comparación de pares del parámetro dimensión físico

Parámetros	Exposición	Resiliencia	Fragilidad
Exposición	1	2	3
Resiliencia	0.50	1	2
Fragilidad	0.33	0.50	1
Suma	1.83	3.50	6.00
1/suma	0.55	0.29	0.17

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 57.** Matriz de Normalización del parámetro dimensión físico

Parámetro	Exposición	Resiliencia	Fragilidad	Vector priorización (ponderación)	
Exposición	0.55	0.57	0.50	0.539	
Resiliencia	0.27	0.29	0.33	0.297	
Fragilidad	0.18	0.14	0.17	0.164	
Índice de consistencia				IC	0.0046
Relaciones de consistencia < 0.04(*)				RC	<b>0.0088</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.7 Niveles de vulnerabilidad.

Para la evaluación de la vulnerabilidad física con fines prácticos se ha establecido adaptando la Metodología de CENEPRED (2015), en cuatro niveles de vulnerabilidad: bajo, medio, alto y muy alto. Cabe mencionar que los valores fueron obtenidos al analizar los descriptores de cada parámetro.

**Tabla 58.** Niveles de Vulnerabilidad – Captación.

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.270 \leq V \leq 0.513$	MUY ALTO
$0.139 \leq V < 0.270$	ALTO
$0.078 \leq V < 0.139$	MEDIO
$V < 0.078$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 59.** Niveles de Vulnerabilidad – Canal abierto.

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.269 \leq V \leq 0.516$	MUY ALTO
$0.138 \leq V < 0.269$	ALTO
$0.077 \leq V < 0.138$	MEDIO
$V < 0.077$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 60.** Niveles de Vulnerabilidad – PTAP

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.270 \leq V \leq 0.513$	MUY ALTO
$0.139 \leq V < 0.270$	ALTO
$0.078 \leq V < 0.139$	MEDIO
$V < 0.078$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 61.** Niveles de Vulnerabilidad – Canal cerrado

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.267 \leq V \leq 0.515$	MUY ALTO
$0.140 \leq V < 0.267$	ALTO
$0.078 \leq V < 0.140$	MEDIO
$V < 0.078$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 62.** Niveles de Vulnerabilidad – Reservorio

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.269 \leq V \leq 0.515$	MUY ALTO
$0.139 \leq V < 0.269$	ALTO
$0.078 \leq V < 0.139$	MEDIO
$V < 0.078$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de los niveles de la vulnerabilidad física final, se calculó el promedio de los resultados de los componentes.

**Tabla 63.** Niveles de Vulnerabilidad

Rangos de vulnerabilidad	Niveles
$0.269 \leq V \leq 0.514$	MUY ALTO
$0.139 \leq V < 0.269$	ALTO
$0.078 \leq V < 0.139$	MEDIO
$V < 0.078$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.8 Cálculo de vulnerabilidad por cada componente ante el peligro de movimiento de masa.

Para verificar la vulnerabilidad por movimientos en masa en cada componente del sistema de agua potable, se procede con la ponderación de los tres factores tales como exposición, Fragilidad y Resiliencia de la dimensión física. A continuación, se realizan los cálculos:

##### a. Captación.

**Tabla 64.** Cálculo de vulnerabilidad física – Captación.

Exposición física		Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.53	0.54	0.18	0.30	0.26	0.16	<b>0.38</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

##### b. Canal abierto.

**Tabla 65.** Cálculo de vulnerabilidad física – Canal abierto.

Exposición física		Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.53	0.54	0.44	0.30	0.34	0.16	<b>0.47</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia



**c. Planta de tratamiento de agua potable.**

**Tabla 66.** Cálculo de vulnerabilidad física – Planta de tratamiento de agua potable.

Exposición física		Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.12	0.54	0.10	0.30	0.20	0.16	<b>0.13</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

**d. Canal cerrado (tubería).**

**Tabla 67.** Cálculo de vulnerabilidad física – Canal cerrado.

Exposición física		Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.12	0.54	0.19	0.30	0.50	0.16	<b>0.21</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

**e. Reservorio.**

**Tabla 68.** Cálculo de vulnerabilidad física – Reservorio.

Exposición física		Fragilidad física		Resiliencia física		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.08	0.54	0.18	0.30	0.14	0.16	<b>0.12</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia

**4.3.9 Estratificación de la vulnerabilidad para cada uno de los componentes.**

La estratificación se realizó por cada componente, los cuales son:

**Tabla 69.** Estratificación de vulnerabilidad-Captación

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy alta	La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Configuración estructural para los siguientes componentes son: Captación (toma mixta convencional). No tiene obra de protección. Regular mantenimiento y operación del sistema.	<b><math>0.269 \leq V \leq 0.514</math></b>

**Tabla 70.** Estratificación de vulnerabilidad-Canal abierto.

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy alta	La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de más de 40 años. Tipo de material emboquillado con piedra. No tiene obra de protección. Mal mantenimiento y operación del sistema.	$0.269 \leq V \leq 0.514$

**Tabla 71.** Estratificación de vulnerabilidad-Plata de tratamiento de agua potable

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy alta	La estructura se encuentra medianamente cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación buena. Antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años. Configuración estructural para PTAP (Planta convencional). No tiene Obra de protección. Buen mantenimiento y operación del sistema.	$0.078 \leq V < 0.139$

**Tabla 72.** Estratificación de vulnerabilidad-Canal cerrado (tubería)

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy alta	La estructura se encuentra cercana ante un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Tipo de material del cerrado es policloruro de vinilo. No tiene obra de protección. Muy mal mantenimiento y operación del sistema.	$0.269 \leq V \leq 0.514$
Vulnerabilidad Alta	La estructura se encuentra medianamente cercana ante un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Tipo de material del cerrado es policloruro de vinilo. No tiene obra de protección. Muy mal mantenimiento y operación del sistema.	$0.139 \leq V < 0.269$

**Tabla 73.** Estratificación de vulnerabilidad-Reservorio.

Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy alta	La estructura se encuentra alejada de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años. Configuración estructural reservorio apoyado. Tiene Obra de protección. regular mantenimiento y operación del sistema.	$0.078 \leq V < 0.139$

En base al mapa de peligros se analizó la vulnerabilidad de cada componente que conforma el sistema de agua, en la dimensión física y factores (exposición, fragilidad

y resiliencia), con la metodología del Proceso de Análisis Jerárquico se obtuvo el mapa de vulnerabilidad física (Ver anexo 1 – mapa P-08)

La estratificación de la vulnerabilidad es analizada para los resultados que se obtuvo al realizar las operaciones matemáticas y cartográficas en el software ArcGIS 10.5, para cada componente que conforma el sistema (captación, canal abierto, PTAP, canal cerrado y Reservorio), según bibliografías no se encontró mapa de vulnerabilidad para un sistema de agua potable. Respecto a los resultados se categorizo solo tres niveles (muy alto, alto y medio).

#### 4.4 Determinación de los niveles de riesgo por movimiento de masa en el área de estudio.

Los niveles de riesgo (ver tabla 74), se obtienen de multiplicar o relacionar los niveles de peligro con los niveles de vulnerabilidad física de los elementos expuestos. Se aplica la siguiente ecuación:

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

Donde:

$R_{ie}$  = Riesgo

$f$ : en función

$P_i$ : peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un periodo de exposición  $t$ .

$V_e$ : vulnerabilidad de un elemento expuesto.

**Tabla 74.** Cálculo de riesgo

Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
0.495	0.514	<b>0.2544</b>
0.268	0.269	<b>0.0722</b>
0.155	0.139	<b>0.0216</b>
0.083	0.078	<b>0.0065</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

##### 4.4.1 Rangos y niveles de riesgo

Después de realizar los cálculos correspondientes, se obtuvo los siguientes rangos para cada uno de los niveles de riesgo por movimiento de masa en el sistema de abastecimiento de agua potables de Pomabamba.

**Tabla 75.** Niveles de Riesgo.

Rangos de Riesgo	Niveles
$0.072 \leq R \leq 0.254$	MUY ALTO
$0.022 \leq R < 0.072$	ALTO
$0.007 \leq R < 0.022$	MEDIO
$R < 0.007$	BAJO

NOTA. Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1 Mapa de Riesgo.

El mapa de riesgos (Ver anexo 1 – mapa P-09) se obtuvo aplicando el análisis estadístico y cartográfico con la metodología PAJ con el software ArcGIS 10.5, según bibliografía no se encontró mapas de riesgos analizados para un sistema de agua, es decir, mapas con los que se pueda hacer una comparación.

#### 4.1.2 Estratificación de Riesgo.

**Tabla 76.** Estratificación de Riesgo

Nivel de riesgo	Descripción	Rangos
<b>Riesgo Muy alta</b>	Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología Fm. Chicama, Fm. Chimú, Fm. Santa Carhuaz, depósitos fluviales, aluviales y coluviales; su geomorfología formado por montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, montañas con laderas estructurales, depósitos de deslizamientos, y terrazas aluviales; con pendientes de 25% hasta más de 100%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.	$0.072 \leq R \leq 0.254$
	La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Configuración estructural para los siguientes componentes son: Captación (toma mixta convencional). No tiene obra de protección. Regular mantenimiento y operación del sistema.	
	La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de más de 40 años. Tipo de material emboquillado con piedra. No tiene obra de protección. Mal mantenimiento y operación del sistema.	
	La estructura se encuentra cercana ante un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Tipo de material del cerrado es policloruro de vinilo. No	

<p>tiene obra de protección. Muy mal mantenimiento y operación del sistema.</p> <hr/> <p>Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología Fm. Chicama, Fm. Chimú, Fm. Santa Carhuaz, depósitos fluviales, aluviales y coluviales; su geomorfología formado por montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, montañas con laderas estructurales, depósitos de deslizamientos, colinas, lomadas y terrazas aluviales; con pendientes de 10% hasta más de 100%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.</p> <p>La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Configuración estructural para los siguientes componentes son: Captación (toma mixta convencional). No tiene obra de protección. Regular mantenimiento y operación del sistema.</p> <p>La estructura se encuentra muy cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación es regular. Antigüedad de infraestructura de más de 40 años. Tipo de material emboquillado con piedra. No tiene obra de protección. Mal mantenimiento y operación del sistema.</p> <p>La estructura se encuentra medianamente cercana ante un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 15 a 40 años. Tipo de material del cerrado es policloruro de vinilio. No tiene obra de protección. Muy mal mantenimiento y operación del sistema.</p>	<p style="text-align: center;"><b>0.022 ≤ R &lt; 0.072</b></p>
<p>Riesgo Media</p> <p>Precipitaciones pluviales desde 200 mm hasta 600 mm; presenta una geología de Fm. Chicama; su geomorfología formada por montañas con laderas estructurales, colinas y lomadas; con pendientes de 2% hasta más de 25%; y con una cobertura de bosques, matorrales, cultivos en secano y zonas urbanas y rurales.</p> <p>Planta de tratamiento de agua potable: La estructura se encuentra medianamente cerca de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación buena. Antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años. Configuración estructural planta convencional. No tiene Obra de protección. Buen mantenimiento y operación del sistema.</p> <p>Reservorio: La estructura se encuentra alejada de un evento de movimiento de masa. Estado de conservación regular. Antigüedad de infraestructura de 10 a 15 años. Configuración estructural reservorio apoyado. Tiene Obra de protección. regular mantenimiento y operación del sistema.</p>	<p style="text-align: center;"><b>0.006 ≤ R &lt; 0.022</b></p>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

La estratificación del riesgo es analizada solamente para el resultado que se obtuvo al calcular la relación del peligro y vulnerabilidad determinadas en el software ArcSIG; la descripción se realizó de cada uno de los elementos expuestos en área de influencia, por sus características físicas de los componentes, los cuales son descritos cualitativamente. Respectos a los resultados obtenidos las estratificaciones se definieron en tres niveles (muy alto, alto y medio).

#### 4.1.3 Matriz de Riesgo.

La matriz de riesgo se obtiene de relacionar los niveles de peligro y los niveles de vulnerabilidad.

**Tabla 77.** Matriz de riesgo (textual)

<b>Matriz De Riesgo</b>				
<b>Peligro Muy Alto</b>	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo muy Alto	Riesgo muy Alto
<b>Peligro Alto</b>	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo muy Alto
<b>Peligro Medio</b>	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo muy Alto
<b>Peligro Bajo</b>	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
<b>NIVEL</b>	<b>Vulnerabilidad Baja</b>	<b>Vulnerabilidad Media</b>	<b>Vulnerabilidad Alta</b>	<b>Vulnerabilidad Muy Alta</b>

**Tabla 78.** Matriz de riesgo (numérico)

<b>PMA</b>	0.495	0.039	0.069	0.133	0.254
<b>PA</b>	0.268	0.021	0.037	0.072	0.138
<b>PM</b>	0.155	0.012	0.022	0.042	0.080
<b>PB</b>	0.083	0.006	0.012	0.022	0.043
		0.078	0.139	0.269	0.514
		<b>VB</b>	<b>VM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

La matriz de riesgo por movimientos en masa es representar los niveles de peligro y vulnerabilidad simplificadamente para la fácil comprensión del lector. En el manual de evaluación de riesgos por fenómenos naturales del CENEPRED Versión 02 los datos de la matriz se ajustan con los colores, esto es debido a que los valores de peligro y vulnerabilidad son los mismos por cada nivel categorizado, es decir es un cuadro ideal; no obstante cuando se trabaja con datos propios del territorio no se ajusta en un 5%, lo cual no altera los resultados cuantitativos, pero en análisis cualitativo varía en la coloración, ya que visualmente en el manual se colorea de anaranjado y en el estudio con rojo, siendo una explicación razonable las características de los elementos expuestos, y del criterio para definir el rango de los

intervalos los cuales dependen del diagnóstico y el conocimiento de aplicar la metodología.

#### 4.1.4 Cálculo de efectos probables.

Se estima las pérdidas probables, de acuerdo al mapa de riesgos por movimiento de masa en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, con el fin de determinar las consecuencias.

**Tabla 79.** Efectos probables de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Efectos probable	Total	Daños probables	Perdidas probables
01 captación + desarenador	25 000	25 000	
3km de canal de abierto	50 000	50 000	
01 Planta de tratamiento de agua potable	30 000	30 000	
Perdidas probables			
550 m <sup>3</sup> de agua potable			
Costo de adquisición de tubería PVC	15 000		15 000
Costo de adquisición de materiales	10 000		10 000
Costo de adquisición de servicios para reinstalación y mano de obra directa	20 000		20 000
<b>Total</b>	<b>150 000</b>	<b>105 000</b>	<b>45 000</b>

NOTA. Fuente: Elaboración propia.

Los efectos probables ante un impacto del peligro por movimientos en masa del área de influencia se han analizado entre los elementos expuestos más significativos y relevantes, esto quiere decir a los elementos que se encuentra en un riesgo muy alto y alto.

#### 4.1.5 Control de Riesgo.

El propósito del control de riesgo es analizar el funcionamiento, la efectividad y el cumplimiento de las medidas de protección, para determinar y ajustar sus deficiencias.

El control de riesgo por movimiento de masa del sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba depende de la decisión de la autoridad y la población de intervenir una vez conocido y socializado el mapa de riesgos, las intervenciones con recursos deben antes contar con un análisis de costo económico para evaluar el beneficio anticipado de programas o proyectos; en otras palabras, encontrar el punto de equilibrio que justifique o no la intervención, es decir si es rentable intervenir en comparación con las pérdidas por impacto del peligro por movimiento de masa. (CENEPRED, 2015).

No existe ninguna investigación para el control de riesgo en el sistema de agua potable de Pomabamba, que nos indiquen un valor numérico de que el riesgo sea aceptable o tolerable.

#### **A. Aceptabilidad o tolerancia del riesgo.**

CENEPRED (2015), la aplicación de medidas preventivas no garantiza una confiabilidad del 100% de que no se presenten consecuencias, razón por la cual el riesgo no puede eliminarse totalmente. Su valor por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto, siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas.

Para determinar la aceptabilidad o tolerancia de riesgo se trabajó a través de intervalos y para el control de riesgos se analiza cualitativamente las consecuencias y frecuencias de ocurrencia, propuestos por CENEPRED (2015).

Para la investigación se considera lo siguiente:

Peligro por Movimiento de masa.

Tipo de fenómeno: lluvias intensas.

Elementos expuestos: Infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable.

##### **a. Valoración de las consecuencias.**

**Tabla 80.** Valoración de las consecuencias.



Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficos.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con dificultad

NOTA. Fuente: CENEPRED, 2015.

Valoración de la consecuencia: **Alto**

Los peligros de movimiento de masa asociado al fenómeno de lluvias intensas no destruyen la infraestructura, pero si afecta partes de la infraestructura por tanto pueden ser gestionadas con apoyo externo.

#### b. Valoración de frecuencia de ocurrencia.

**Tabla 81.** Valoración de frecuencia de recurrencia.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias
2	Media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

NOTA. Fuente: CENEPRED, 2015.

Valoración de frecuencia de recurrencia: **Alta**

Los deslizamientos, flujos y caída de piedras en el tramo de la línea de conducción de sistema de agua potable ocurren en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.

#### c. Nivel de consecuencias y daños por peligro de movimiento de masa del sistema de agua potable de Pomabamba.

**Tabla 82.** Matriz de consecuencia y daño.

Consecuencias	Nivel	Zona de consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

NOTA. Fuente: CENEPRED, 2015.

Nivel de consecuencias y daños: **nivel 3 -Alta**

**Tabla 83.** Nivel de consecuencias y daños.

Valor	Nivel	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgo
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

NOTA. Fuente: CENEPRED, 2015.

#### d. Prioridad de intervención.

**Tabla 84.** Nivel de priorización

Valor	Nivel	Nivel de priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	II
1	Aceptable	IV

NOTA. Fuente: CENEPRED, 2015.

Se obtiene que el nivel de priorización es de II, el cual constituye el soporte de priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculados a la prevención y/o reducción del riesgo de desastres por movimiento de masa en el sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba.

#### **4.1.6 Propuesta de medidas de control para prevenir y reducir los daños causados por los peligros por movimiento de masa.**

Son aquellas medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres que permiten programar las acciones para reducir los efectos de peligro sobre el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de Pomabamba. A continuación, se presenta una relación de medidas estructurales (intervenciones físicas), y no estructurales (capacitaciones, campañas, etc.).

##### **a. Medidas estructurales.**

Realizar el mejoramiento del canal abierto desde la captación hasta la planta de tratamiento de agua potable, el mejoramiento puede ser un canal abierto revestido de concreto armado y para evitar contaminación, tapar todo el canal con concreto reforzado dejando a cada 100 m una tapa de concreto que sea móvil para poder realizar la limpieza.

Construcción de muros de contención en los siguientes tramos:

- En la parte derecha de la desarenadora progresiva 0+060, ya que se encuentra un punto crítico que afecta el camino de herradura y podría afectar a la estructura (desarenadora); el muro debe tener al menos 5 m de longitud.
- En la parte derecha del canal abierto entre las progresivas 0+250 a 0+420, debido a que existe un punto crítico por deslizamiento de suelos.
- En la parte derecha del canal entre las progresivas 0+530 a 0+610, este tramo también es un punto crítico por deslizamientos de suelo.
- En la parte derecha del canal entre las progresivas 0+700 a 0+820, este tramo también es un punto crítico por deslizamientos de suelo.
- En la parte derecha del canal entre las progresivas 0+880 a 0+920, este tramo también es un punto crítico por flujo de detritos en tiempo de lluvias.
- En la parte derecha del canal entre las progresivas 1+210 a 1+310, este tramo también es un punto crítico por deslizamiento de suelos.

##### **b. Medidas no estructurales.**

- La municipalidad debe formular las operaciones de emergencia, realizar convenios y acuerdos con otras instituciones, formular y desarrollar cursos de

capacitación, asignar recursos (materiales) y la identificación de proyectos de reforzamiento de los componentes del sistema.

- Proponer medidas que se incorporen capacitaciones en las actividades de operación y mantenimiento, para un eficiente manejo de recursos.
- Elaborar plan de contingencia, planes de prevención y reducción del riesgo de desastres, planes de educación sanitaria.
- Hacer cumplir las normas técnicas tanto en el ámbito de estudio y diseños como en la construcción, de manera que garantice la seguridad del sistema de abastecimiento de agua potable.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1 Conclusiones.**

##### **Del análisis y evaluación de peligro.**

El mapa de peligros por movimiento de masa estratifico en tres niveles (Medio, Alto y Muy Alto) del área de influencia; está representado por: 14.36% del área como peligro Medio, 83.95% como peligro Alto y 1.69% como peligro Muy Alto.

##### **Del análisis y evaluación de vulnerabilidad.**

La vulnerabilidad por movimiento de masa en el Sistema de Abastecimiento de agua potable de Pomabamba, se analizó en la dimensión física para cada componente que lo conforma.

El mapa de vulnerabilidad por movimiento de masa estratifico 3 niveles (medio, alto y muy alto), representado por: la captación se encuentra en una vulnerabilidad Muy Alta; el canal abierto, vulnerabilidad Muy Alta; la planta de tratamiento de agua potable, vulnerabilidad media; el 27.18% se encuentra en una vulnerabilidad muy alta, el 70.06% vulnerabilidad Alta y el 2.77% vulnerabilidad media del canal cerrado y el reservorio se encuentra en una vulnerabilidad media.

##### **Estimación del riesgo**

El mapa de riesgos por movimiento de masa del sistema de abastecimiento de agua potable estratifico 3 niveles de riesgo donde: la captación se encuentra en un riesgo alto; el canal abierto, en un riesgo muy alto; la planta de tratamiento de agua potable, en un riesgo alto; canal cerrado, en un riesgo alto y el reservorio se encuentra en un riesgo medio.

##### **Medidas de control**

Las medidas de control para mitigar los daños a causa del impacto del fenómeno por movimiento de masa son dos tipos: las medidas estructurales como la construcción de muros, mejoramiento del canal abierto, canal cerrado y reservorio; y las medidas no estructurales

como elaboración de planes, capacitaciones, cumplimiento de normas técnicas, proponer estrategias y proyectos para prevención y reducción de riesgos.

## **5.2 Recomendaciones.**

El mapa de riesgos del sistema de abastecimiento de agua potable de Pomabamba, se pondrá a disposición de las entidades del estado: Municipio, Gobierno Regional INDECI, entre otros, asimismo a los Organismos no Gubernamentales (ONG), con la finalidad que dichas instituciones elaboren e implementen planes de mitigación y prevención.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, A. (2011). *Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Aguilar, V., & Mendoza, d. (2002). *Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia*. Cali: Tesis Ing. Civil. Univ. del Valle, Fac.
- Alcocer, Y. (2014). *Avance en la hidráulica de redes de distribución de agua potable* (Primera ed.). Mexico: IMTA.
- Aldaba, J. (2012). *Prototipo de Sistema de Soporte de Decisión (SSD) mediante Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales - 2da Versión* (Primera ed.). Lima, Perú: NEVA STUDIO SAC.
- CENEPRED. (2018). *Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de Agua potable y alcantarillado sanitario*. Lima: CENEPRED.
- Cruden, D. M. (1991). A Simple definition of a landslide: . *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 27-29.
- Cutihuanca, J. (2017). *ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. Puno: Repositorio Institucional UNA-PUNO.
- Dueñas, Y. (2016). *Cálculo del nivel de riesgo por movimientos en masa (reptación) en las urbanizaciones de Santa Sebastiana, Julian h. Medrano, San Agustín I y II etapa, Apurímac, Miraflores, Santa Luisa, Gilber Urbiola Valer, Bellavista Alta, Asociación Nueva Unión – Lima*. Perú: Abancay.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (2005). *Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. Japón: EIRD.
- FAO. (2015). *Análisis de sistema de gestión del riesgo de desastres* (Cuarta ed.). Italia: publicaciones de medio ambiente, cambio climático y bioenergía.
- Forero, M. (1981). *Levantamiento de cobertura terrestre y uso de la tierra*. Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretación, Unidad de Suelos y Agricultura.

- Hernández, M. (2015). *Abastecimiento y distribución de agua* (Sexta ed.). Madrid, España: Ibergarceta publicaciones.
- INEI. (2015). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales*. Lima: Impresiones Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2009). *Riesgos Geológicos en la Región Ancash*. Lima, Perú: Talleres INGEMMET.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo*. Lima: INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas*. Lima: INDECI.
- Medina, j. (1991). *Fenómenos geodinámicos: estudio y medidas*. Lima: Tecnología Intermedia ITDG.
- MEF. (2015). *Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública* (Primera ed.). Lima, Perú: impresión Comunicas S.A.C.
- Morales, F. (2011). *Aplicación de métodos de toma de decisiones multi-atributo en la definición de prioridades en la gestión de infraestructuras en San Luis Potosí*. México: Universidad Politécnica de Madrid.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (22 de Junio de 2003). *Agricultural land use*. Obtenido de definition of land use.: <http://www.fao.org/land-anwater/agll/agll/landuse/landusedef.stm>.
- Proyecto multinacional andino: geociencias para las comunidades andinas. (2007). *movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Canada: Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional,.
- Quispe, M. (2012). *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Gravedad y Bombeo* (Primera ed.). Oruro, Bolivia: Ltda.
- Saldarriaga, J. (2015). *Hidráulica de tuberías – abastecimiento de agua, redes y riego* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: alfaomega.
- Salina, V., & Ventura, M. (2010). *RIESGO Y VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO: CASO PROYECTO*



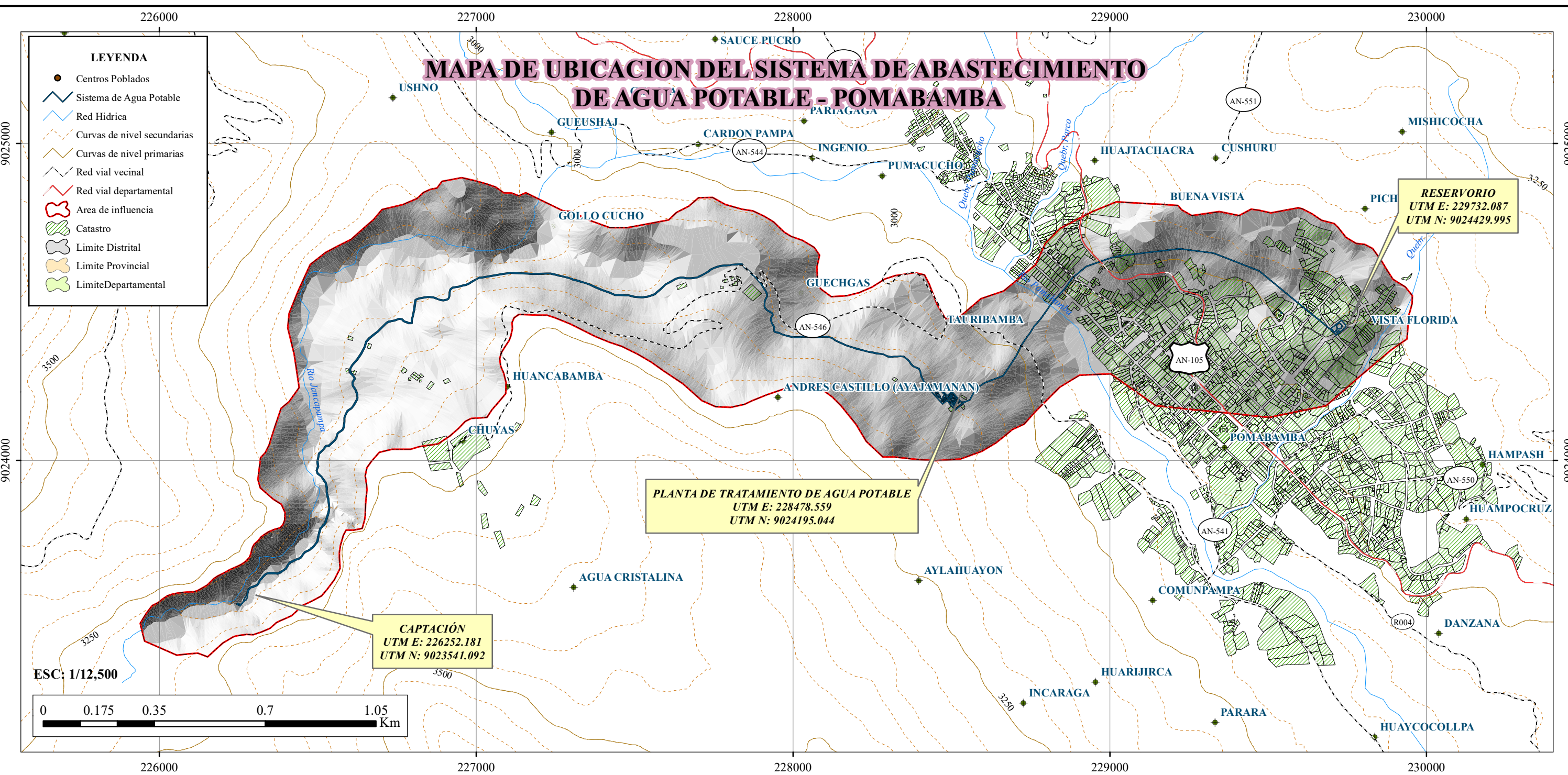
*MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OXAPAMPA.* Lima. Oxapampa: Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales.

Tarazona, J. (2016). *Estimación del riesgo por movimiento en masa en la subcuenca del río Ancash - Yungay, 2016.* Huaraz: UNASAM.

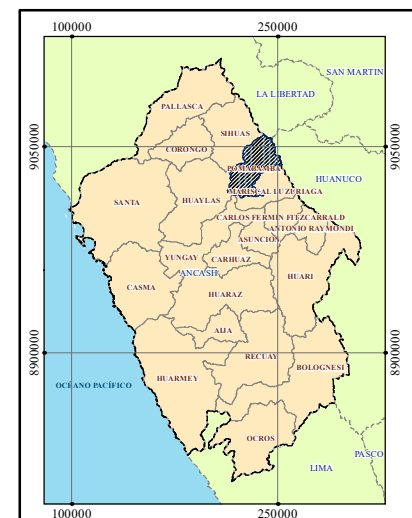
**ANEXOS**

**ANEXO 1**

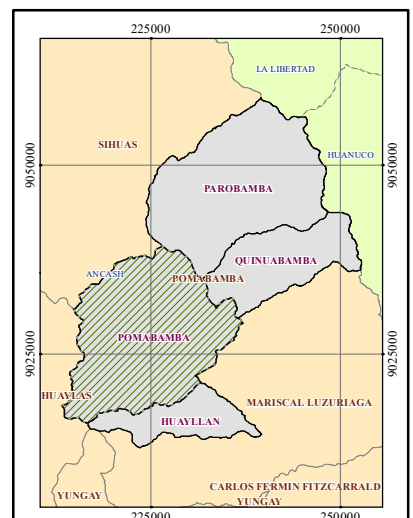
**MAPAS**



MAPA NACIONAL



MAPA DEPARTAMENTAL



MAPA PROVINCIAL

17-a PALLASCA	17-b TAYABAMBA	17-c TOCACHIE NUEVO
18-a CORONGO	18-b POMABAMBA	18-c SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-b HUARI	19-c SINGA

**FUENTE**  
Limite Departamental, Provincial y Distrital  
MINAM  
Centros Poblados  
INEI  
Catastro  
MDP



**DATUM**

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial  
UTM WGS 84  
Datum Vertical: Nivel medio del mar  
Zona 18S

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

---

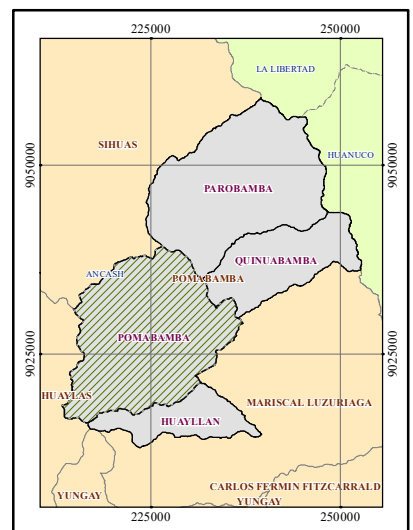
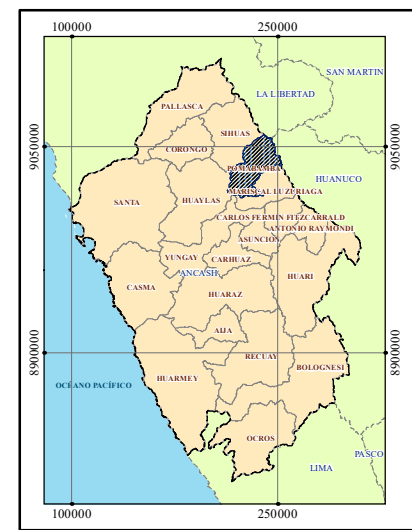
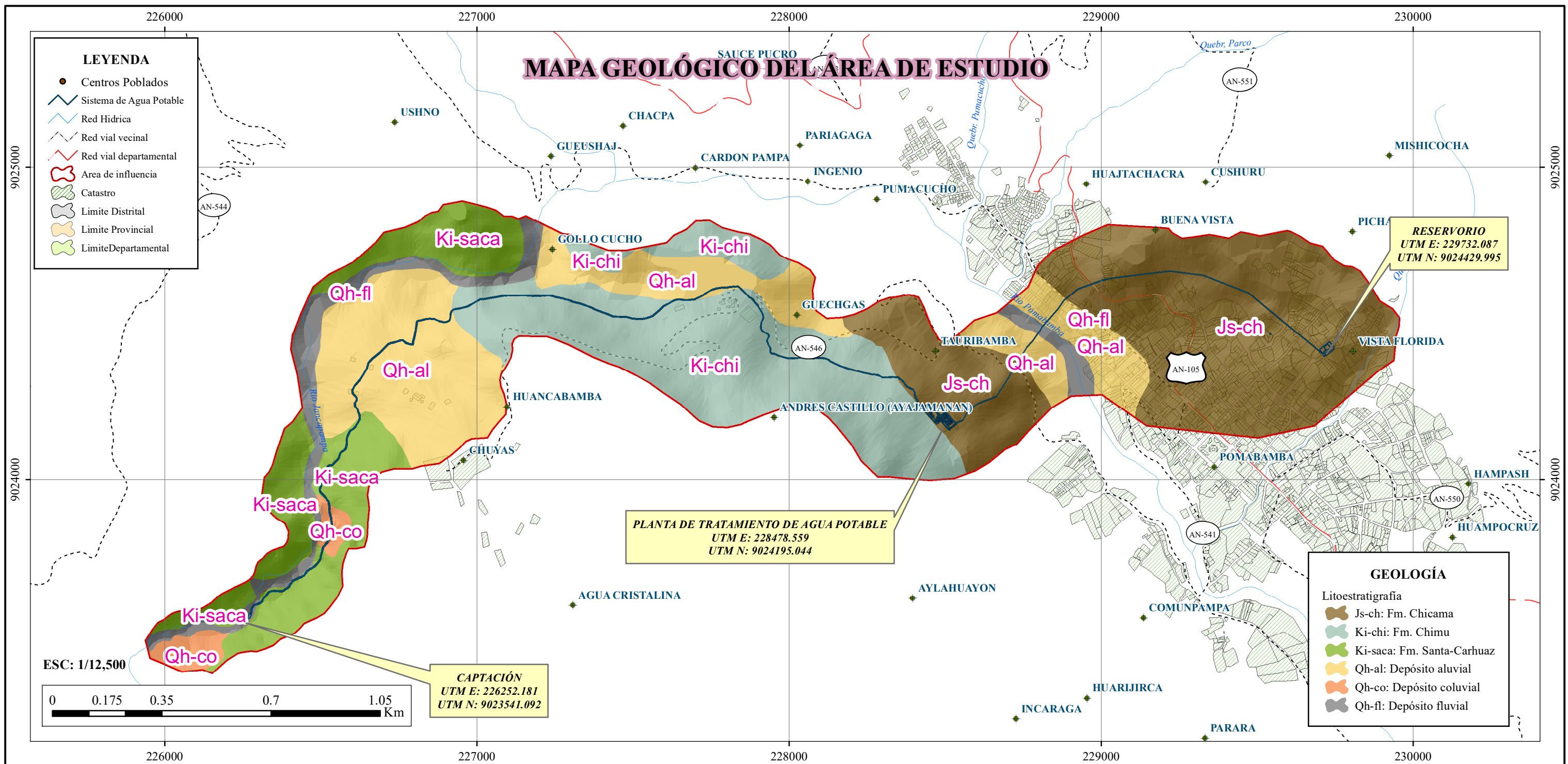
**PLANO:**

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**

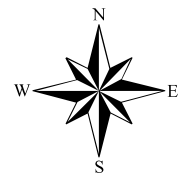
UBICACIÓN	PROYECTO DE TESIS		FECHA:		
REGIÓN : ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND.	
PROVINCIA : POMABAMBA	DIB.		<p><b>LAMINA:</b> <b>U-01</b></p>		
DISTRITO : POMABAMBA	REV.				
CUENCA : INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.				







17-b PALLASCA	17-4 TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-b CORONGO	18-4 POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-b CARHUAZ	19-4 HUARI	19-j SINGA



Proyección Universal  
 Transversa de Mercator  
 (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial  
 UTM WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar  
 Zona 18S

**FUENTE**  
 Límite Departamental,  
 Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP  
 Geología  
 INGEMMET

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCIÓN, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

---

**PLANO:**

**UBICACIÓN**

REGIÓN : ANCASH

PROVINCIA : POMABAMBA

DISTRITO : POMABAMBA

CUENCA : INTERC. ALTO MARAÑON V

**PROYECTO DE TESIS**

DIS.	L. V.
DIB.	
REV.	
APROB.	

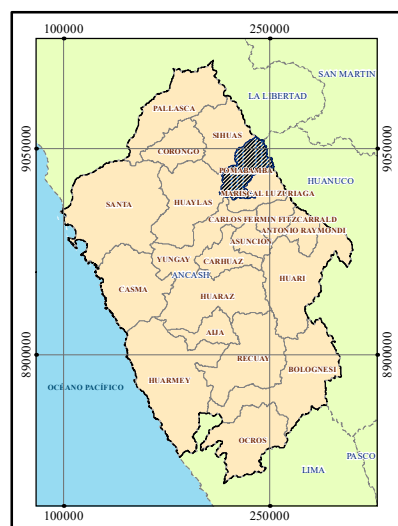
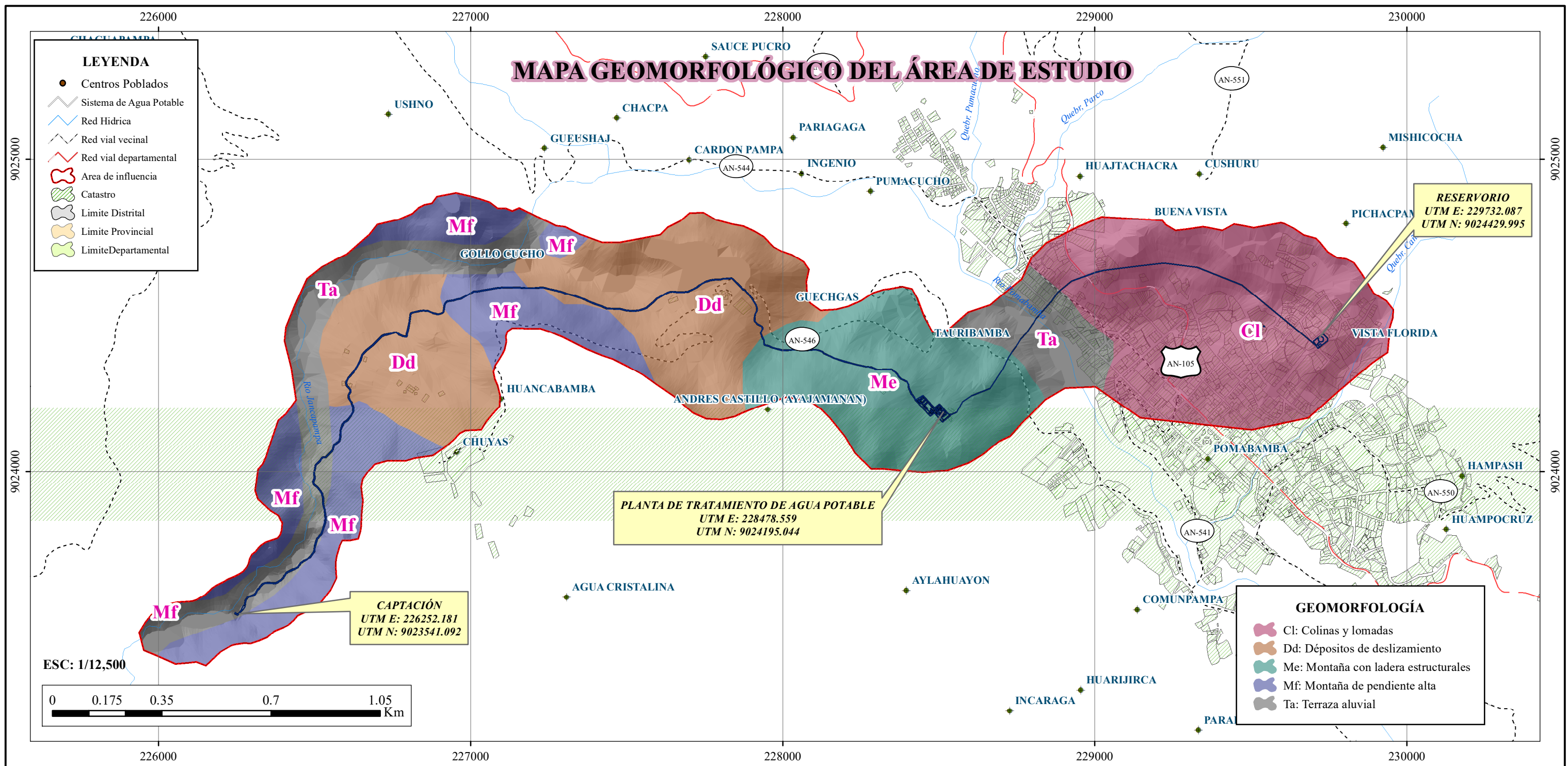
**FECHA:** SEPTIEMBRE 2019

ESC: IND.    DIB:

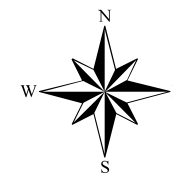
**LAMINA:**

P-01





17-a PALLASCA	17-b TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-b CORONGO	18-a POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA



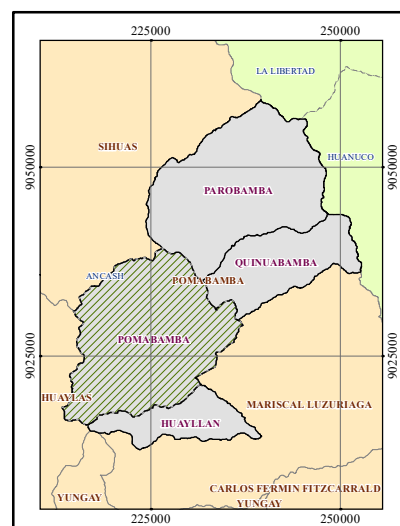
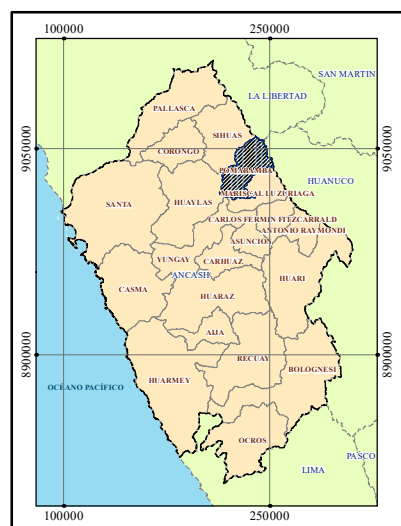
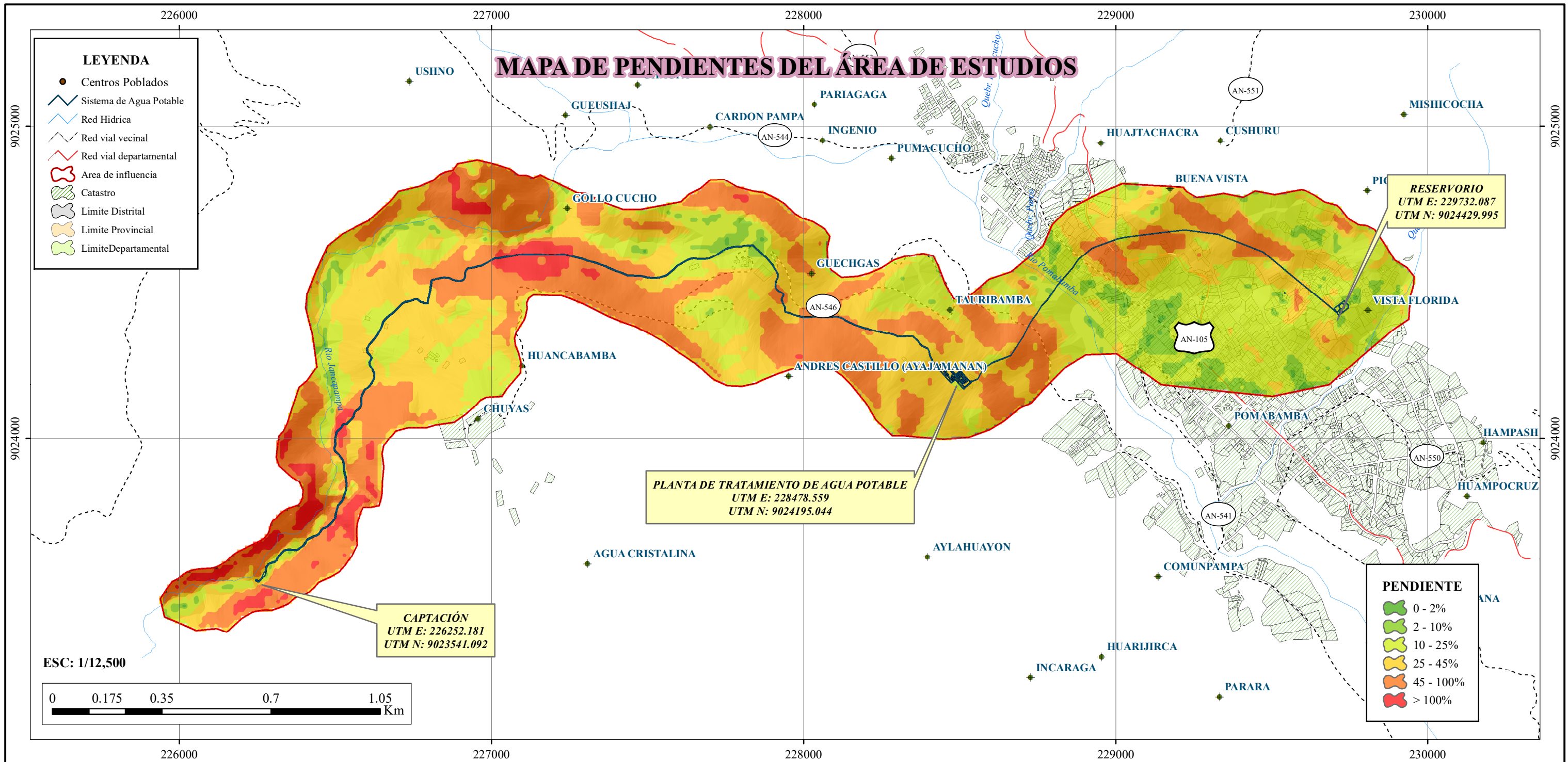
**DATUM**  
Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**  
Límite Departamental, Provincial y Distrital MINAM  
Centros Poblados INEI  
Catastro MDP  
Geomorfología MINAM

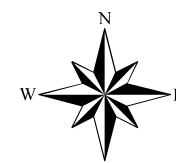
**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

<b>PLANO:</b>		<b>MAPA GEOMORFOLÓGICO</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	<b>PROYECTO DE TESIS</b>	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN :	DIS. : L. V.	ESC:	IND. : DIB:
PROVINCIA :	DIB.	<b>LAMINA:</b>	
DISTRITO :	REV.	<b>P-02</b>	
CUENCA :	APROB.		





17-a PALLASCA	17-b TAYABAMBA	17-c TOCACHIE NUEVO
18-a CORONGO	18-b POMABAMBA	18-c SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-b HUARI	19-c SINGA



**DATUM**  
 Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**  
 Limite Departamental, Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

---

**PLANO:**

UBICACIÓN		PROYECTO DE TESIS		FECHA:	
REGIÓN	: ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND.
PROVINCIA	: POMABAMBA	DIB.		<b>LAMINA:</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">P-03</span>	
DISTRITO	: POMABAMBA	REV.			
CUENCA	: INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.			

SEPTIEMBRE 2019



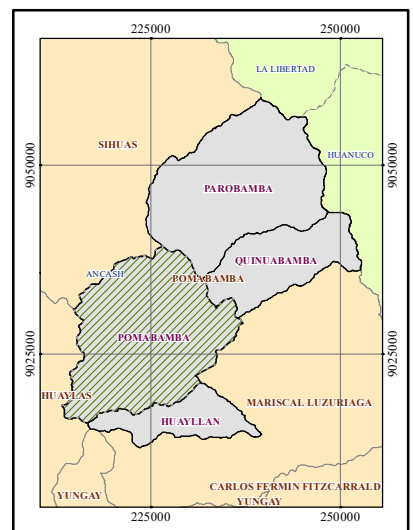
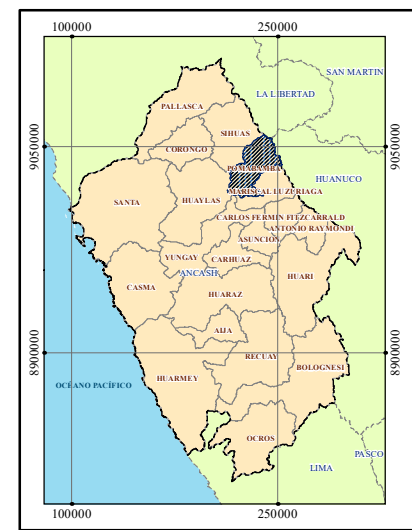
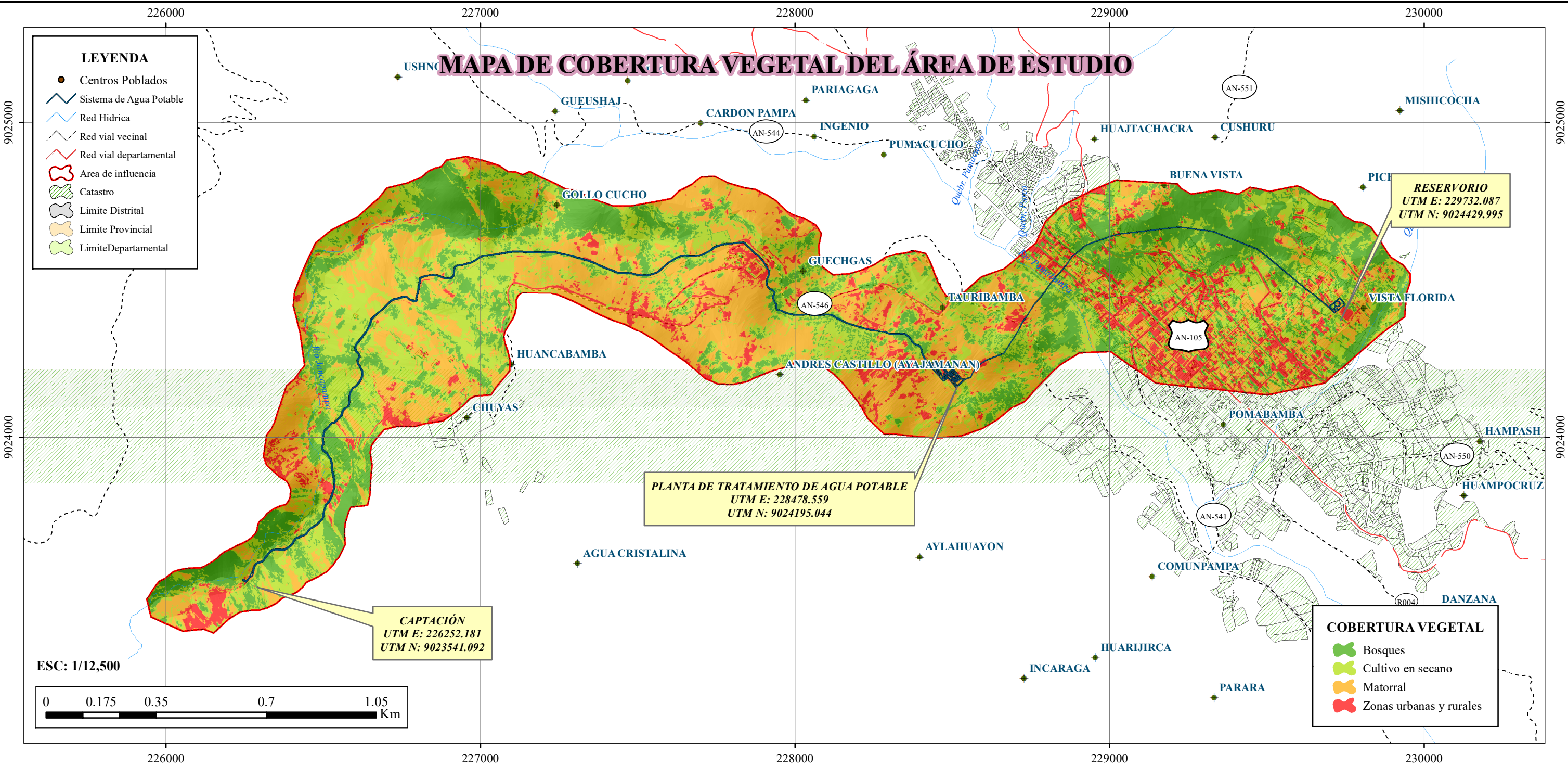
# MAPA DE COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

**LEYENDA**

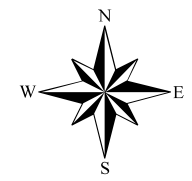
- Centros Poblados
- Sistema de Agua Potable
- Red Hidrica
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Area de influencia
- Catastro
- Limite Distrital
- Limite Provincial
- Limite Departamental

**COBERTURA VEGETAL**

- Bosques
- Cultivo en secano
- Matorral
- Zonas urbanas y rurales



17-a PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-b CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA



**DATUM**  
Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**  
Limite Departamental, Provincial y Distrital  
MINAM  
Centros Poblados INEI  
Catastro MDP

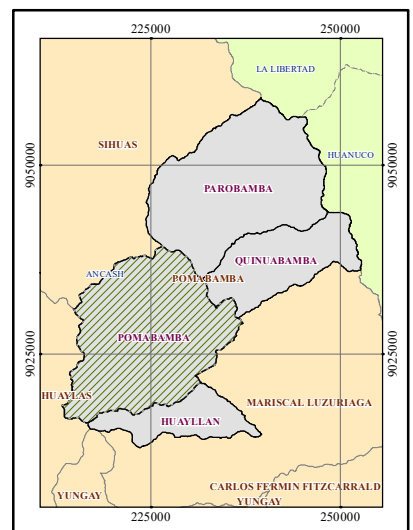
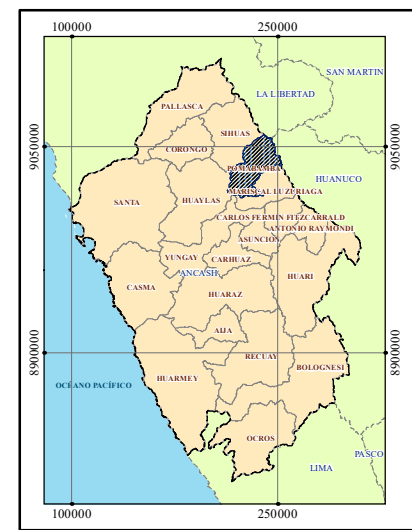
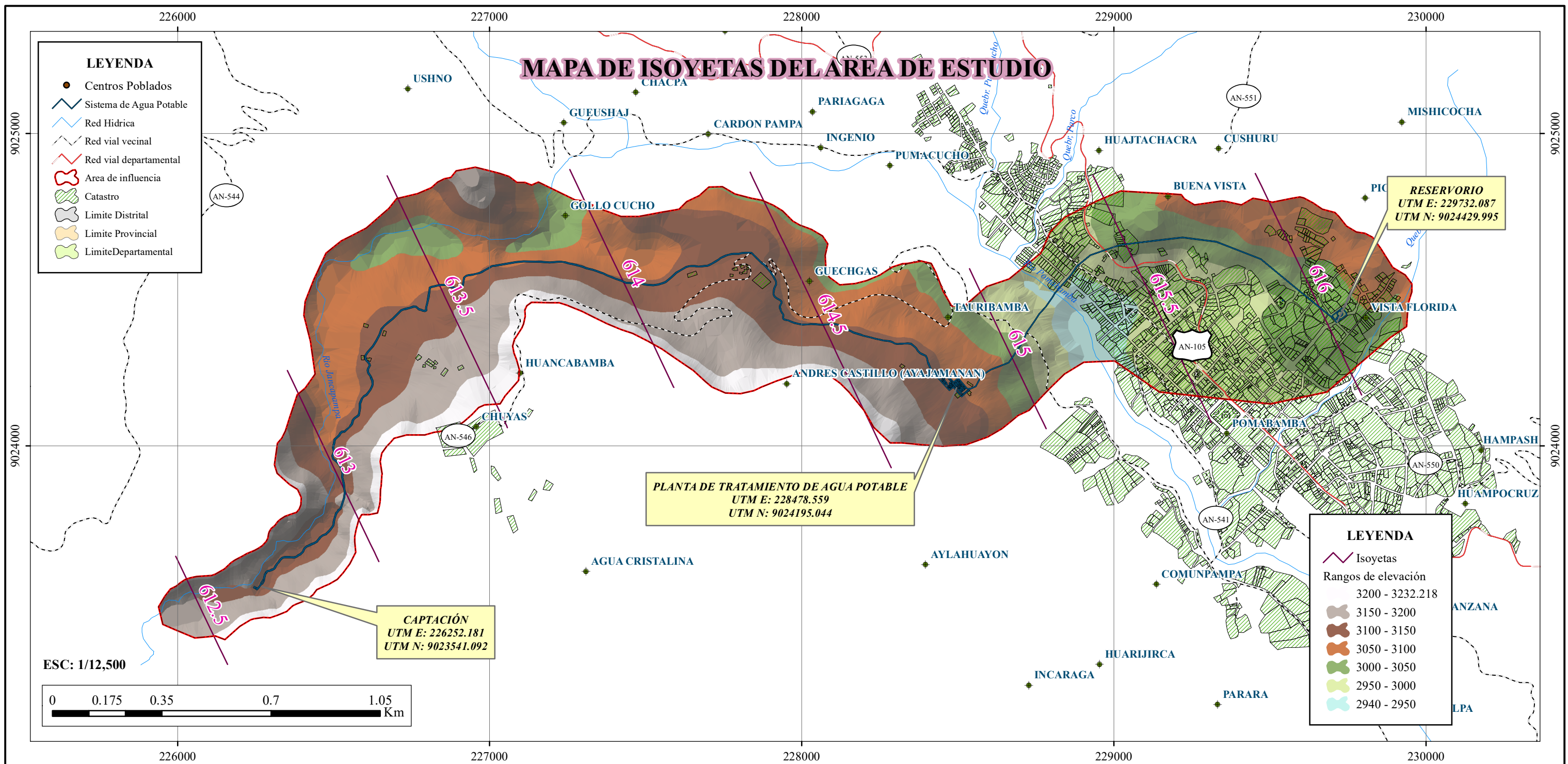
**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

**PLANO:** **MAPA DE COBERTURA VEGETAL**

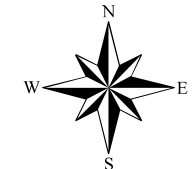
<b>UBICACIÓN</b>	<b>PROYECTO DE TESIS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN : ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND. DIB:
PROVINCIA : POMABAMBA	DIB.			
DISTRITO : POMABAMBA	REV.			
CUENCA : INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.			

**LAMINA:**  
**P-04**





17-a PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-b CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA




**DATUM**


Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**

Limite Departamental, Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP



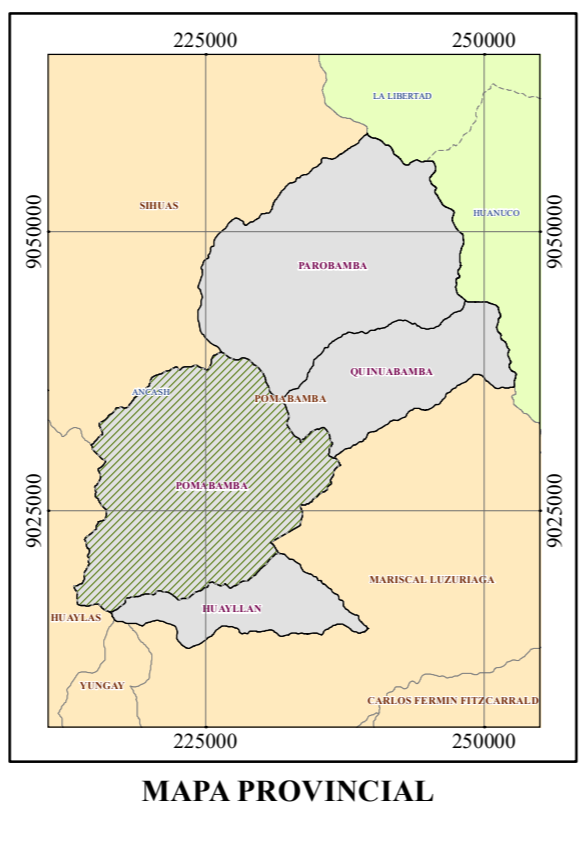
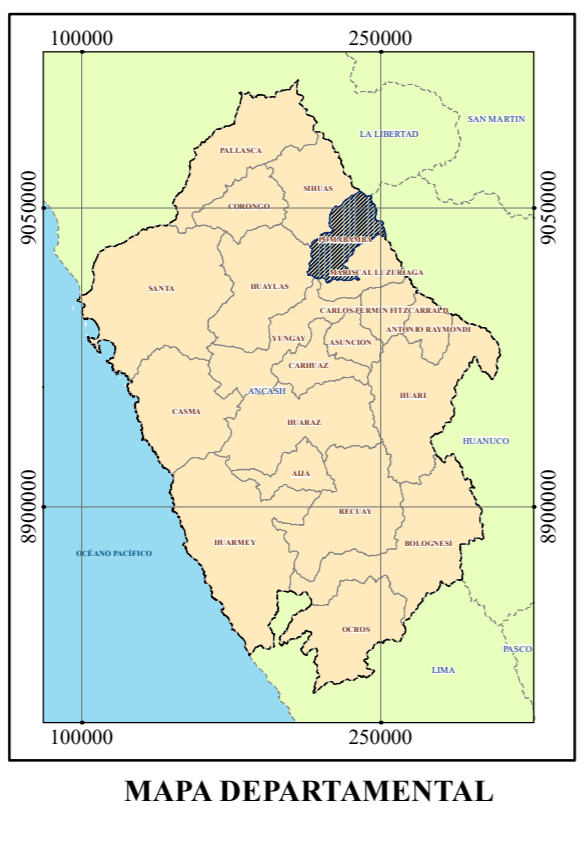
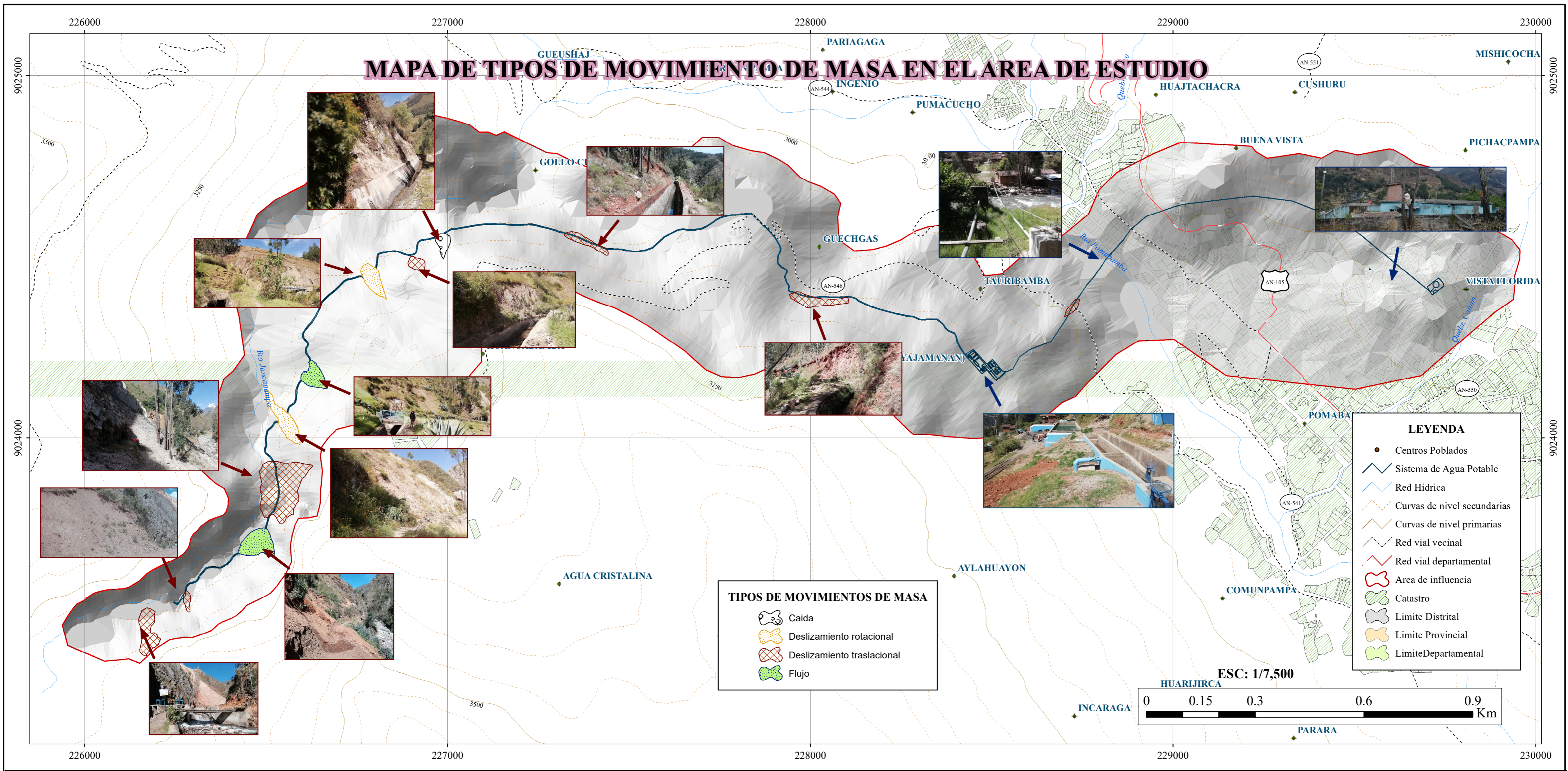
**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**



**PLANO:**

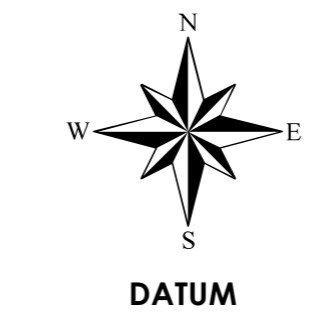
<b>UBICACIÓN</b>		<b>PROYECTO DE TESIS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN :	ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND.
PROVINCIA :	POMABAMBA	DIB.		<b>LAMINA:</b> <b>P-05</b>	
DISTRITO :	POMABAMBA	REV.			
CUENCA :	INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.			





17-h PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHE NUEVO
18-h CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-h CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA

**FUENTE**  
 Límite Departamental,  
 Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP



Proyección Universal  
 Transversa de Mercator  
 (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal:  
 Sistema Geodésico Mundial  
 UTM WGS 84  
 Datum Vertical:  
 Nivel medio del mar  
 Zona 18S

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

---

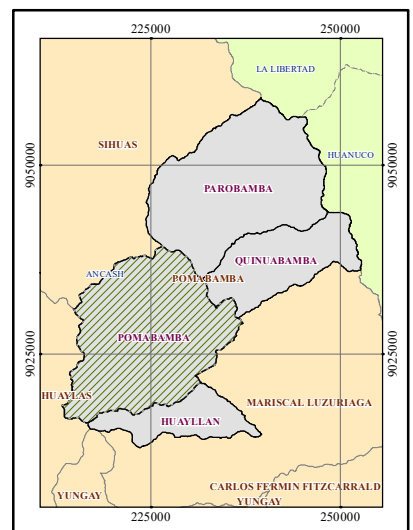
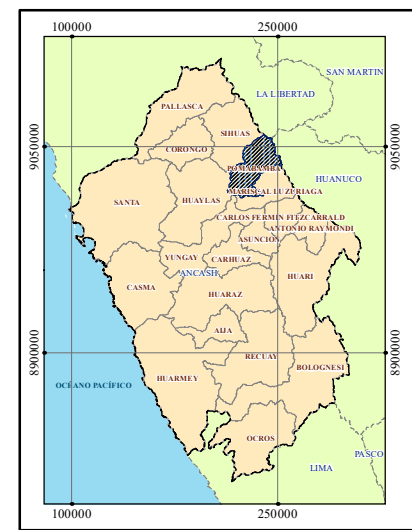
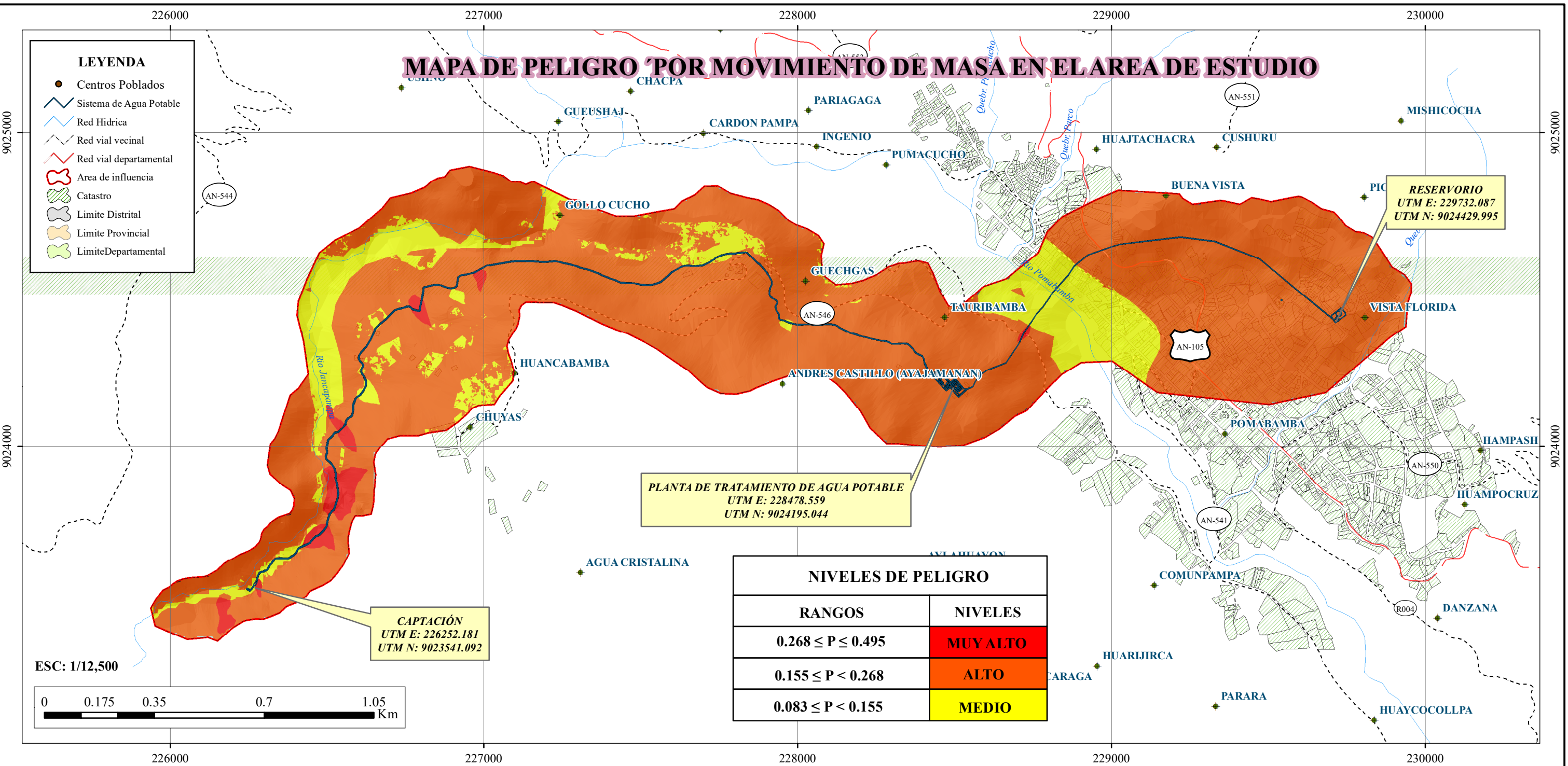
**PLANO:** **MAPA DE TIPOS DE MOVIMIENTO DE SUELO**

<b>UBICACIÓN</b>	<b>PROYECTO DE TESIS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN : ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND. <b>DIB:</b>
PROVINCIA : POMABAMBA	DIB.			
DISTRITO : POMABAMBA	REV.			
CUENCA : INTERC. ALTO MARAÑON V.	APROB.			

**LAMINA:**

# P-06





17-a PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-b CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA

**DATUM**

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**

Limite Departamental, Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP



**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

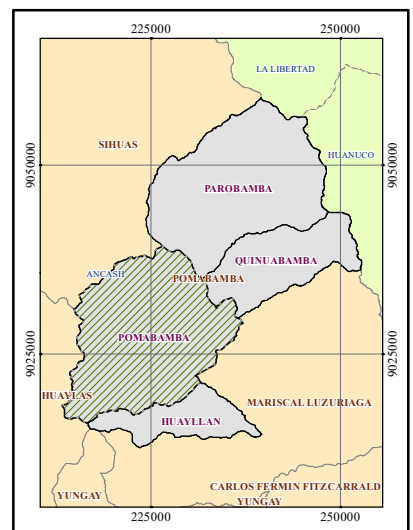
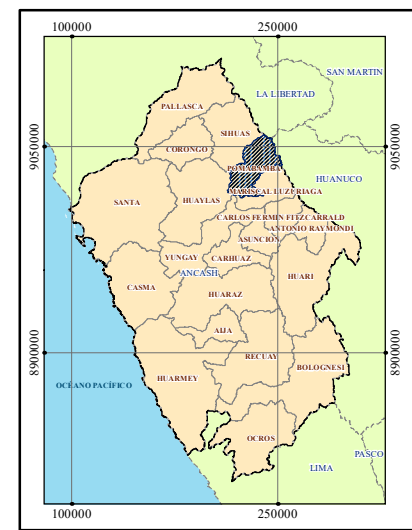
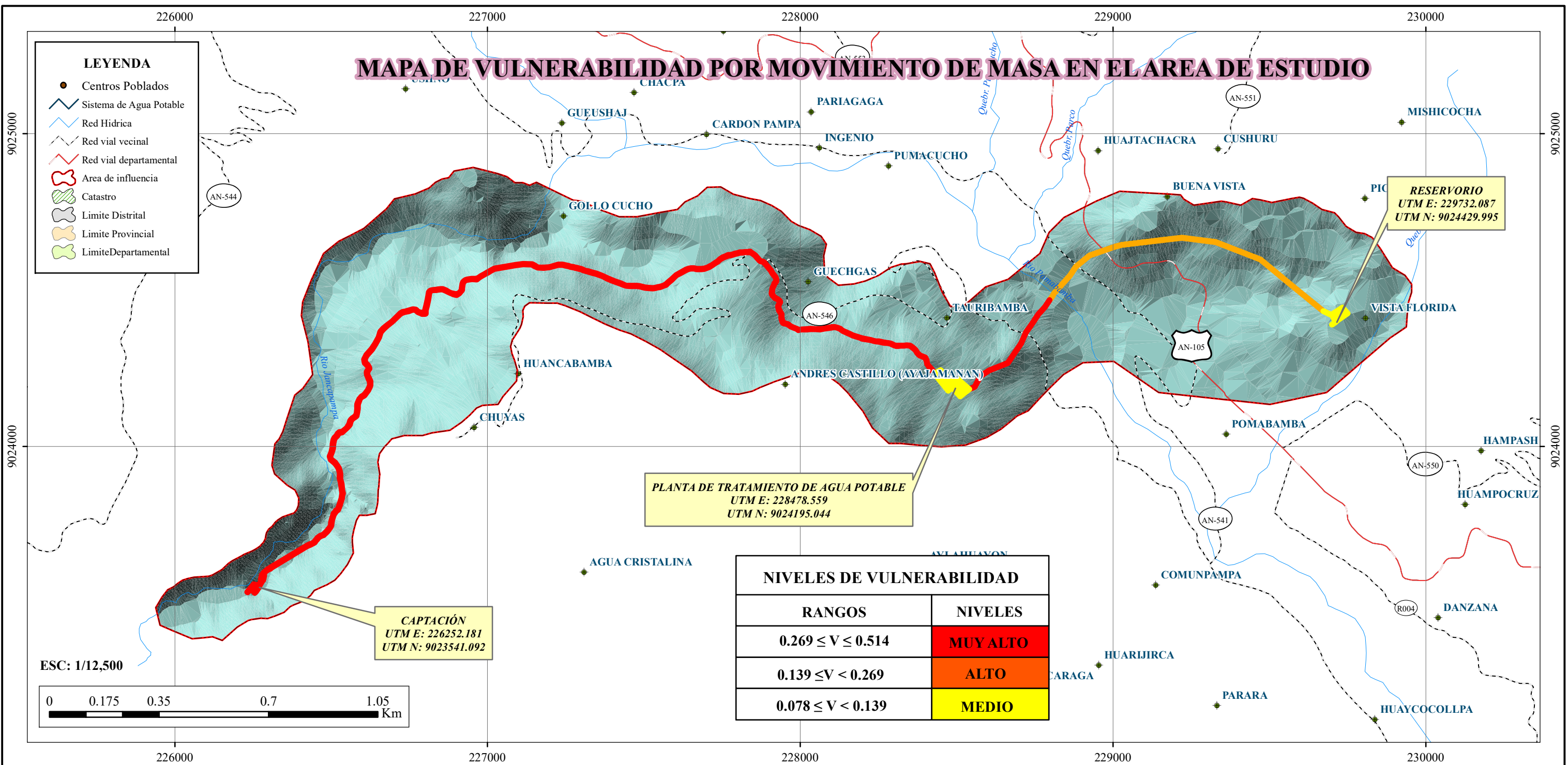


**PLANO:**

## MAPA DE PELIGRO

<b>UBICACIÓN</b>		<b>PROYECTO DE TESIS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN :	ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND.
PROVINCIA :	POMABAMBA	DIB.		<b>LAMINA:</b> <b>P-07</b>	
DISTRITO :	POMABAMBA	REV.			
CUENCA :	INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.			





17-a PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHE NUEVO
18-b CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA



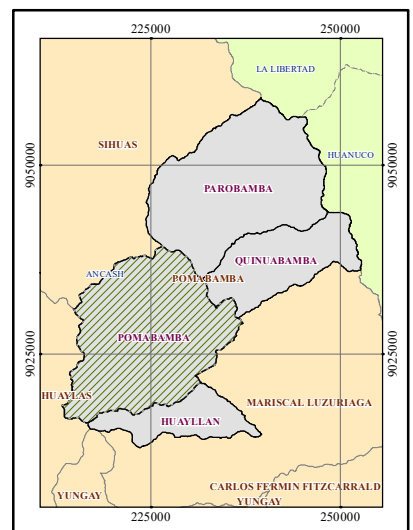
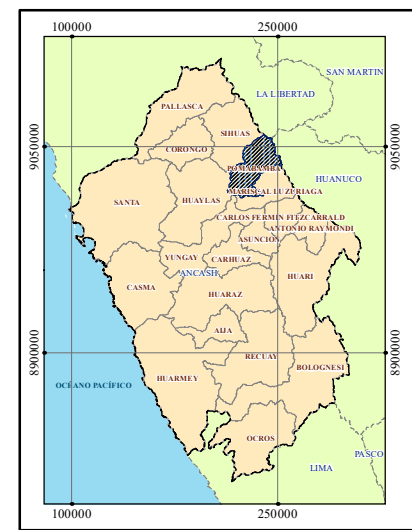
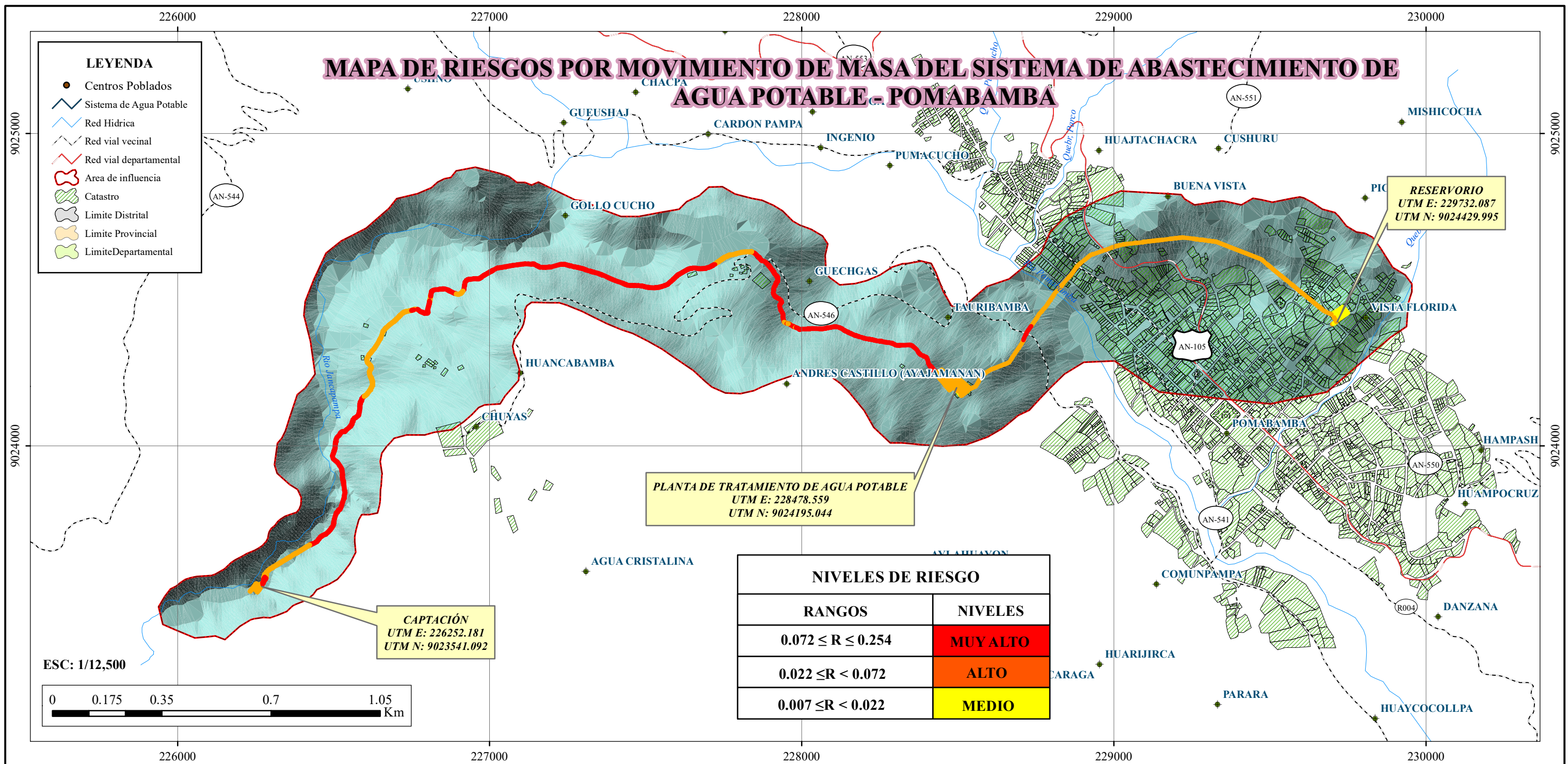
**FUENTE**  
 Limite Departamental, Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados INEI  
 Catastro MDP

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

**PLANO:**

<b>UBICACIÓN</b>		<b>PROYECTO DE TESIS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
REGIÓN :	ANCASH	DIS.	L. V.	ESC:	IND. DIB:
PROVINCIA :	POMABAMBA	DIB.		<b>LAMINA:</b> <b>P-08</b>	
DISTRITO :	POMABAMBA	REV.			
CUENCA :	INTERC. ALTO MARAÑON V	APROB.			





17-a PALLASCA	17-i TAYABAMBA	17-j TOCACHIE NUEVO
18-a CORONGO	18-i POMABAMBA	18-j SAN PEDRO DE CHONTA
19-a CARHUAZ	19-i HUARI	19-j SINGA

**DATUM**

Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)  
 Elipsoide y Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial UTM WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar Zona 18S

**FUENTE**

Limite Departamental, Provincial y Distrital  
 MINAM  
 Centros Poblados  
 INEI  
 Catastro  
 MDP

**“ANÁLISIS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DESDE LA CAPTACION HASTA LINEA DE ADUCCION, DEL DISTRITO DE POMABAMBA-ANCASH, 2019”**

**PLANO:**

<b>MAPA DE RIESGOS</b>		<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2019	
<b>UBICACIÓN</b>	<b>PROYECTO DE TESIS</b>	DIS.	L. V.
REGIÓN : ANCASH		DIB.	
PROVINCIA : POMABAMBA		REV.	
DISTRITO : POMABAMBA		APROB.	
CUENCA : INTERC. ALTO MARAÑON V		<b>LAMINA:</b>	
		<b>P-09</b>	

## ANEXO 2

### DATOS HIDROMETEOROLOGICOS

<b>Nombre de estación:</b>	POMABAMBA	<b>Río:</b>	
<b>Código de estación:</b>	443	<b>Cuenca:</b>	Intercuenca Alto Marañón V
<b>Tipo de Estación:</b>	Climática		
<b>Latitud Sur:</b>	-8.78	<b>Región:</b>	Ancash
<b>Longitud Oeste:</b>	-77.5	<b>Provincia:</b>	Pomabamba
<b>Altitud:</b>	3000	<b>Distrito:</b>	Pomabamba

AÑO	ENE.	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1980	80.72	59.03	51.42	14.86	8.94	14.73	1.92	5.16	43.27	20.58	146.68	6.28	453.57
1981	128.02	115.54	45.45	20.40	20.54	12.90	6.87	5.44	28.65	15.25	57.86	85.64	542.55
1982	39.89	113.96	82.88	77.92	16.90	4.79	4.28	2.39	46.30	568.27	56.16	126.90	1140.64
1983	60.09	33.79	156.54	102.62	54.50	15.38	1.68	2.68	20.55	7.88	44.94	76.62	577.27
1984	64.66	184.58	59.04	37.96	13.07	20.47	2.85	5.36	39.28	74.22	28.85	11.25	541.60
1985	11.76	142.92	35.93	15.03	15.35	50.29	9.06	12.35	44.03	19.63	16.01	16.86	389.19
1986	52.03	110.64	167.01	10.61	45.55	1.28	1.13	16.79	14.36	14.39	110.00	13.14	556.94
1987	77.25	99.74	28.29	34.00	14.39	0.72	1.57	5.30	28.80	57.22	16.23	8.31	371.83
1988	129.72	46.13	59.84	59.54	12.59	1.49	0.06	1.57	29.41	8.80	66.50	17.40	433.02
1989	524.48	123.11	87.74	52.82	9.37	8.26	1.24	12.33	23.66	13.96	5.51	6.73	869.22
1990	76.25	21.86	51.76	26.20	144.12	13.23	2.16	2.21	17.92	9.81	76.28	58.12	499.92
1991	53.18	39.60	139.81	82.62	28.35	7.58	2.95	2.72	17.99	3.51	87.40	72.93	538.63
1992	53.05	24.59	67.17	59.56	17.11	1.94	4.65	7.14	21.54	21.18	67.19	59.31	404.43
1993	42.40	60.03	120.16	49.64	233.02	41.11	7.13	15.10	59.91	19.85	70.03	20.09	738.46
1994	49.91	119.36	87.67	85.41	43.53	2.30	3.53	12.74	33.21	12.05	12.32	24.66	486.68
1995	16.16	126.93	48.85	74.33	43.77	2.09	3.57	10.38	18.78	19.42	64.92	24.74	453.93
1996	90.00	94.32	43.21	38.25	14.12	12.13	1.90	6.04	28.38	72.80	87.68	21.52	510.34
1997	62.40	36.48	33.91	32.94	103.75	0.06	0.25	1.87	33.03	560.62	80.22	65.69	1011.21
1998	204.59	103.69	375.31	85.05	6.49	1.12	0.53	4.27	46.18	11.29	70.65	12.75	921.90
1999	242.09	596.54	75.48	94.40	18.57	2.18	6.62	1.32	36.11	49.96	86.27	79.42	1288.97
2000	19.36	797.06	150.66	86.55	4.03	16.81	6.43	17.14	127.42	10.45	99.25	63.78	1398.94
2001	122.85	155.72	136.94	6.33	20.06	2.85	6.48	2.86	126.88	22.41	143.90	37.34	784.62
2002	46.32	194.89	198.76	87.86	5.82	1.13	0.39	3.14	25.80	62.13	49.82	101.03	777.09
2003	151.74	92.74	172.11	39.34	2.26	6.01	0.55	7.67	53.66	37.13	87.06	109.35	759.61
2004	57.80	176.38	88.94	41.84	0.63	2.86	4.64	3.60	56.14	42.62	74.86	76.97	627.29
2005	92.73	58.75	345.64	108.29	7.99	4.57	0.96	0.13	27.80	33.42	50.05	71.15	801.47
2006	53.44	159.30	248.87	94.75	3.97	6.98	1.64	13.35	30.15	48.20	70.75	84.24	815.64
2007	27.54	50.29	151.14	100.05	5.43	0.18	0.67	2.71	9.25	52.49	67.50	51.19	518.43
2008	46.44	259.57	56.98	52.21	26.80	7.42	0.06	1.32	11.97	52.34	30.63	51.47	597.20
2009	85.37	159.93	243.81	95.31	14.00	1.72	0.49	3.43	11.29	35.96	47.15	89.50	787.98
2010	54.92	187.03	109.44	47.63	2.69	1.71	0.82	5.54	36.22	42.81	89.41	77.96	656.16
2011	82.06	455.36	81.47	69.99	0.79	1.75	2.18	2.19	21.84	29.84	57.32	96.82	901.62
2012	109.63	183.74	105.22	102.72	2.50	3.82	0.10	0.58	21.98	62.02	66.17	77.31	735.79
2013	26.03	158.47	295.58	21.14	8.43	4.68	2.25	5.32	5.92	39.97	98.95	68.78	735.51
2014	57.70	292.75	339.46	31.43	2.51	2.43	2.71	2.19	37.37	42.81	54.27	73.73	939.34
2015	168.87	78.56	80.26	26.47	5.96	0.03	3.16	1.10	1.99	4.11	60.37	51.16	482.03
2016	66.62	117.97	180.19	14.04	6.75	4.19	24.89	0.02	54.67	69.44	57.32	62.44	658.53
<b>Promedio</b>	<b>89.95</b>	<b>157.60</b>	<b>129.81</b>	<b>56.22</b>	<b>26.61</b>	<b>7.65</b>	<b>3.31</b>	<b>5.55</b>	<b>34.91</b>	<b>61.32</b>	<b>66.39</b>	<b>55.47</b>	<b>694.80</b>
<b>Maximo</b>	524.48	797.06	375.31	108.29	233.02	50.29	24.89	17.14	127.42	568.27	146.68	126.90	1398.94
<b>Minimo</b>	11.76	21.86	28.29	6.33	0.63	0.03	0.06	0.02	1.99	3.51	5.51	6.28	371.83

NOTA: Fuente: SENAMHI

Nombre de estación: PISCOBAMBA      Río:  
 Código de estación: 423      Cuenca: Intercuenca Alto Marañón V  
 Tipo de Estación: Climática

Latitud Sur: -8.85      Región: Ancash  
 Longitud Oeste: -77.37      Provincia: Mariscal Luzuriaga  
 Altitud: 3240      Distrito: Piscobamba

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1980	80.72	59.03	51.42	14.86	8.94	14.73	1.92	5.16	43.27	20.58	146.68	6.28	453.57
1981	128.02	115.54	45.45	20.40	20.54	12.90	6.87	5.44	28.65	15.25	57.86	85.64	542.55
1982	39.89	113.96	82.88	77.92	16.90	4.79	4.28	2.39	46.30	568.27	56.16	126.90	1140.64
1983	60.09	33.79	156.54	102.62	54.50	15.38	1.68	2.68	20.55	7.88	44.94	76.62	577.27
1984	64.66	184.58	60.46	37.96	13.07	20.47	2.85	5.36	39.28	74.22	28.85	11.25	543.02
1985	11.76	142.92	35.93	15.03	15.35	50.29	9.06	12.35	44.03	19.63	16.01	16.86	389.19
1986	52.03	110.64	167.01	10.61	45.55	1.28	1.13	16.79	14.36	14.39	110.00	13.14	556.94
1987	77.25	99.74	28.29	34.00	14.39	0.72	1.57	5.30	28.80	57.22	16.23	8.31	371.83
1988	129.72	46.13	70.00	59.54	12.59	1.49	0.06	1.57	29.41	8.80	66.50	17.40	443.19
1989	524.48	123.11	87.74	52.82	9.37	8.26	1.24	12.33	23.66	13.96	5.51	6.73	869.22
1990	76.25	21.86	51.76	26.20	144.12	13.23	2.16	2.21	17.92	9.81	76.28	58.12	499.92
1991	63.55	37.08	138.05	69.69	23.43	7.51	2.95	3.42	19.16	1.86	116.12	55.96	538.76
1992	29.06	18.72	59.29	75.94	0.89	1.79	4.65	8.94	37.34	5.50	77.22	65.38	384.71
1993	45.71	50.25	122.45	74.75	235.89	5.53	7.13	17.30	69.99	8.46	81.35	13.16	731.97
1994	43.06	124.60	83.08	110.98	12.40	4.65	1.19	2.28	34.75	10.74	13.27	23.55	464.53
1995	6.21	127.64	90.24	49.80	24.38	3.21	2.45	12.48	24.53	11.57	76.42	15.05	443.97
1996	90.00	94.32	81.42	38.25	14.12	12.13	1.90	6.04	28.38	72.80	87.68	21.52	548.55
1997	62.40	36.48	33.91	32.94	103.75	0.06	0.25	1.87	33.03	560.62	80.22	65.69	1011.21
1998	204.59	103.69	375.31	85.05	6.49	1.12	0.53	4.27	46.18	11.29	70.65	12.75	921.90
1999	242.09	596.54	75.48	94.40	18.57	2.18	6.62	1.32	36.11	49.96	86.27	79.42	1288.97
2000	19.36	797.06	215.84	86.55	4.03	16.82	6.43	17.14	127.42	10.45	99.25	63.78	1464.12
2001	122.85	155.72	136.94	6.33	20.06	2.85	6.48	2.86	126.88	22.41	143.90	37.34	784.62
2002	55.79	190.02	124.45	166.98	2.93	4.28	0.39	3.10	25.73	52.60	56.28	94.80	777.34
2003	151.74	92.74	172.11	39.34	2.26	6.01	0.55	7.67	53.66	37.13	87.06	109.35	759.61
2004	57.80	176.38	75.21	41.84	0.63	2.86	4.64	3.60	56.14	42.62	74.86	76.97	613.56
2005	92.73	58.75	345.64	108.29	7.99	4.57	0.96	0.13	27.80	33.42	50.05	71.15	801.47
2006	53.44	159.30	248.87	94.75	3.97	6.98	1.64	13.35	30.15	48.20	70.75	84.24	815.64
2007	27.54	50.29	151.14	100.05	5.43	0.18	0.67	2.71	9.25	52.49	67.50	51.19	518.43
2008	46.44	259.57	181.37	52.21	26.80	7.42	0.06	1.32	11.97	52.34	30.63	51.47	721.59
2009	85.37	159.93	243.81	95.31	14.00	1.72	0.49	3.43	11.29	35.96	47.15	89.50	787.98
2010	54.92	187.03	109.44	47.63	2.69	1.71	0.82	5.54	36.22	42.81	89.41	77.96	656.16
2011	82.06	455.36	81.47	69.99	0.79	1.75	2.18	2.19	21.84	29.84	57.32	96.82	901.62
2012	109.63	183.74	167.43	102.72	2.50	3.82	0.10	0.58	21.98	62.02	66.17	77.31	798.00
2013	26.03	158.47	295.58	21.14	8.43	4.68	2.25	5.32	5.92	39.97	98.95	68.78	735.51
2014	57.70	292.75	339.46	31.43	2.51	2.43	2.71	2.19	37.37	42.81	54.27	73.73	939.34
2015	168.87	78.56	80.26	26.47	5.96	0.03	3.16	1.10	1.99	4.11	60.37	51.16	482.03
2016	66.62	117.97	180.19	14.04	6.75	4.19	24.89	0.02	54.67	63.41	57.32	62.44	652.50
<b>Promedio</b>	<b>89.47</b>	<b>157.14</b>	<b>136.38</b>	<b>59.16</b>	<b>24.68</b>	<b>6.86</b>	<b>3.21</b>	<b>5.45</b>	<b>35.84</b>	<b>59.87</b>	<b>68.26</b>	<b>54.53</b>	<b>700.85</b>
Maximo	524.48	797.06	375.31	166.98	235.89	50.29	24.89	17.30	127.42	568.27	146.68	126.90	1464.12
Minimo	6.21	18.72	28.29	6.33	0.63	0.03	0.06	0.02	1.99	1.86	5.51	6.28	371.83

NOTA: Fuente: SENAMHI



**Nombre de estación:** SIHUAS  
**Código de estación:** 154111  
**Tipo de Estación:** Climática

**Río:**  
**Cuenca:** Intercuenca Alto Marañón V

**Latitud Sur:** -8.546  
**Longitud Oeste:** -77.63  
**Altitud:** 2716

**Región:** Ancash  
**Provincia:** Sihuas  
**Distrito:** Sihuas

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1980	71.97	40.29	49.98	13.04	6.18	11.17	0.89	3.16	39.28	17.63	144.76	11.55	409.89
1981	106.16	122.72	31.52	16.20	12.92	10.47	3.41	3.23	22.19	13.61	53.65	79.76	475.84
1982	37.94	109.33	83.13	72.63	16.80	3.88	0.00	1.99	38.64	547.83	51.14	125.70	1089.01
1983	52.05	41.99	152.53	105.32	53.02	12.39	1.00	1.96	16.92	10.09	41.74	77.97	566.98
1984	46.63	191.66	58.38	35.12	16.37	23.73	1.29	4.02	42.44	70.88	14.34	11.88	516.74
1985	14.93	126.49	30.63	18.25	22.31	44.29	4.55	9.04	40.21	14.36	9.64	14.61	349.30
1986	53.19	96.47	156.39	13.08	44.00	0.65	0.58	13.21	12.41	14.66	111.93	19.74	536.29
1987	81.09	97.77	22.35	24.56	10.20	0.39	0.71	5.15	27.54	57.44	20.06	7.66	354.91
1988	125.21	47.35	52.21	62.31	8.41	0.00	0.03	1.04	28.49	7.95	66.94	17.55	417.47
1989	517.55	151.38	84.14	45.79	7.86	7.61	0.84	7.53	21.64	17.83	8.63	5.04	875.82
1990	65.96	12.21	48.51	22.61	126.49	10.17	1.25	1.22	14.79	9.02	66.98	54.04	433.24
1991	50.82	49.24	138.95	63.18	19.24	0.00	0.00	2.11	15.21	1.40	106.03	60.11	506.27
1992	12.48	14.22	46.16	86.13	0.67	0.00	0.00	7.55	31.21	3.94	68.33	61.24	331.92
1993	32.29	37.96	133.68	73.27	195.62	3.69	4.25	9.80	58.39	9.75	71.43	16.27	646.39
1994	19.48	119.41	90.01	108.11	13.24	4.12	0.52	1.48	31.42	7.54	16.46	25.16	436.95
1995	5.34	149.54	78.77	46.50	24.61	2.52	1.23	9.76	19.18	10.82	69.56	18.77	436.60
1996	90.58	91.12	75.68	35.36	10.83	8.77	1.36	4.56	23.94	75.65	76.21	25.54	519.60
1997	50.74	53.07	28.77	29.69	85.50	0.00	0.00	1.07	32.03	543.05	84.52	67.57	975.99
1998	215.78	101.09	309.34	80.96	4.75	0.00	0.20	2.62	42.02	15.37	62.16	13.38	847.67
1999	243.92	685.63	63.15	81.57	17.59	1.51	4.59	1.00	36.52	50.09	80.21	90.85	1356.62
2000	16.66	692.86	177.53	88.93	5.36	10.20	3.99	12.19	120.71	8.50	77.98	71.03	1285.94
2001	124.61	139.44	134.48	6.37	17.83	1.80	3.06	1.26	108.45	22.91	134.58	39.41	734.18
2002	58.58	150.49	131.65	155.75	3.16	5.21	0.15	1.93	27.50	48.91	59.32	93.64	736.30
2003	140.43	85.84	159.88	30.43	1.79	4.74	0.60	4.91	49.08	52.47	90.25	103.43	723.82
2004	57.59	160.63	75.37	44.62	0.63	1.80	3.57	4.59	65.22	41.50	86.40	74.28	616.17
2005	78.55	59.88	298.59	108.76	9.70	5.11	0.73	0.04	24.70	41.25	50.41	70.03	747.76
2006	58.07	142.50	244.49	88.21	4.23	5.36	1.00	15.86	31.65	51.71	69.41	81.12	793.60
2007	26.28	42.48	164.56	95.62	4.16	0.53	0.14	2.50	14.33	54.14	69.52	49.01	523.28
2008	58.73	293.24	164.57	46.85	27.57	5.54	0.13	1.02	12.13	52.30	35.47	52.84	750.38
2009	99.53	176.01	214.92	159.00	13.57	1.76	0.35	4.38	10.72	32.99	54.11	84.89	852.23
2010	44.60	168.44	109.81	45.20	2.95	2.76	0.38	7.75	37.46	40.17	93.96	75.83	629.30
2011	77.96	370.90	80.34	89.75	0.22	1.30	0.52	0.51	19.97	28.30	54.56	100.81	825.14
2012	142.10	143.24	192.01	123.39	1.15	2.49	0.03	0.01	20.01	74.76	66.06	73.52	838.78
2013	24.57	121.15	260.09	25.08	6.36	4.29	1.08	3.64	5.95	42.47	91.85	61.25	647.78
2014	58.37	265.10	281.03	37.19	2.78	1.52	0.00	1.16	31.09	36.38	55.37	66.85	836.84
2015	160.68	76.37	82.02	25.99	4.40	0.22	1.46	0.51	1.85	5.20	59.63	43.04	461.37
2016	107.98	102.18	150.36	12.89	6.37	3.53	17.99	1.16	61.41	64.51	57.50	54.95	640.82
<b>Promedio</b>	<b>87.28</b>	<b>149.45</b>	<b>125.84</b>	<b>59.94</b>	<b>21.86</b>	<b>5.50</b>	<b>1.67</b>	<b>4.19</b>	<b>33.42</b>	<b>59.39</b>	<b>65.71</b>	<b>54.06</b>	<b>668.30</b>
<b>Maximo</b>	<b>517.55</b>	<b>692.86</b>	<b>309.34</b>	<b>159.00</b>	<b>195.62</b>	<b>44.29</b>	<b>17.99</b>	<b>15.86</b>	<b>120.71</b>	<b>547.83</b>	<b>144.76</b>	<b>125.70</b>	<b>1356.62</b>
<b>Minimo</b>	<b>5.34</b>	<b>12.21</b>	<b>22.35</b>	<b>6.37</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>1.85</b>	<b>1.40</b>	<b>8.63</b>	<b>5.04</b>	<b>331.92</b>

NOTA: Fuente: SENAMHI

**Nombre de estación:** HUARI  
**Código de estación:** 425  
**Tipo de Estación:** Climática

**Rio:**  
**Cuenca:** Intercuenca Alto Marañón V

**Latitud Sur:** -9.35  
**Longitud Oeste:** -77.1667  
**Altitud:** 3149

**Región:** Ancash  
**Provincia:** Huari  
**Distrito:** Huari

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1980	77.26	70.43	47.08	15.29	9.84	15.48	2.67	6.45	40.09	28.17	131.40	10.16	454.33
1981	169.81	93.35	64.52	23.25	23.93	10.43	4.01	8.43	32.75	22.66	58.40	87.91	599.43
1982	37.86	114.16	76.00	77.64	14.32	3.91	2.49	5.73	48.41	503.01	57.64	116.39	1057.55
1983	68.92	18.08	149.21	86.84	44.72	14.74	0.98	3.03	22.43	8.25	45.45	69.52	532.15
1984	73.75	149.98	56.33	30.91	6.97	4.99	3.01	5.69	27.92	71.17	45.64	13.99	490.35
1985	6.96	150.32	37.35	14.19	4.78	39.30	7.67	13.07	41.44	22.96	25.16	25.99	389.19
1986	43.72	127.03	173.74	22.59	37.79	1.34	1.03	16.60	15.42	14.36	95.14	14.16	562.92
1987	70.37	95.20	31.28	37.97	15.61	0.76	1.68	2.48	25.46	50.96	14.76	17.80	364.33
1988	114.24	39.50	80.51	51.72	14.31	3.73	1.08	2.23	26.00	14.12	58.74	28.27	434.45
1989	447.25	71.91	81.47	50.17	5.89	5.95	0.47	17.03	22.64	21.93	8.53	9.21	742.45
1990	75.98	35.12	49.66	24.53	162.22	13.41	1.20	3.40	19.28	15.03	83.12	60.59	543.54
1991	65.70	20.29	120.74	71.94	26.06	9.22	2.35	4.69	23.17	1.83	99.26	53.50	498.75
1992	46.71	20.96	66.31	63.88	0.95	5.02	3.50	15.29	39.29	5.51	81.39	67.45	416.27
1993	57.26	56.34	97.74	76.78	263.43	5.17	2.52	25.88	72.94	8.66	83.51	19.92	770.15
1994	69.09	122.26	71.00	96.78	5.76	3.75	1.55	3.07	33.17	10.83	11.04	23.74	452.03
1995	6.16	90.64	104.83	45.43	19.19	3.16	2.63	12.45	27.74	10.73	73.04	14.26	410.26
1996	77.32	87.59	83.44	34.54	14.44	13.51	1.51	6.27	29.54	60.00	92.39	20.13	520.68
1997	65.21	15.16	35.43	36.04	115.56	0.27	1.09	2.44	27.95	471.09	69.48	59.40	899.11
1998	169.60	102.23	466.69	87.61	6.91	2.89	1.25	5.89	42.03	8.94	72.28	14.21	980.51
1999	207.01	453.22	79.62	87.30	15.54	2.13	1.66	0.93	29.15	44.92	79.63	73.87	1074.98
2000	19.24	929.89	244.95	95.94	3.46	18.54	2.69	20.99	100.35	18.18	113.78	65.54	1633.55
2001	120.59	102.40	195.80	18.59	15.31	1.10	5.31	4.00	130.85	23.60	140.70	36.12	794.34
2002	51.49	277.67	142.19	124.31	4.06	3.04	0.65	3.72	18.79	61.35	43.93	93.60	824.82
2003	149.58	73.16	222.11	46.22	3.19	8.71	1.43	10.54	41.78	22.94	62.84	110.91	753.42
2004	34.90	177.95	53.37	34.37	0.61	1.61	2.21	0.56	37.43	37.52	49.04	73.76	503.34
2005	83.67	34.44	413.64	96.38	5.06	0.34	0.30	0.19	25.26	28.64	42.38	60.28	790.58
2006	39.06	166.89	209.88	78.40	2.54	9.95	0.93	9.30	21.57	35.95	66.64	81.52	722.62
2007	40.72	65.86	138.14	90.31	6.90	8.64	3.25	2.02	4.48	38.27	51.67	44.52	494.76
2008	31.48	233.16	252.76	57.80	22.82	7.34	1.80	1.99	7.75	44.95	25.31	40.45	727.61
2009	89.32	125.75	353.49	66.42	14.63	0.17	0.35	1.62	5.06	27.86	34.38	80.05	799.08
2010	60.98	227.51	94.33	38.92	1.22	0.73	0.47	1.25	29.48	42.11	67.57	85.71	650.28
2011	89.80	446.17	114.08	66.51	2.37	3.33	4.05	1.82	15.42	25.36	59.39	83.46	911.77
2012	93.57	287.11	178.04	100.10	3.55	3.33	0.02	2.18	31.96	47.76	57.93	73.67	879.21
2013	19.17	248.00	412.55	15.71	12.29	2.40	1.44	4.91	4.93	29.47	88.67	55.44	894.99
2014	59.94	223.13	466.21	25.74	2.17	0.28	2.00	1.39	44.07	48.72	42.80	73.57	990.01
2015	153.42	66.42	108.70	33.83	7.98	2.43	2.57	0.08	1.14	4.18	49.28	50.48	480.52
2016	47.93	146.07	300.36	17.95	6.68	4.58	25.48	0.26	26.82	23.85	46.04	62.03	708.05
<b>Promedio</b>	<b>84.73</b>	<b>155.82</b>	<b>158.74</b>	<b>55.21</b>	<b>24.95</b>	<b>6.37</b>	<b>2.68</b>	<b>6.16</b>	<b>32.27</b>	<b>52.86</b>	<b>62.93</b>	<b>53.29</b>	<b>696.01</b>
<b>Maximo</b>	<b>447.25</b>	<b>929.89</b>	<b>466.69</b>	<b>124.31</b>	<b>263.43</b>	<b>39.30</b>	<b>25.48</b>	<b>25.88</b>	<b>130.85</b>	<b>503.01</b>	<b>140.70</b>	<b>116.39</b>	<b>1633.55</b>
<b>Minimo</b>	<b>6.16</b>	<b>15.16</b>	<b>31.28</b>	<b>14.19</b>	<b>0.61</b>	<b>0.17</b>	<b>0.02</b>	<b>0.08</b>	<b>1.14</b>	<b>1.83</b>	<b>8.53</b>	<b>9.21</b>	<b>364.33</b>

NOTA: Fuente: SENAMHI



**Nombre de estación:** CHAVIN **Rio:**  
**Código de estación:** 154115 **Cuenca:** Intercuenca Alto Marañón V  
**Tipo de Estación:** Climática

**Latitud Sur:** -9.583333 **Región:** Ancash  
**Longitud Oeste:** -77.25 **Provincia:** Huari  
**Altitud:** 3210 **Distrito:** Chavin

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1986	121.85	94.50	60.50	103.00	19.00	3.70	17.00	16.20	45.00	38.70	94.50	85.90	699.85
1987	143.08	96.98	79.40	56.30	9.80	10.80	17.00	16.20	45.00	38.70	94.50	85.90	693.65
1988	164.30	99.45	98.30	134.50	24.40	15.55	10.35	17.25	44.90	66.50	43.90	63.80	783.20
1989	79.40	103.50	118.60	66.10	18.80	20.30	3.70	18.30	55.80	96.20	48.40	28.70	657.80
1990	85.50	95.40	102.30	42.80	28.60	34.20	8.70	27.35	51.90	145.40	115.80	94.80	832.75
1991	107.50	88.30	188.20	44.80	23.30	4.10	2.80	31.88	31.90	75.50	83.00	44.00	725.28
1992	52.50	66.50	98.80	84.85	14.80	5.50	3.40	36.40	23.50	63.20	76.10	40.60	566.15
1993	120.90	128.10	188.60	124.90	21.10	7.90	11.00	13.90	69.50	86.60	160.90	183.10	1116.50
1994	167.10	175.80	157.90	89.50	22.70	13.40	6.00	16.70	48.20	57.60	52.90	80.10	887.90
1995	112.20	98.50	152.00	75.50	53.10	22.00	1.00	18.10	35.70	87.70	75.50	142.20	873.50
1996	107.90	141.80	147.10	139.60	34.00	2.60	1.20	19.50	22.90	41.70	33.90	60.30	752.50
1997	85.90	125.70	61.30	20.90	12.00	5.90	1.40	13.40	41.30	52.20	101.30	111.40	632.70
1998	160.90	127.40	151.80	41.20	12.20	4.60	3.55	4.20	10.90	58.20	66.70	38.90	680.55
1999	118.30	239.20	113.80	98.30	34.80	13.70	5.70	3.60	70.10	51.00	92.50	93.50	934.50
2000	75.40	124.10	112.70	100.30	34.80	11.30	6.30	34.40	24.10	13.40	40.80	85.50	663.10
2001	124.60	63.60	133.40	37.10	38.30	5.50	5.10	6.90	35.10	76.60	99.10	90.40	715.70
2002	56.70	82.50	132.40	69.60	17.10	1.80	27.70	2.60	18.50	87.30	96.80	85.00	678.00
2003	44.50	63.00	104.60	51.80	25.80	7.10	1.90	15.30	15.20	29.90	57.90	147.00	564.00
2004	33.30	80.70	53.80	22.50	12.20	12.20	21.20	5.00	38.20	89.40	87.00	93.20	548.70
2005	57.80	88.10	67.03	37.40	21.60	1.90	0.80	4.10	15.40	80.60	39.80	95.50	510.03
2006	77.90	95.50	147.30	83.50	9.30	48.10	6.80	7.10	16.95	67.40	104.00	119.10	782.95
2007	89.30	30.00	132.10	103.80	22.20	0.90	6.00	6.90	18.50	111.10	65.30	72.70	658.80
2008	100.70	96.20	105.70	89.90	28.80	16.90	2.30	13.10	27.70	108.50	84.10	61.10	735.00
2009	170.20	63.10	195.40	93.10	40.40	18.60	14.30	9.80	6.70	93.70	40.90	110.90	857.10
<b>Promedio</b>	<b>102.41</b>	<b>102.83</b>	<b>120.96</b>	<b>75.47</b>	<b>24.13</b>	<b>12.02</b>	<b>7.72</b>	<b>14.92</b>	<b>33.87</b>	<b>71.55</b>	<b>77.32</b>	<b>88.07</b>	<b>731.26</b>
<b>Maximo</b>	<b>170.20</b>	<b>239.20</b>	<b>195.40</b>	<b>139.60</b>	<b>53.10</b>	<b>48.10</b>	<b>27.70</b>	<b>36.40</b>	<b>70.10</b>	<b>145.40</b>	<b>160.90</b>	<b>183.10</b>	<b>1116.50</b>
<b>Minimo</b>	<b>33.30</b>	<b>30.00</b>	<b>53.80</b>	<b>20.90</b>	<b>9.30</b>	<b>0.90</b>	<b>0.80</b>	<b>2.60</b>	<b>6.70</b>	<b>13.40</b>	<b>33.90</b>	<b>28.70</b>	<b>510.03</b>

NOTA: Fuente: SENAMHI

**Nombre de estación:** BULDIBUYO **Rio:**  
**Código de estación:** 154114 **Cuenca:** Intercuenca Alto Marañón V  
**Tipo de Estación:** Climática

**Latitud Sur:** -8.11667 **Región:** La Libertad  
**Longitud Oeste:** -77.3667 **Provincia:** Pataz  
**Altitud:** 3243 **Distrito:** Buldibuyo

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP Acumulada
1966	120.00	124.50	151.50	44.50	23.00	2.50	8.50	9.00	113.00	222.00	124.00	41.00	983.50
1967	91.00	165.00	80.00	87.00	35.00	4.00	14.00	8.00	11.00	42.00	152.00	137.00	826.00
1968	149.00	84.00	223.00	2.00	11.00	1.00	3.00	10.00	28.00	64.00	3.00	44.00	622.00
1969	17.00	90.00	44.00	57.00	1.00	2.00	4.00	1.00	24.00	83.00	71.00	55.00	449.00

1970	97.00	24.00	115.00	36.00	3.00	6.00	5.00	3.00	19.00	39.00	105.00	27.00	479.00
1971	45.00	61.00	139.00	19.00	3.00	3.50	16.00	6.00	3.00	102.00	75.00	82.00	554.50
1972	42.00	17.00	37.00	106.00	11.00	1.00	1.00	1.00	68.00	10.00	64.00	36.00	394.00
1973	40.00	103.00	71.00	100.00	30.00	6.00	1.00	3.00	15.00	70.00	80.00	91.00	610.00
1974	102.00	110.00	122.00	43.00	3.00	2.00	1.00	5.00	13.00	51.00	11.00	28.00	491.00
1975	37.00	112.00	132.00	3.00	1.00	2.00	2.00	23.00	8.00	45.00	28.00	17.00	410.00
1976	46.00	42.00	78.00	15.00	2.00	2.00	3.00	8.00	9.00	5.00	6.00	43.00	259.00
1977	43.00	56.00	73.00	14.00	5.00	2.00	2.00	3.00	10.00	33.00	47.00	69.50	357.50
1978	72.00	89.50	135.00	24.00	31.00	2.00	2.00	3.00	14.00	61.00	88.00	96.00	617.50
1979	101.00	123.00	197.00	34.00	22.00	2.00	1.00	5.00	36.00	48.00	107.00	39.00	715.00
1980	40.00	62.00	80.00	47.00	2.00	2.00	6.00	4.00	28.00	62.00	218.00	172.00	723.00
1981	123.00	104.00	110.00	48.00	5.00	9.00	8.00	5.00	20.00	104.00	249.00	144.00	929.00
1982	114.00	216.00	94.00	56.00	10.00	9.00	9.00	3.00	21.00	130.00	98.00	239.00	999.00
1983	73.00	26.00	168.00	75.00	16.00	9.00	5.00	7.00	5.00	54.00	73.00	180.00	691.00
1984	59.00	290.00	379.00	69.00	16.00	8.00	1.00	11.00	6.00	47.00	116.00	72.00	1074.00
1985	247.00	93.00	65.00	64.00	69.00	3.00	2.00	13.00	31.00	34.00	102.00	147.00	870.00
1986	56.00	99.00	85.00	49.00	24.00	12.00	21.00	8.00	44.00	42.00	61.00	64.00	565.00
1987	116.00	74.00	109.00	18.00	17.00	19.00	24.00	24.00	70.00	108.00	158.00	165.00	902.00
1988	202.00	54.00	40.00	47.00	37.00	1.00	2.00	6.00	19.00	3.00	7.00	21.00	439.00
1989	52.00	137.00	40.00	9.00	24.00	10.00	13.00	15.00	44.50	55.50	82.50	93.00	575.50
<b>Promedio</b>	<b>86.83</b>	<b>98.17</b>	<b>115.31</b>	<b>44.44</b>	<b>16.71</b>	<b>5.00</b>	<b>6.44</b>	<b>7.67</b>	<b>27.48</b>	<b>63.10</b>	<b>88.56</b>	<b>87.60</b>	<b>647.31</b>
<b>Maximo</b>	<b>247.00</b>	<b>290.00</b>	<b>379.00</b>	<b>106.00</b>	<b>69.00</b>	<b>19.00</b>	<b>24.00</b>	<b>24.00</b>	<b>113.00</b>	<b>222.00</b>	<b>249.00</b>	<b>239.00</b>	<b>1074.00</b>
<b>Minimo</b>	<b>17.00</b>	<b>17.00</b>	<b>37.00</b>	<b>2.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>17.00</b>	<b>259.00</b>

NOTA: Fuente: ANA

**Nombre de estación:** HUANCAS **Rio:**  
**Código de estación:** **Cuenca:** Intercuenca Alto Marañón V  
**Tipo de Estación:** Convencional  
**Latitud Sur:** -8.352499 **Región:** La Libertad  
**Longitud Oeste:** -77.32722 **Provincia:** Pataz  
**Altitud:** 2846 **Distrito:** Tayabamba

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PP Acumulada
1984	60.88	59.03	148.58	57.80	90.60	37.15	23.75	55.55	59.40	126.80	103.20	101.00	923.73
1985	104.90	92.30	86.10	50.20	118.80	40.45	27.45	31.55	52.40	50.20	85.95	116.25	856.55
1986	16.85	25.75	211.05	65.40	62.40	33.85	20.05	49.05	21.35	72.65	85.85	104.40	768.65
1987	113.45	136.60	104.70	108.75	6.30	26.50	10.00	32.20	27.25	117.30	148.55	135.95	967.55
1988	134.75	148.10	95.55	111.05	58.30	15.60	9.05	13.00	20.65	39.45	35.25	38.10	718.85
1989	74.25	59.90	113.50	52.90	10.90	61.75	9.53	22.60	23.95	78.38	91.90	87.03	686.58
<b>Promedio</b>	<b>84.18</b>	<b>86.95</b>	<b>126.58</b>	<b>74.35</b>	<b>57.88</b>	<b>35.88</b>	<b>16.64</b>	<b>33.99</b>	<b>34.17</b>	<b>80.80</b>	<b>91.78</b>	<b>97.12</b>	<b>820.32</b>
<b>Maximo</b>	<b>134.75</b>	<b>148.10</b>	<b>211.05</b>	<b>111.05</b>	<b>118.80</b>	<b>61.75</b>	<b>27.45</b>	<b>55.55</b>	<b>59.40</b>	<b>126.80</b>	<b>148.55</b>	<b>135.95</b>	<b>967.55</b>
<b>Minimo</b>	<b>16.85</b>	<b>25.75</b>	<b>86.10</b>	<b>50.20</b>	<b>6.30</b>	<b>15.60</b>	<b>9.05</b>	<b>13.00</b>	<b>20.65</b>	<b>39.45</b>	<b>35.25</b>	<b>38.10</b>	<b>686.58</b>

NOTA: Fuente: ANA

### ANEXOS 3

#### PANEL FOTOGRAFICO

(Recorrido del sistema de Abastecimiento de Agua Potable de Pomabamba)



*Vista de la captación progresiva 0+000*



*Vista del desarenador progresiva 0+070*



*Vista la captación, progresiva 0+090*



*Vista del canal, progresiva 0+200*



*Vista del canal (túnel), progresiva 0+250*



*Vista del canal enterrado por el deslizamiento, progresiva 0+450*





*Vista del canal enterrado por el deslizamiento, progresiva 0+550*



*Vista del canal abierto, progresiva 0+690*



*Vista del canal abierto, progresiva 0+850*



*Vista del canal abierto, progresiva 0+970*



*Vista del canal abierto, progresiva 1+070*

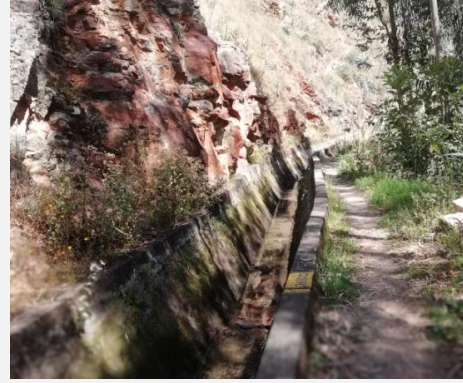


*Vista del canal abierto, progresiva 1+450*





*Vista del canal abierto (túnel), progresiva 1+730*



*Vista del canal abierto, progresiva 1+800*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+150*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+250*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+350*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+410*





*Vista del canal abierto, progresiva 2+450*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+480*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+540*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+800*



*Vista del canal abierto, progresiva 2+800*



*Vista del canal abierto, progresiva 3+000*



*PTAP, progresiva 3+010*



*PTAP, progresiva 3+040*



*PTAP, progresiva 3+0160*



*Vista de pase aéreo canal cerrado,  
progresiva 3+500*



*Vista del Reservorio, progresiva 4+500*



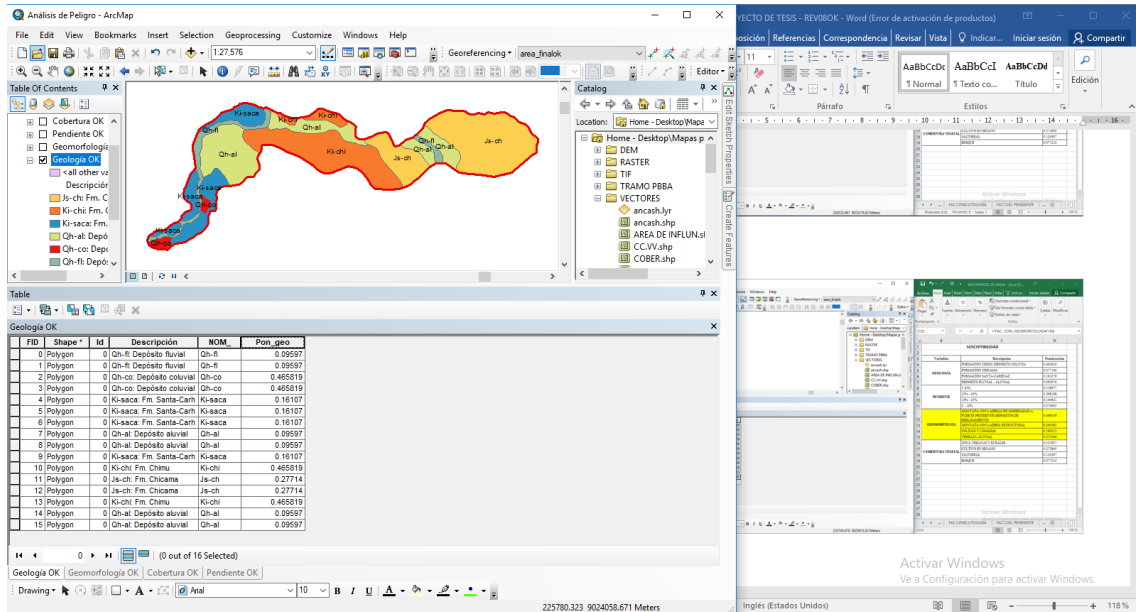


*Vista del Reservorio, progresiva 4+500*

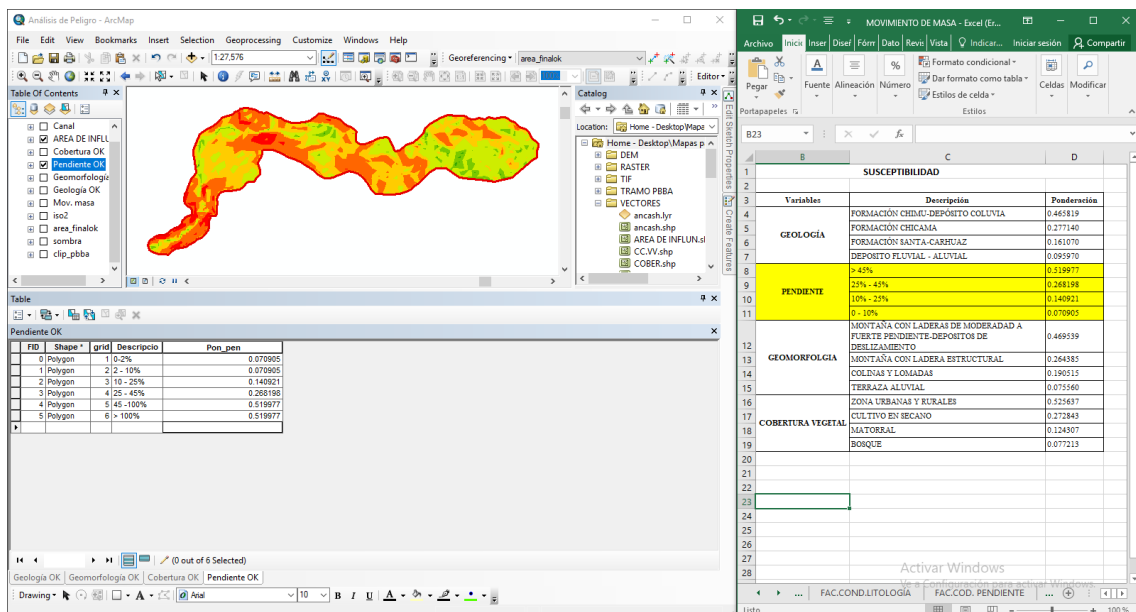


## ANEXOS 4

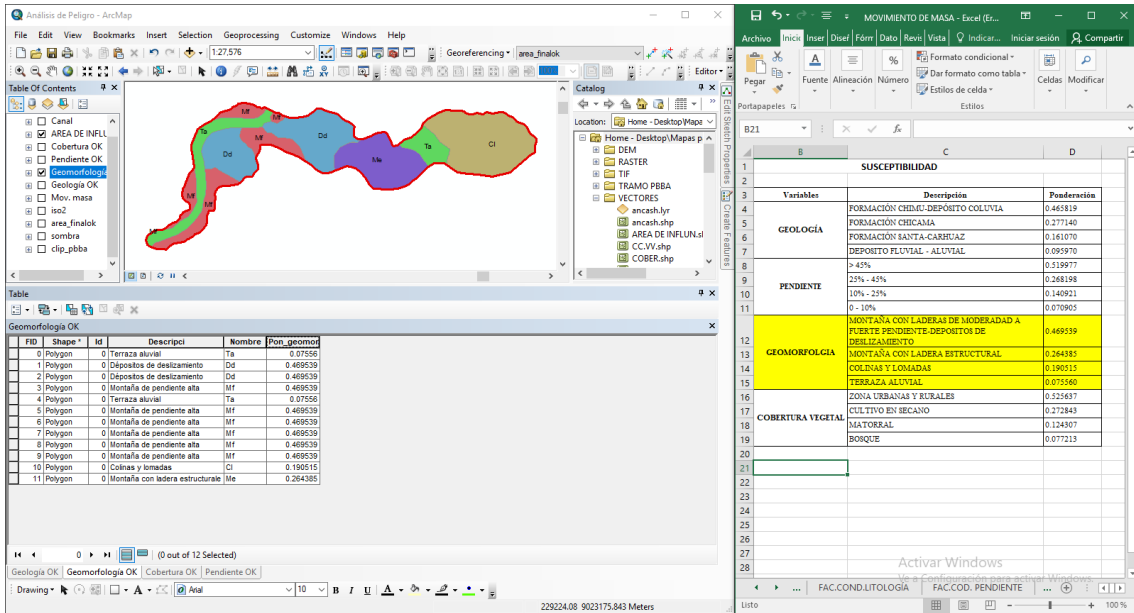
### PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN EN EL ArcGIS 10.5



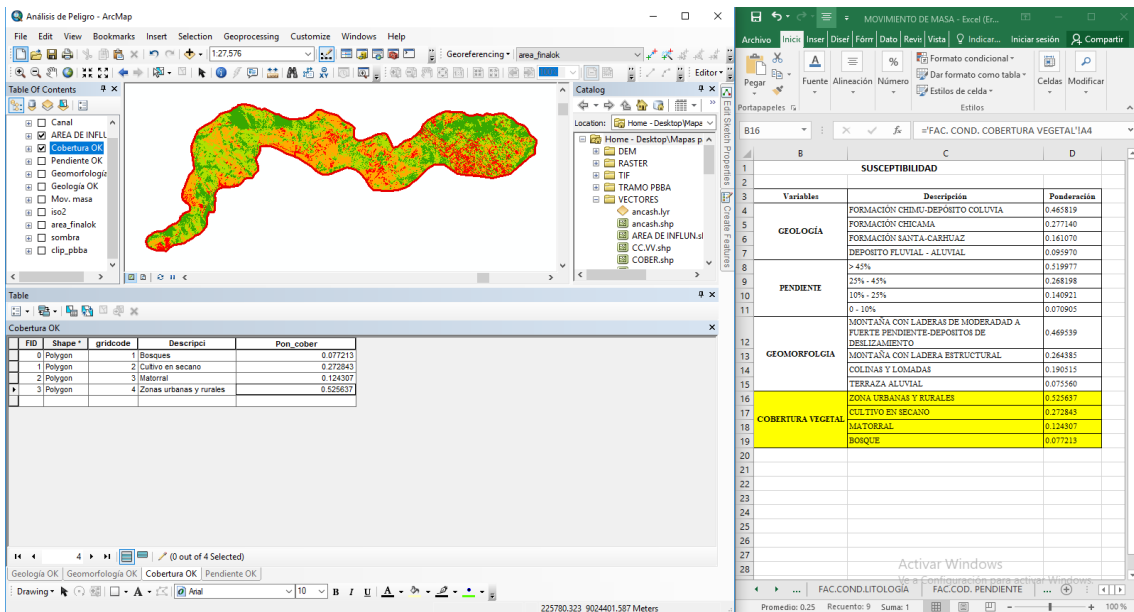
*Insertando los pesos ponderados de los parámetros a la tabla de atributos del software ArcGIS en el mapa de geología.*



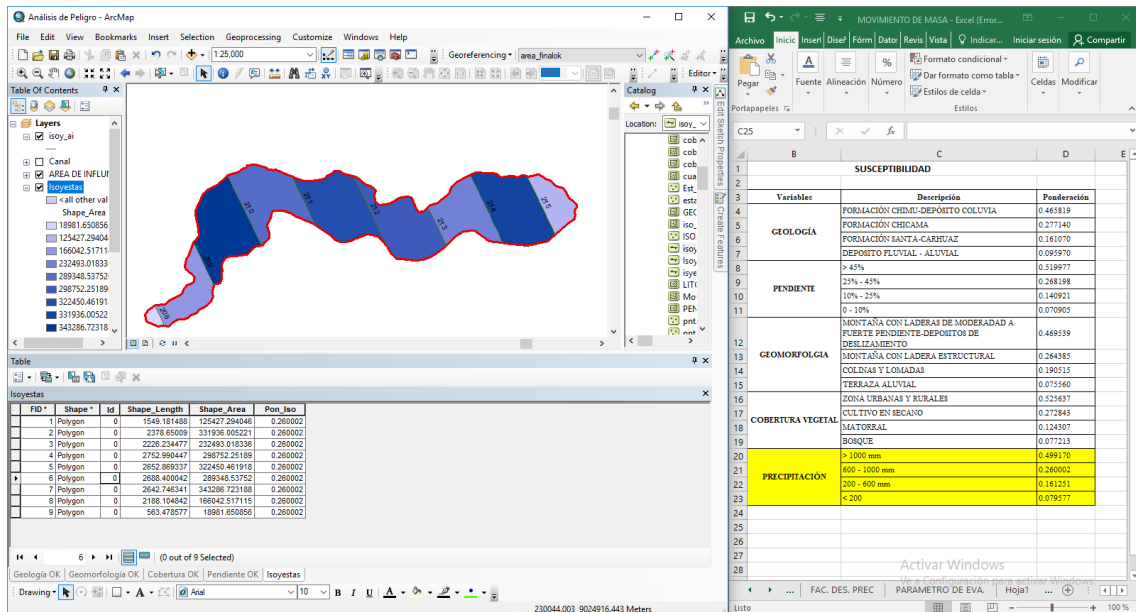
*Insertando los pesos ponderados de los parámetros a la tabla de atributos del software ArcGIS en el mapa de pendientes.*



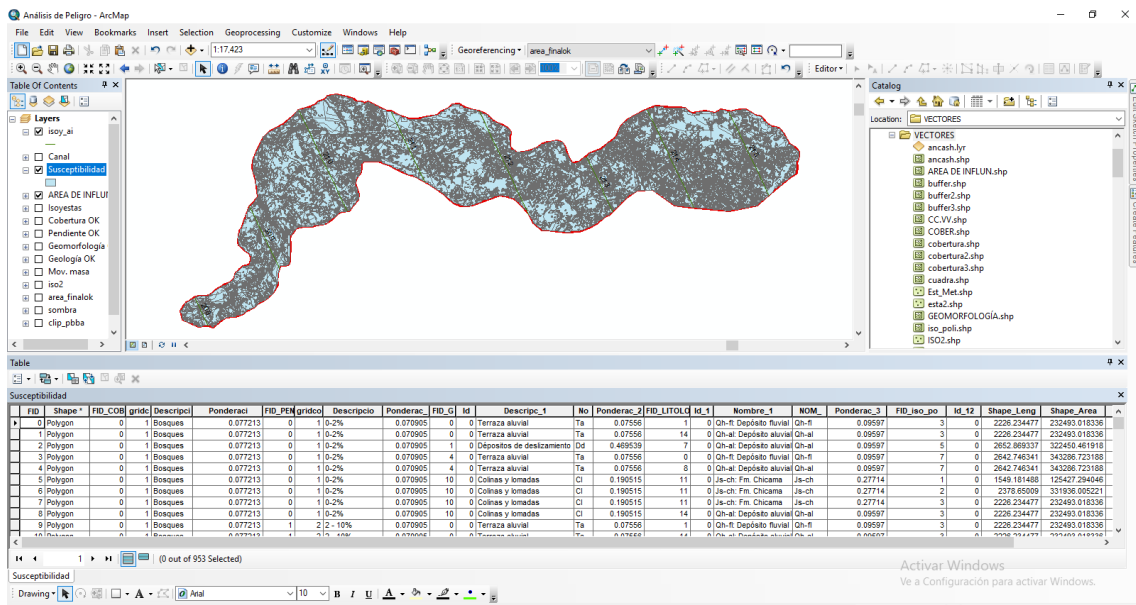
*Insertando los pesos ponderados de los parámetros a la tabla de atributos del software ArcGIS en el mapa de geomorfología.*



*Insertando los pesos ponderados de los parámetros a la tabla de atributos del software ArcGIS en el mapa de cobertura vegetal.*



*Insertando los pesos ponderados de los parámetros a la tabla de atributos del software ArcGIS en el mapa de isoyetas.*



*La obtención del mapa de susceptibilidad después de haber realizado las operaciones matemáticas dentro de la tabla de atributos.*