

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**EVALUACION DEL RIESGO POR PELIGRO DE EROSION FLUVIAL EN EL
SECTOR DE WICHAYPAMPA DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO PROVINCIA DE
COTABAMBAS DEPARTAMENTO DE APURIMAC – 2023**

PRESENTADA POR:

Br. ANDERSON MICHAELT MUÑOZ
TUPAHUACAYLLO

Br. CRISTIAN VLADIMIR HUAMAN BLANCO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

ASESORA:

Dra. JOSEFINA ESCALANTE GUTIERREZ

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DEL RIESGO
POR PELIGRO DE EROSION FLUVIAL EN EL SECTOR DE WICHAYPAMPA DISTRITO
DE CHALLHUACHO PROVINCIA DE COTABAMBA DEPARTAMENTO DE
APURIMAC - 2023

presentado por: CRISTIAN ULAJIMA HUAMAN Blanca con DNI Nro.: 72154058 presentado
por: ANDERSON MICHACIT MUÑOZ Jupahuacaylla con DNI Nro.: 70043552 para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO Geólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la**
UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1.0%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 10 de MARZO de 2025



Firma

Post firma DR. JOSEFA ESCALANTE GUTIERREZ

Nro. de DNI 73809533

ORCID del Asesor 0000-0001-9359-0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:433180487 ✓

Muñoz,A.-Huamán,C.

Evaluación del Riesgo por Peligro de Erosión Fluvial en el Sector de Wichaypampa

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:438180487

161 Páginas

Fecha de entrega

10 mar 2025, 12:47 p.m. GMT-5

28,431 Palabras

Fecha de descarga

10 mar 2025, 12:59 p.m. GMT-5

154,242 Caracteres

Nombre de archivo

Tesis Muñoz,A-Huamán,C..pdf

Tamaño de archivo

10.2 MB

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 25 palabras)
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Anderson Michaelt

A mi madre María y mis hermanos Alida y Jafet, este logro en un testimonio de su inmenso amor y dedicación. Agradezco por las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Esta tesis es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes. Gracias por ser la mejor madre y hermanos del mundo.

Cristian Vladimir

Este nuevo proyecto de tesis se lo dedico a mis padres Florentino y Yolanda por el gran amor, dedicación y esfuerzo dedicados en este tiempo, al darme una educación buena con principios, valores y enseñanza con su ejemplo donde los objetivos y metas trazadas se alcanzan con el esfuerzo, voluntad y tiempo de uno mismo. A mis hermanos Joel y Darwin por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra querida universidad que nos acogió y nos encaminó hacia el mundo profesional donde nos brindaron nuevos conocimientos y experiencia.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional y la fe que tuvieron en nosotros, dándonos aliento día a día.

Nuestro profundo agradecimiento a nuestra asesora la doctora Josefina Escalante Gutiérrez, así como a nuestros jurados quienes nos acompañaron en el proceso de elaboración del presente.

A nuestros amigos de la universidad, con quienes forjamos grandes lazos de amistad.

Anderson y Cristian

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, señores miembros del jurado.

En cumplimiento a las disposiciones vigentes contenidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, ponemos a vuestra consideración el presente trabajo de investigación cuyo título es “EVALUACION DEL RIESGO POR PELIGRO DE EROSION FLUVIAL EN EL SECTOR DE WICHAYPAMPA, DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC – 2023”.

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado en base a la información obtenida de manera teórica – practica y campo, mediante los conocimientos adquiridos durante los años de formación académica y profesional.

RESUMEN

En la presente investigación se busca determinar los niveles de riesgo por peligro de erosión fluvial en el sector de Wichaypampa distrito de Challhuahuacho provincia de Cotabambas departamento de Apurímac – 2024.

El tipo de investigación es de un enfoque mixto, con un método secuencial, de nivel descriptivo según su tipo, por su fuente es de campo y diseño experimental.

La técnica para determinar el nivel de riesgo en la zona de estudio está basada en el “Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión. Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción De Riesgo De Desastres – Dirección De Gestión De Procesos, 2014”. La población de la muestra de esta investigación se constituye por 504 personas una por vivienda. Para el cálculo del nivel de peligro se usó información previa recabada en pre-campo, corroborada en campo y procesada en gabinete mediante los softwares SIG ArcGIS y HEC-RAS, para el cálculo de la vulnerabilidad se usó encuestas a cada lote lo cual se procesó en gabinete con el software antes mencionado.

En el primer capítulo se describe los aspectos generales, entre los que destaca la ubicación geográfica, hidrográfica, estaciones climáticas, características climáticas, como llegar a la zona de la presente investigación.

En el segundo capítulo se desarrolla la descripción de, problema, entre los que se destaca los objetivos, tanto el general como los específicos, la justificación, la metodología que motiva la elaboración de la Evaluación del Riesgo.

En el tercer capítulo, se describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales, marco conceptual contemplando el peligro, vulnerabilidad y riesgo.

El cuarto capítulo comprende las características generales del área de estudio como las características físicas del terreno como la pendiente geología y geomorfología.

En el quinto capítulo, La clasificación geotécnica se realizó mediante sondajes de calicatas, encontrándose materiales de composición gravosa y arenosa siendo estos: condiciones excepcionales, suelos blandos, suelos intermedios rocas o suelos muy rígidos, roca dura.

En el sexto capítulo, describe a la cuenca hidrológica las condiciones topográficas y geológicas del terreno. En primer lugar, topográficas se refiere al tamaño, forma, pendiente, elevación, red de alcantarillado, ubicación general, usos y cubiertas de la tierra, entre otros. Por último, las condiciones geológicas se refieren al tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas.

En el séptimo capítulo se desarrolla la identificación del peligro, su caracterización y evaluación de acuerdo al elemento expuesto, el análisis físico de susceptibilidad (factores condicionantes y desencadenantes), en el área de influencia del peligro; representados en mapas temáticos.

El Octavo capítulo comprende el análisis de la vulnerabilidad en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental. Cada dimensión de la vulnerabilidad es evaluada con sus factores respectivos: exposición, fragilidad y resiliencia, para definir los niveles de vulnerabilidad que luego es representado en el mapa correspondiente.

En el noveno capítulo, se contempla el procedimiento para el cálculo del riesgo, que permite identificar el nivel del riesgo por flujo de detritos y el mapa de riesgo como resultado de la evaluación del peligro y la vulnerabilidad, se evalúa el control del riesgo, para identificar la



aceptabilidad o tolerancia del riesgo, considerando las medidas estructurales y no estructurales para la prevención y reducción del riesgo.

Palabras clave: Erosión fluvial, riesgo, vulnerabilidad, peligro y susceptibilidad.

ABSTRAC

This research seeks to determine the levels of risk by danger of river erosion in the Wichaypampa sector, district of Challhuahuacho, province of Cotabambas department of Apurímac – 2024. The type of research is a mixed approach, with a sequential method, of descriptive level according to its type, due to its field source and experimental design. The technique for determining the level of risk in the study area is based on the “Manual for the Evaluation of Risks Originated by Natural Phenomena, 2nd Version. National Center for Risk Estimation, Prevention and Reduction of Disasters – Process Management Directorate, 2014”. The sample population of this the research is made up of 504 people, one per dwelling. To calculate the level of danger, previous information collected in pre-field was used, corroborated in the field and processed in the office using the GIS ArcGIS and HEC-RAS software, for the calculation of vulnerability, surveys were used for each lot which was processed in the office with the aforementioned software. The first chapter describes the general aspects, among which the following stand out: geographic location, hydrography, climatic stations, climatic characteristics, how to get to the area of this research. In the second chapter, the description of the problem is developed, among which the objectives, both general and specific, are highlighted, as well as the justification, the methodology that motivates the development of the Risk Assessment. In the third chapter, the international, national and international background is described. premises, conceptual framework considering danger, risk, vulnerability

Translated from Spanish to English - www.onlinedoctranslator.com The fourth chapter comprises the general characteristics of the study area. such as the physical characteristics of the terrain such as slope, geology and geomorphology. In the fifth chapter, Geotechnical classification was carried out through drilling of test pits, where gravelly and sandy materials are found, these



being: exceptional conditions, soft soils, intermediate rocky soils or very soft soils rigid, hard rock. In the sixth chapter describes to the hydrological basin the topographic conditions and geological features of the terrain. Firstly, topographical refers to the size, shape, slope, elevation, sewer system, general location, land uses and covers, among others. Finally, geological conditions refer to the type of soil, permeability, formation of groundwater. In the seventh chapter, the identification of danger is developed, its characterization and evaluation according to the exposed element, the physical analysis of susceptibility (conditioning and triggering factors), in the area of influence of the danger; represented on thematic maps. The Eighth Chapter comprises the analysis of vulnerability in its three dimensions: social, economic and environmental. Each dimension of vulnerability is evaluated with their respective factors: exposure, fragility and resilience, to define the levels of vulnerability which are then represented on the corresponding map. In the ninth chapter, the procedure for calculating risk is contemplated, which It allows to identify the level of risk due to debris flow and the resulting risk map from the assessment of hazard and vulnerability, risk control is assessed to identify the risk acceptability or tolerance, considering structural and non-structural measures for prevention and risk reduction.

Keywords: Risk, vulnerability, danger and susceptibility.



INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
PRESENTACIÓN.....	4
RESUMEN.....	5
INDICE	10
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	14
1.1. UBICACIÓN.....	14
1.1.1. UBICACIÓN POLITICA	14
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	14
1.1.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA	16
1.1.4. VIAS DE ACCESO	17
1.2. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS.....	18
CAPITULO II: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	20
2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	20
2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	20
2.2.1. PROBLEMA GENEAL	20
2.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	21
2.3. OBJETIVOS.....	21
2.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
2.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
2.4. HIPOTESIS.....	22
2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.....	22
2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS	22
2.5. JUSTIFICACION	22
2.6. VARIABLES.....	23
2.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE	23
2.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	23
2.7. METODOLOGIA.....	23
2.7.1. METODOS QUE SE EMPLEARON EN LA INVESTIGACION.....	23
2.8. PROCEDIMIENTO.....	24
2.8.1. ETAPA DE PRE-CAMPO	24



2.8.2.	ETAPA DE CAMPO	25
2.8.3.	ETAPA DE POST-CAMPO	25
2.9.	UNIVERSO.....	26
2.9.1.	POBLACION Y MUESTRA.....	26
2.10.	TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS.....	26
2.10.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	26
CAPITULO III: MARCO TEORICO		27
3.1.	TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS.....	27
3.1.1.	ANTECEDENTE INTERNACIONAL	27
3.1.2.	ANTECEDENTE NACIONAL.....	29
3.1.3.	ANTECEDENTE LOCAL.....	31
3.2.	MARCO CONCEPTUAL	32
3.2.1.	EROSION FLUVIAL.....	32
3.2.2.	PERIODO DE RETORNO	33
3.2.3.	CURSOS DE AGUA EN RÉGIMEN.....	34
3.2.4.	AVENIDAS	34
3.2.5.	FACTORES QUE DETERMINAN LA EROSIÓN FLUVIAL	34
3.2.6.	ETAPAS DE LA EROSIÓN FLUVIAL.....	35
3.2.7.	MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN FLUVIAL.....	35
3.2.8.	PELIGRO.....	35
3.2.9.	VULNERABILIDAD	36
3.2.10.	SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA.....	36
3.2.11.	RIESGO	36
CAPITULO IV: CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....		37
4.1.	ANALISIS DE PENDIENTES.....	37
4.1.1.	PENDIENTES LIGERAMENTE INCLINADA (0 – 4%).....	37
4.1.2.	PENDIENTES FUERTEMENTE INCLINADA (4 – 15%)	37
4.1.3.	PENDIENTES EMPINADAS (15 – 50%).....	38
4.1.4.	PENDIENTES MUY EMPINADAS (50 – 75%).....	38
4.1.5.	PENDIENTES EXTREMADAMENTE EMPINADAS (> 75%)	38
4.2.	ANALISIS DE LA GEOMORFOLOGIA REGIONAL	41
4.2.1.	MONTAÑA EN ROCA SEDIMENTARIA	41
4.2.2.	COLINA Y LOMADA EN ROCA VOLCANICA.....	41

4.2.3.	SUPERFICIE DE FLUJO PIROCLASTICO	42
4.2.4.	MORRENAS	42
4.2.5.	VERTIENTE O PIEDEMONTE COLUVIO – DELUVIAL	43
4.2.6.	ABANICO DE PIE DE MONTE.....	43
4.2.7.	TERRAZA ALUVIAL	44
4.2.8.	CAUCE DE RIO.....	44
4.3.	ANALISIS DE LA GEOMORFOLOGIA LOCAL	46
4.3.1.	RIO.....	46
4.3.2.	TERRAZA ALUVIO - DELUVIAL.....	46
4.3.3.	PIEDEMONTE COLUVIO – ALUVIAL	47
4.3.4.	LADERA FLUVIO – ALUVIAL	47
4.3.5.	MONTAÑA EXTREMADAMENTE EMPINADA DE CENIZA VOLCANICA	47
4.4.	ANALISIS DE LA GEOLOGIA REGIONAL	50
4.4.1.	DEPOSITO ALUVIAL (Qh – al).....	51
4.4.2.	DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl).....	51
4.4.3.	DEPOSITO GLACIAR (Qp-gl)	52
4.4.4.	CENTRO VILCARANI – EVENTO 1 Y 2 (Np-viE1, Np-viE2).....	53
4.4.5.	FORMAÍOC ARCURQUINA MIEMBRO INFERIOR Y MEDIO (Ki-a/i4, Ki-a/m4)	53
4.4.6.	FORMACION MURCO (Ki-mu)	54
4.5.	ANALISIS DE LA GEOLOGIA LOCAL.....	56
4.5.1.	DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl).....	56
4.5.2.	DEPOSITO ALUVIAL (Q-al)	57
4.5.3.	DEPOSITO COLUVIAL (Qh-co)	57
4.5.4.	DEPOSITO DELUVIAL (Q-cd)	58
4.5.5.	TOBAS VOLCANICAS	58
CAPITULO V: ASPECTOS GEOTECNICOS		61
5.1	CLASIFICACION DE SUELOS	61
5.1.1.	EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS.....	61
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....		78
6.1	UBICACIÓN HIDROLOGICA.....	78
6.2.	PARAMETROS GENERALES DE LA CUENCA	79
6.2.1.	AREA DE LA CUENCA	79
CAPITULO VII: DETERMINACION DEL PELIGRO		110



7.1.	GENERALIDADES	110
7.2	METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PELIGROSIDAD	110
7.3	RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION	111
7.4	IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO	112
7.5	CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO	112
7.5.1.	TIPOS DE EROSION FLUVIAL	113
7.6	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS Y PONDERACIÓN.....	115
7.6.1.	PARAMETROS DE EVALUACION	116
7.7	SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO.....	117
CAPITULO VIII ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....		128
8.1.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	128
8.1.1.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	128
8.2.	VULNERABILIDAD EN DIMENSIÓN SOCIAL.....	129
8.2.1.	ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN EN LA DIMENSIÓN SOCIAL	129
8.2.2.	ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN SOCIAL	130
8.2.3.	ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN SOCIAL	132
8.3.	VULNERABILIDAD EN DIMENSIÓN ECONOMICA.....	136
8.3.1.	ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA.....	136
8.3.2.	ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	137
8.3.3	ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	140
8.4.	VULNERABILIDAD EN LA DIEMNSION AMBIENTAL	142
8.4.1.	ANALISIS EN LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL	142
8.5.	ESTRATIFICACION DE LA VULNERABILIDAD.....	146
8.6.	NIVELES DE LA VULNERABILIDAD.....	147
CAPITULO IX: CONTROL DEL RIESGO		150
9.1.	COSTO EFECTIVIDAD	150
9.2.	CONTROL DE RIESGOS.....	150
9.3	ACEPTABILIDAD / TOLERABILIDAD	151
CONCLUSIONES.....		154
BIBLIOGRAFIA.....		157
PANEL FOTOGRÁFICO		158

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACIÓN

El distrito de Challhuahuacho es uno de los 6 distritos que conforman la provincia de Cotabambas, ubicada en el departamento de Apurímac.

Departamento:	Apurímac
Provincia:	Cotabambas
Distrito:	Challhuahuacho
Sector:	Wichaypampa

1.1.1. UBICACIÓN POLITICA

El ámbito de estudio de la presente Evaluación de Riesgo se encuentra en área geográfica del río Apurímac y sus afluentes, en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, correspondiente a la provincia de Cotabambas y departamento de Apurímac.

1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

Ubicación en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) considerado los vértices del área.

El área de estudio se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM WGS84 Zona 18:

Inicio:

Este: 797353.00

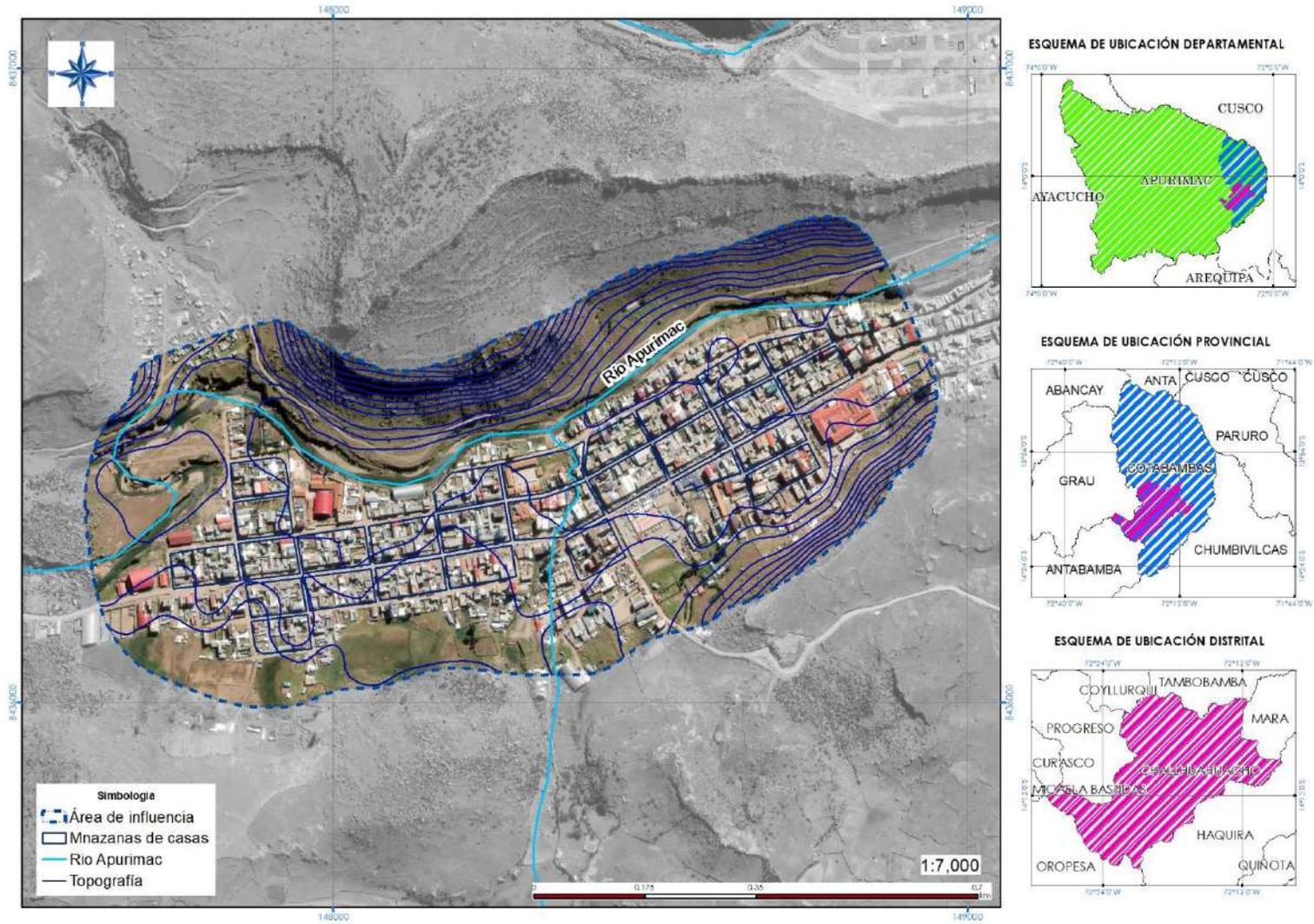
Norte: 8437459.00

Fin:

Este: 795606.00

Norte: 8436904.00

Figura 1: mapa de ubicación del área de estudio



Nota: elaboración propia

1.1.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA

El principal río que atraviesa el distrito de Challhuahuacho es el río Apurímac el cual discurre hacia el noreste descargando sus aguas en el río Santo Tomás, el cual a su vez lo hace en el río Ucayali y Amazonas, finalmente en el Océano Atlántico.

El río Apurímac tiene varios tributarios, a continuación, consideramos los más importantes:

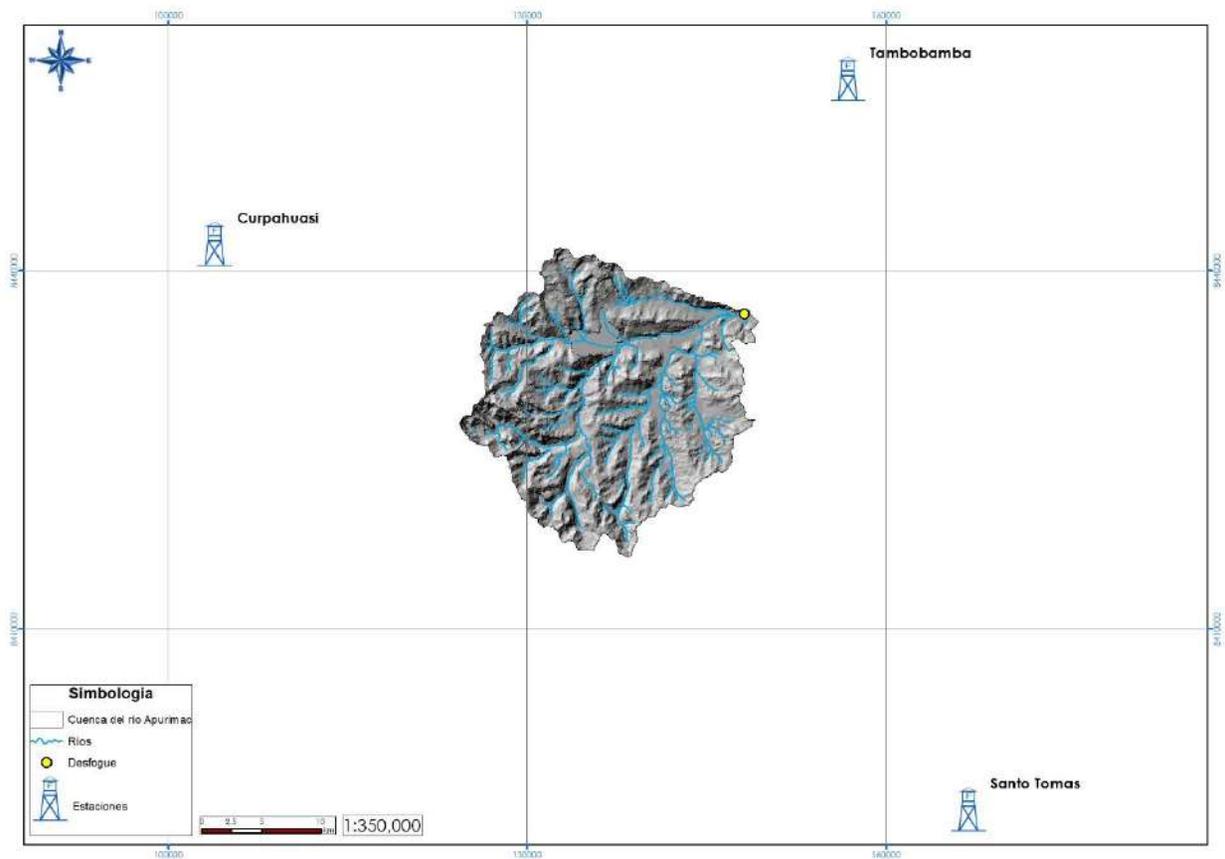
- Río Chila con su tributario: Río Sallacmache.
- Río Récord con sus tributarios: Río Jueñamayo que cambia de nombre a río Huallacmayo, Río Conchacota que cambia de nombre a Río Condormarca.
- Río Tocoahuacane
- Río Conjaca
- Río Chuycuni
- Río Ferrobamba

Cuadro 1.
Estaciones climáticas ubicadas alrededor del ámbito de estudio del Río Apurímac en el sector de Wichaypampa.

Estación	Código	Este	Norte	Altitud	Distrito	Provincia	Departamento	Zona
Curpahuasi	114108	751946.8	8444077	3535	Curpahuasi	Grao	Apurímac	18L
Tambobamba	113069	805232.5	8456551	3279	Tambobamba	Cotabambas	Apurímac	18L
Marca Cunka	114123	813733.7	93951484	3796	Santo Tomás	Chumbivilcas	Cusco	18L

Nota: elaboración propia

Figura 2: estaciones hidrológicas ubicadas fuera de la cuenca del Río Apurímac



Nota: elaboración propia

1.1.4. VIAS DE ACCESO

El acceso al distrito de Challhuahuacho se dan por las siguientes vías:

- Vía Lima: Lima – Nazca – Abancay – Chuquibambilla – Challhuahuacho.
- Vía Cusco: Cusco – Anta – Cotabambas – Tambobamba – Challhuahuacho.
- Vía Cuaco: Cusco – Yaurisque – Capacmarca – Mara – Challhuahuacho.
- Vía Cusco: Santo Tomas – Llusco – Quiñota – Haqira – Challhuahuacho.

1.2. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

El distrito de Challhuahuacho se puede apreciar un clima de tipo lluvioso, frio y con otoño e invierno seco. Este tipo de clima se puede encontrar en los departamentos de la región andina, a excepción de Piura, Lambayeque y Cajamarca.

En el verano, el tiempo de esta área es determinado por el Alta de Bolivia, el flujo de humedad del este, el Jet de bajos niveles al este de los Andes y factores locales, mientras que, en invierno, las DANAS, pueden generar precipitaciones sólidas como la nieve en el centro y sur del país, además, también son frecuentes las heladas en esta temporada debido al ingreso de vientos secos del oeste en altura.

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C. Además, los acumulados anuales de precipitaciones pueden variar desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente.

En la siguiente tabla encontraremos información relevante respecto al clima del distrito de Challhuahuacho.

Cuadro 2.
características climatológicas del distrito de Challhuahuacho.

	Aproximadamente por encima de la cota de 4200 m.s.n.m. flaco occidental y oriental de la cordillera de los andes.
Temperatura máxima	Entre 9°C a 19°C.
Temperatura mínima	Entre -3°C a 3°C.
Precipitación anual	Entre 500 y 1200 mm aproximadamente.
Precipitación efectiva	Lluvioso.
Eficiencia térmica	Frio.
Concentración de humedad	Otoño e invierno seco.

Nota: elaboración propia

Fotografía 1: distrito de Challhuahuacho, clima frio y lluvioso



Nota: elaboración propia

CAPITULO II: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

El área geográfica donde se encuentra ubicado el sector de Wichaypampa del distrito de Challhuahuacho, es una zona donde se presentan frecuentes eventos de desastres de origen natural, peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos, como inundaciones, lluvias intensas, erosión, entre otros. Localmente en el sector denominado Wichaypampa, ubicado en el distrito de Challhuahuacho, se tiene el peligro que se manifiesta con relativa frecuencia, este peligro es de erosión fluvial que se presenta en inmediaciones del sector de Wichaypampa y sus afluentes, la erosión fluvial pone en riesgo a la población asentada cerca de la ribera del río y sus afluentes, invadiendo terrenos destinados a viviendas, población y todo medio de vida ubicados dentro del área de influencia. Como ejemplo podemos mencionar que el último evento de gran magnitud ocurrido en la zona (lluvias intensas), se dio el 27 de marzo del 2022, que dejó un saldo de 47 familias damnificadas y 2 personas fallecidas, es necesario también mencionar que existe una persona desaparecida hasta la actualidad (Datos obtenidos del SINPAD, administrado por el INDECI).

2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel del riesgo originado por erosión fluvial en el sector de Wichaypampa distrito de Challhuahuacho provincia de Cotabambas departamento de Apurímac – 2023?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el nivel de peligro por erosión fluvial en el sector de Wichaypampa distrito de Challhuahuacho provincia de Cotabambas departamento de Apurímac – 2023?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por peligro de erosión fluvial en el sector de Wichaypampa distrito de Challhuahuacho provincia de Cotabambas departamento de Apurímac – 2023?
- ¿Qué medidas se propondrá ante el nivel de riesgo por peligro de erosión fluvial en el sector de Wichaypampa distrito de Challhuahuacho provincia de Cotabambas departamento de Apurímac – 2023?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el nivel de riesgo que origina el peligro por erosión fluvial en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.

2.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el nivel peligro por erosión fluvial en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad por peligro de erosión fluvial en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.
- Determinar y plantear medidas de mitigación ante el nivel de riesgo en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.

2.4. HIPOTESIS

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL

La presencia del río Apurímac y sus afluentes, originan un nivel de riesgo alto por peligro de erosión fluvial en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Los niveles de peligro por erosión fluvial son altos en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.
- Los niveles de vulnerabilidad por peligro por erosión fluvial son altos en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.
- El nivel de riesgo es alto, por lo que se deben proponer medidas de prevención y mitigación en el sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac – 2023.

2.5. JUSTIFICACION

El análisis busca generar conocimiento de los peligros existentes, las zonas vulnerables, dándole un uso para la planificación y ejecución del proyecto, fundamentalmente proteger la inversión pública, a las personas, las viviendas y la infraestructura actualmente expuesta en proyección.

Así mismo adecuar la metodología propuesta en el “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales” 2da versión Resolución Jefatural N° 112-2014 CENEPREDIJ, PRESENTADA POR EL Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción

de Riesgos de Desastres (CENEPRED), para un sector relativamente pequeño, como es la zona del proyecto, de esta manera se podrá tener un punto de partida para la prevención y mitigación de desastres, en concordancia a la Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), el cual tiene como fin minimizar los riesgos existentes.

2.6. VARIABLES

2.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel del riesgo.

2.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Erosión fluvial

2.7. METODOLOGIA

2.7.1. METODOS QUE SE EMPLEARON EN LA INVESTIGACION

El tipo de investigación es de un enfoque mixto, con un método secuencial, del nivel descriptivo según su tipo, por su fuente es de campo y diseño experimental, como se detalla a continuación:

- Enfoque: mixto porque es cuantitativo y cualitativo.
- Método: secuencial, porque en base al nivel de peligro y al grado de vulnerabilidad se podrá calcular el nivel del riesgo.
- Nivel: descriptivo, porque se hace una descripción de los datos y las características de geológicas, geomorfológicas, pendientes y hidrológicas de la zona de estudio para determinar el peligro.

2.8. PROCEDIMIENTO

La metodología del trabajo comprende únicamente tres (03) etapas:

2.8.1. ETAPA DE PRE-CAMPO

- Recopilación y análisis de la información bibliográfica local y regional del área de estudio, referida al tema destacando aquella relacionada a la geología del lugar, los peligros geológicos; así como publicaciones dentro del área de estudio y el ámbito nacional.
- Recopilación y análisis de Tesis referidas al lugar de estudio y relacionada del tema del mismo.
- De los trabajos previos a la tesis, se extrae los aportes y los puntos más relevantes.
- Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales. CENEPRED.
- Revisión de trabajos preliminares (publicaciones, cuadrángulo, tesis), análisis de información bibliográfica puntual, local y regional. Todas las anteriores relacionadas al tema de estudio.
- Generación de cartografía básica: elaboración de mapas topográficos, descargas de imágenes satelitales orto rectificadas, descargas de imágenes DEM y preparación de MDT.
- Preparación de base de datos preliminares en gabinete (cartografiado de parámetros geológicos mediante satélites para su posterior comprobación en campo).

2.8.2. ETAPA DE CAMPO

- Se realizó un recorrido por toda la cuenca con un total de 5 visitas a campo para obtener fotografías e identificar la zona de estudio, así como también para la obtención de muestras de suelo de diferentes puntos con el fin de realizar estudios
- Reconocimiento del terreno: geología, geomorfología, y pendientes.
- Reconocimiento y delimitación de cuencas.
- Recolección de datos antecedentes al peligro
- Encuestas

2.8.3. ETAPA DE POST-CAMPO

- Sistematización de información (gabinete).
- Se realiza el proceso de ponderación mediante el Análisis Jerárquico de Saaty (matriz de comparación de pares, matriz de normalización y el cálculo del índice de relación de consistencia, para obtener pesos ponderados), del parámetro de evaluación, así como de sus descriptores, del factor condicionante, así como de sus descriptores y del factor desencadenante, así como de sus descriptores.
- Determinación de los niveles de peligro.
- Determinación o definición del escenario. Ejemplo, a qué tipo de erosión fluvial se hace el estudio (normal o extrema).
- Elaboración del cuadro de la estratificación del peligro.
- Elaboración del mapa de peligro.

- Identificación y cuantificación de elementos expuestos susceptibles en las dimensiones social, económica y ambiental.
- Se realiza la definición de unidades de análisis de vulnerabilidad.
- Definir parámetros y descriptores para los factores de la vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia) en las 03 dimensiones (social. económica y ambiental).
- Ponderación de los parámetros y descriptores de los factores de la vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia) en las 03 dimensiones (social. económica y ambiental).
- Determinación de los niveles de vulnerabilidad.

2.9. UNIVERSO

2.9.1. POBLACION Y MUESTRA

Para la presente investigación se de 2780 habitantes con margen de error del 5% y la muestra 507 habitantes (cuatro por vivienda).

2.10. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

2.10.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se utilizará programas informáticos como ArcGIS para la generación de los siguientes mapas: - Mapa de los factores condicionantes - Mapa de los factores desencadenantes Se utilizará las imágenes de Google Earth Pro para la descarga de imágenes antiguas de la zona de estudio, así como como la ortofoto obtenida mediante un levantamiento con dron. Se utilizará el Microsoft Word para la redacción del documento y Microsoft Excel como apoyo para realizar los cálculos de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

3.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

La erosión fluvial al desgaste y desprendimiento de material del lecho y laderas de los ríos por acción de las corrientes de agua, cuando la energía del flujo del agua supera la resistencia del material del lecho y orillas del cauce. Este fenómeno amenazante puede presentarse por desgaste de las laderas del cauce (erosión lateral), por arranque y arrastre del material de lecho (profundización) y/o por la expansión gradual del proceso erosivo aguas arriba (erosión remontante).

La ocurrencia de este fenómeno se debe principalmente a la acción de tres procesos:

- 1) Acción hídrica, la cual actúa cuando la energía de flujo de agua supera la resistencia del material del lecho y de las orillas del cauce se genera la remoción del material y el descenso del fondo del mismo.
- 2) Abrasión, que consiste en el resultado de la acción mecánica de rozamiento y desgaste que ejercen las partículas sólidas suspendidas y transportadas en el agua sobre el lecho y las vertientes del cauce.
- 3) Procesos químicos, referente a los diferentes procesos que intervienen en la erosión fluvial asociados a la meteorización química, la cual se refiere principalmente a los complejos procesos que descomponen los constituyentes de las rocas y las estructuras internas de los minerales, siendo el agua, el agente de meteorización disolvente más importante.

Igualmente es importante mencionar que, la erosión de los bancos ribereños está determinada por el tamaño del canal, el caudal, la velocidad de la corriente y el régimen de

transporte; así como por características de los suelos tales como el tamaño de las partículas, densidad, contenido y tipo de arcilla, contenido de materia orgánica y porosidad.

Colombia cuenta con numerosas poblaciones ribereñas que han desarrollado su economía y su cultura alrededor de estos cuerpos de agua, tan solo en las riberas del río Magdalena se asientan más de 120 municipios, lo cual requiere una serie de medidas de adaptación por parte de los pobladores a la dinámica propia de los ríos, teniendo en cuenta que en varias ocasiones se han visto seriamente afectados por la ocurrencia de este fenómeno. Casos como el caso del municipio de Salamina en el departamento de Magdalena o corregimiento de Tacamocho en el municipio de Córdoba en el departamento de Bolívar, entre otros que se han visto enfrentados a las pérdidas de sus principales vías de comunicación, así como el mismo desplazamiento de sus habitantes.

De acuerdo al consolidado de Atención de emergencia de la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD, 2021) e Inventario Histórico Nacional de Desastres (corporación OSSO, 2021), hasta marzo de 2021 se han reportado más de 60 eventos asociados a erosión fluvial en el país, en 53 municipios de 19 departamentos, Bolívar, Magdalena y Choco son los departamentos que registran más número de eventos, mientras Nariño, Choco, Magdalena y Bolívar son los que registran el mayor número de personas afectadas por este fenómeno.

Frente al tema de normatividad, el gobierno nacional ha expedido reglamentaciones relacionadas con la administración y planificación física del territorio, la utilización del suelo y la gestión del riesgo de desastres tales como la Ley 99 de 1993, la Ley 388 de 1997, la Ley 1523 de 2012, y los Decretos 1807 de 2014 y 1077 de 2015, respecto al tema de erosión fluvial, en el país se ha venido realizando un esfuerzo institucional para brindar soluciones en la mitigación y la atención de este tipo de fenómeno en algunos municipios. Teniendo en cuenta el reducido número de estudios, guías o metodologías que definan parámetros de análisis de este fenómeno, la

(CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE, 2020) recientemente elaboró dos protocolos para el control de la erosión en la cuenca del río San Jorge y río Sinú, a partir de la identificación de puntos críticos.

Los consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, son instancias de coordinación, asesoría, planificación y seguimiento, destinados a garantizar la efectividad y articulación de los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y de manejo de desastres en la entidad territorial correspondiente (SNGRD, 2012) por tanto, dentro de sus funciones, corresponde el de siembre de bosque de galería, ofreciendo mayor estabilidad al suelo y protección frente a procesos de erosión fluvial. Monitoreo constante de puntos críticos por erosión fluvial que tengan lugar en sus territorios.

Las acciones o alternativas encaminadas a la mitigación y control de la erosión fluvial tienen que ver con medidas estructurales de protección de orillas como espigones, gaviones, diques marginales y enrocados de protección; no estructurales dentro de los cuales es importante destacar el proceso de gestionar mecanismos de participación pública e información a la población, que permitan el fortalecimiento del proceso de comunicación del riesgo; e igualmente, la restauración ecológica a través de siembre de bosques de galería, ofreciendo mayor estabilidad al suelo y protección frente a procesos de erosión fluvial.

(http://repositorio.gestiondelriesgodedesastres.gov.co/bitstream/handle/20.50011762/32752/ErosionFluvial_Colombia_Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

3.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de los eventos geodinámicos que afectan el área urbana de la localidad de Shucushyacu, capital del distrito de Teniente Cesar López Rojas, provincia de Alto Amazonas, región de Loreto, con este trabajo, el Instituto

Geológico Minero Y Metalúrgico (INGEMMET), cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología.

El objetivo del informe es evaluar los procesos geodinámicos en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, donde se han observado peligros geohidrológicos como erosión fluvial e inundación, generados por la dinámica fluvial del río Huallaga.

Como parte de la metodología de evaluación se ha realizado un análisis multitemporal de ubicación de la ribera derecha del río Huallaga en una longitud de 1.2 kilómetros, tramo que comprende el área urbana de Shucushyacu, mediante imágenes satelitales históricas disponibles en el geo servidor Google Earth 2020. Dichas imágenes corresponden a fechas de: 08-2010, 05-2011, 07-2013 y 09-2019.

El resultado de la evaluación refiere una tasa de erosión promedio mensual de 3.52 m y anual de 42.29 m, es decir que cada año respectivamente, la ribera derecha retrocede ese promedio de distancia. Asimismo, la tasa de área erosionada promedio mensual y anual asciende a 0.45 has y 5.37 has respectivamente.

Por tanto, el proceso de erosión fluvial en el área urbana de la localidad de Shucushyacu, de no controlarse, avanzara progresivamente comprometiendo la seguridad física del 95% del área urbana total, ya que este porcentaje que encuentra ubicado en el área de terraza aluvial susceptible a este evento geohidrológico, calificable como de ALTO PELIGRO.

[http://repositorio.ingemmet.gob.pe/20.500.12544/2586/1/A7023Erosi%
c3%b3n_inundaci%
c3%b3n_Shucushyacu-Loreto](http://repositorio.ingemmet.gob.pe/20.500.12544/2586/1/A7023Erosi%c3%b3n_inundaci%c3%b3n_Shucushyacu-Loreto)

Vázquez y Tapia (2002) en el estudio “Cuantificación de la Erosión Hídrica Superficial en las Laderas Semiáridas de la Sierra Peruana”, donde los resultados encontrados muestran que la tasa promedio de erosión en las laderas de la sierra es de 45.04 ton/ha/año, que representa una

lámina de pérdida suelo de 3.20 mm/año. Asimismo, se encontró que la construcción de zanjas de infiltración, redujo la pérdida de suelo en 20.60 ton/ha/año lo que significa 1.47 mm/año. Estos resultados son de mucha utilidad, pues por primera vez se ha cuantificado las pérdidas de suelo. Ello servirá de base para la planificación de trabajos de conservación de suelos que podrán llevarse a cabo en esta importante región.

3.1.3. ANTECEDENTE LOCAL

El Perú está considerado entre uno de los pases con mayores riesgos ambientales en el mundo, no solo por efectos del calentamiento global, el estrés hídrico, la deforestación, la contaminación del aire, del agua y del suelo, sino también por su ubicación en el círculo del fuego, por sus condiciones geográficas, climáticas y geodinámicas; por sus altos niveles de exposición de las comunidades más vulnerables a amenazas tales como sismos, inundaciones, fenómeno El Niño, sequías, heladas, etc. Esta situación ha hecho que el Perú haya sufrido un gran número de desastres que han agudizado los niveles de pobreza y han disminuido la calidad de vida de la población, el avance de la economía y el desarrollo del país.

En la región de Apurímac, han ocurrido diferentes eventos destructivos asociados a las Lluvias Intensas las que son recurrentes entre los meses de Diciembre a Abril, estos eventos desencadenan huaycos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, entre otros, las heladas que recurren en las zonas más altas más altas de la región entre los meses de Mayo a Julio, por otra parte los vientos fuertes que tienen presencia entre los meses de Agosto a Setiembre, que han venido afectando varios segmentos de la población, las cuales pasan por un lento proceso de mejoramiento de condiciones de vida por su baja residencia frente a estos eventos.

El Gobierno Regional de Apurímac, reconoce que es posible reducir considerablemente el impacto y las pérdidas que causa los desastres, si se logran implementar medidas físicas que

reduzcan la vulnerabilidad, también logrando que las autoridades y la población en las zonas expuestas, se encuentren preparadas y organizadas para reaccionar en salvaguarda de sus vidas y su patrimonio, para lo cual deben contar con los conocimientos, capacidades e instrumentos para una respuesta oportuna, eficiente y eficaz.

3.2. MARCO CONCEPTUAL

3.2.1. EROSION FLUVIAL

La erosión es un fenómeno generado por la remoción o desgaste de las partículas sólidas que conforman el fondo del lecho de un río. Este comportamiento se debe a que el agua del río al fluir sobre el material de fondo produce fuerzas hidráulicas impuestas por el poder erosivo del agua superando la resistencia ofrecida por el esfuerzo inherente del material de fondo ocasionado de esta manera su despre4ndimiento. “En general, se denomina erosión, socavación o degradación a la remoción que efectúa el agua de las partículas sólidas constituyentes de un lecho fluvial y cuyo resultado es una profundización del cauce” (Rocha, 1998, p.201).

La erosión depende de varios factores, tales como la geomorfología de la cuenca, la dinámica fluvial, el tipo de suelo del cauce del río y del clima de la zona. Rocha (1998, p.202) indica acerca de la erosión: “Es un fenómeno tridimensional, impermanente, en el que hay una gran interacción entre la corriente y el lecho que está siendo erosionado”. Así mismo menciona que: “La profundidad de erosión es variable hasta que llega a su valor máximo, el que se presenta cuando la velocidad de la corriente disminuye hasta hacerse igual a la velocidad crítica de iniciación del movimiento” (1998, p.202)

La erosión es un fenómeno que se desarrolla en el tiempo hasta llegar a una situación de equilibrio. Mientras se está desarrollando la erosión, el tirante y la fuerza tractiva van aumentando

con el paso del tiempo. El transporte sólido va variando a lo largo del cauce. Finalmente se llega al equilibrio: la corriente ha alcanzado el tirante necesario para que con las nuevas condiciones impuestas al río pueda haber continuidad en el transporte sólido. (Rocha, 1998, p.202) La erosión hídrica puede estar limitada por la capacidad de desprendimiento o por la capacidad de transporte. Tanto la lluvia como el escurrimiento tienen ambas capacidades de desprendimiento de suelo y de transporte de sedimentos, siendo aquel proceso que ocurra en menor medida el que finalmente determina cuanto suelo se pierde de una ladera. (Cisneros et al., 2012, p.62)

3.2.2. PERIODO DE RETORNO

El periodo de retorno seleccionado para una determinada estructura hidráulica requiere considerar la relación existente que hay entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, el cual depende de factores económicos, sociales, técnicos y otros. Así pues, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a través del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (p.16), definen al periodo de retorno de la siguiente manera:

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años. Al ser el riesgo de falla admisible un parámetro a tener en cuenta para seleccionar el periodo de retorno, el Manual del MTC menciona: El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

3.2.3. CURSOS DE AGUA EN RÉGIMEN

Rocha (1998), afirma: Para conocer el ancho y el tirante que puede tener un río es necesario recordar que los ríos que corren sobre un material aluvial adquieren, por un mecanismo que ha sido llamado de autoajuste, las pendientes, anchos y tirantes correspondientes a los gastos líquidos y sólidos y a la composición granulométrica del material sólido transportado por la corriente. Se dice entonces que el río está "en régimen". (p. 190)

3.2.4. AVENIDAS

“Una avenida, crecida, creciente, riada o aluvión como también se le llamaba hace algunos años, es por lo general producto de una combinación de determinadas condiciones hidrometeorológicas y no podemos hacer nada para evitarla” (Rocha, 2013, p.130). Asimismo, Rocha (2013) menciona: Las avenidas son expresión del carácter aleatorio de las descargas de los ríos y se deben casi siempre a la precipitación que ocurre sobre la cuenca. Por lo tanto, una avenida extraordinaria se origina, por lo general, en una precipitación extraordinaria. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticos. Es decir, que cada avenida va asociada a una probabilidad de ocurrencia. Las avenidas de los ríos son muy variables en el tiempo, especialmente en la costa norperuana, en la que se presentan notables contrastes entre los máximos y mínimos caudales medidos (o simplemente estimados o apreciados, como ocurre en la mayor parte de los ríos del Perú). (p.130-131)

3.2.5. FACTORES QUE DETERMINAN LA EROSIÓN FLUVIAL

Los factores determinantes para los sucesos de erosión hidria son los siguientes:
(Vázquez, 2000)

El suelo: Las características físicas del suelo (estructura, textura, contenido de materia orgánica, etc.) determinan el grado de resistencia de las partículas del suelo al desprendimiento y

transporte por efecto del impacto del agua sobre el suelo, de la escorrentía y la capacidad de infiltración del suelo.

La topografía: Las características topográficas que inciden en la erosión hídrica son la pendiente y la longitud de la ladera, así como la forma y tamaño del área de drenaje.

3.2.6. ETAPAS DE LA EROSIÓN FLUVIAL

El proceso de erosión hídrica comienza primeramente por el desprendimiento de las partículas de suelo, de las partes elevadas de un terreno. El desprendimiento de estas partículas puede ser llevado a cabo por la lluvia y por el escurrimiento superficial, ya que ambos pueden llegar a poseer la suficiente energía para desprender partículas del suelo. La lluvia y el escurrimiento además de llevar a cabo la función de desprendimiento, también realizan la función de transporte de suelo (Wischmeier, 1959)

3.2.7. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN FLUVIAL

Los datos sobre la erosión del suelo y los factores que la controlan, pueden tomarse en campo o para condiciones de simulación, en laboratorio, (Morgan, 1997).

3.2.8. PELIGRO

El Peligro, de acuerdo al SINAGERD se considera como la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen tectónico y geohidrológicos, se presenta en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

Para el presente estudio de fenómeno físico potencialmente dañino y de origen natural son inundaciones ocasionadas por aguas pluviales y aguas de escorrentía.

3.2.9. VULNERABILIDAD

Vulnerabilidad, de acuerdo a la terminología del SINAGERD, es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza (fenómenos naturales).

3.2.10. SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA

El uso y la importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es cada vez más común, ya que aproximadamente el 70% de la información que manejamos en cualquier disciplina esta georreferenciada. Es decir que se trata de información a la cual se puede asignar una posición geográfica, y es por tanto información que viene acompañada de otr información adicional relativa a su localización (Olaya, 2021).

3.2.11. RIESGO

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad entre los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, se procede a la conjunción de estos para calcular el nivel de riesgo del área.

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1. ANALISIS DE PENDIENTES

La evolución tectónica en general del Perú, ha generado la existencia de un relieve accidentado, dentro de lo cual se encuentra también el área asignada a áreas urbanas como el sector de Wichaypampa en el distrito de Challhuahuacho, este relieve accidentado tiene diversas características de elevaciones o inclinaciones en su superficie, esto se expresa a través de la pendiente, altura, y amplitud de la ladera, lo cual nos dan la idea del grado de equilibrio de los materiales que la componen, por ejemplo, se espera que ocurran movimientos de ladera con pendientes moderadas, empinadas a escarpadas. Para el análisis de este parámetro se toma en consideración los siguiente:

4.1.1. PENDIENTES LIGERAMENTE INCLINADA (0 – 4%)

Son relieves allanados, con pendientes igual o menores a 5% que pueden ser aprovechables para el uso agrícola. Ocupan la mayor parte del área de estudio, constituyendo zonas de transición a relieves de pendientes más elevadas. Su formación se da a consecuencia de la actividad erosiva sedimentaria de los agentes erosivos y los sistemas hídricos que presenta.

Este tipo de pendientes son propensas a sufrir inundaciones por precipitaciones.

4.1.2. PENDIENTES FUERTEMENTE INCLINADA (4 – 15%)

Son relieves inclinados, con pendiente de 4 – 15% también pueden ser utilizados para la actividad agrícola, son resultado eminente, de la actividad de los agentes erosivos y los sistemas hídricos. Suelen tener buena cobertura vegetal en zonas que no son aprovechables, se encuentra formando parte del sistema de montañas.

4.1.3. PENDIENTES EMPINADAS (15 – 50%)

Son relieves de fuerte inclinación de pendientes 15 – 50% no suelen ser apropiados para su uso agrícola, pero sin embargo se observan zonas donde se practican la agricultura. Se encuentran mayormente concentrados hacia las partes altas, se encuentran en zonas altas, en pequeñas extensiones presentando una cobertura vegetal escasa.

4.1.4. PENDIENTES MUY EMPINADAS (50 – 75%)

Son relieves empinados, con pendiente 50 – 75%, Son todas aquellas laderas abruptas, verticales o subverticales, dentro del tipo de relieve de crestones donde el afloramiento rocoso es frecuente, bien sea exponiendo la secuencia de rocas sedimentarias o la parte superior del estrato rocoso que se orienta conforme a la pendiente.

4.1.5. PENDIENTES EXTREMADAMENTE EMPINADAS (> 75%)

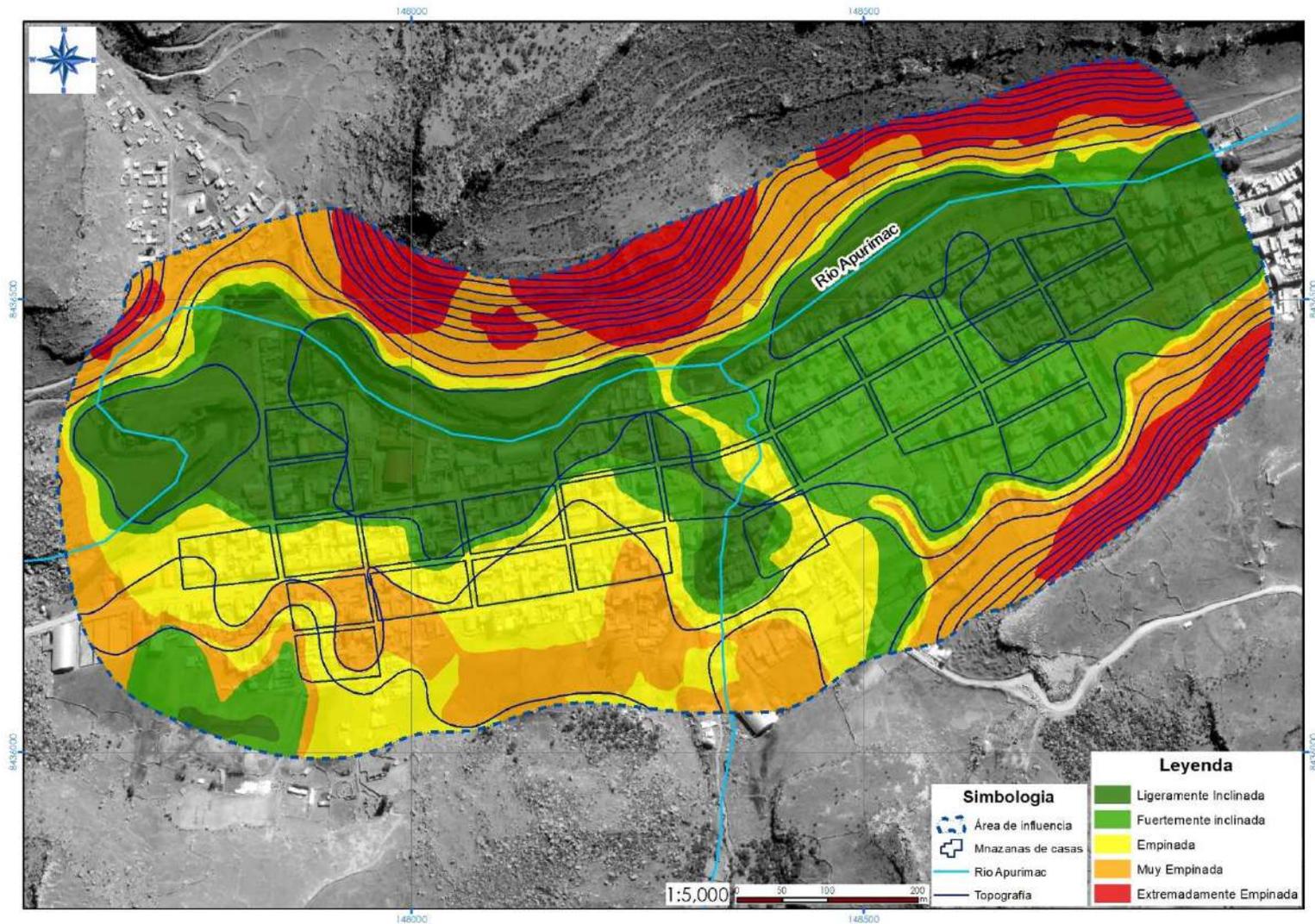
Los relieves con fuerte inclinación de pendientes mayores a 75%, que no son apropiados para su uso agrícola y laderas escarpadas, en estas zonas el relieve es complicado llegando en algunos casos a ser casi verticales, son el resultados de fuerzas tectónicas internas mayores, presentan poca o nula cobertura vegetal, mayormente de bosques, y es nula, presentan en cambio afloramientos rocosos que a veces tienen pendientes extremas, principalmente en las laderas como resultado de eventos geodinámicos.

Todo ello caracteriza a los suelos de naturaleza rocosa pedregosa en su mayor parte con pendientes por encima de los 75° grados de inclinación, que no permite la explotación intensiva de la actividad agropecuaria. El medio natural guarda en su contextura física muchos elementos orgánicos e inorgánicos, entre ellos: vegetales, minerales y otras.



La topografía de los terrenos en el área de influencia es ligeramente inclinada con sueves ondulaciones que van desde 4 a 15% ($5,71^\circ$ a $22,22^\circ$) y quebradas profundas, en algunas zonas, afloramientos de masas rocosas, sin embargo, tienen acumulaciones de gran cantidad de materia orgánica y fertilidad natural. Su textura varía limo arcilloso y limo arenoso (Fuente: Municipalidad Distrital de Challhuahuacho).

Figura 3: Mapa de pendientes del sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho.



Nota: elaboración propia

4.2. ANALISIS DE LA GEOMORFOLOGIA REGIONAL

4.2.1. MONTAÑA EN ROCA SEDIMENTARIA

Una montaña de roca sedimentaria es una formación rocosa compuesta por rocas sedimentarias que se ha visto afectada por procesos tectónicos y erosivos.

Las rocas sedimentarias se forman a partir de la acumulación de sedimentos, que son partículas de distintos tamaños transportadas por el agua, el viento o el hielo. Estos sedimentos se someten a procesos físicos y químicos, llamados diagénesis, que dan lugar a materiales consolidados.

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretácica.

El área de estudio se encuentra rodeado por esta subunidad en los 4 puntos cardinales, por el norte, este, sur y oeste, como se muestra en la figura 4.

4.2.2. COLINA Y LOMADA EN ROCA VOLCANICA

Esta sub unidad geomorfológica se da por la continuidad de la colina hacia la zona de montaña y es difícil de separarla, se compone de flujos de lava gris oscuro y depósitos piroclásticos de cenizas, presenta laderas con pendientes suaves y con un patrón de drenaje sub paralelo (Zavala et al., 2019).

Las colinas y lomadas en roca volcánica las encontramos en la parte sur – este del distrito de Challhuahuacho, y de la zona de estudio, como se puede observas en la figura 4.

4.2.3. SUPERFICIE DE FLUJO PIROCLASTICO

Proceden de actividades volcánicas y de las lavas solidificadas ocurridos en el pasado y que han sido solidificados las cuales contienen en su composición de Pumita o también llamada piedra pómez, constituidas por trozos de lava de tamaño variable que han atrapado burbujas de vapor y gases, los cuales al solidificarse son liberados, proporcionando a la roca un aspecto vacuolar muy poroso y característico. El Lapilli o también conocido como gravilla es una arena gruesa y procede de la solidificación de la lava en el aire.

Esta sub unidad la encontramos en toda la parte este del distrito de Challhuahuacho, y de la zona de estudio, como se puede observas en la figura 4.

4.2.4. MORRENAS

Esta unidad comprende a geoformas convexas suaves y alargadas producidas por acumulación de materiales depositados por acción glaciár durante el Pleistoceno – Holoceno. Existen varios tipos de morrena de acuerdo a su posición frente a un glaciár: morrena de fondo es la que se sitúa bajo el contacto con el lecho; morrena lateral cuando se sitúa en las orillas o bordes de un glaciár; morrena central: formadas por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en el mismo valle; morrena frontal o terminal: cuando se sitúa en la zona de deshilo del glaciár.

Esta sub unidad la encontramos en la parte sur – este del distrito de Challhuahuacho y de la zona de estudio, como se muestra en la figura 4.

4.2.5. VERTIENTE O PIEDEMONTE COLUVIO – DELUVIAL

Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio gravitacionales).

Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de sur – oeste a nor – este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 4.

4.2.6. ABANICO DE PIE DE MONTE

Un abanico aluvial es una forma de relieve deposicional originada en la base o pie (piedemonte) de un frente montañoso, genéticamente asociada a las descargas sólidas (sedimentos) de un curso de agua (río o quebrada) que drena desde un área topográficamente elevada a un área más baja y plana adyacente, sedimentación que es promovida principalmente por los fuertes cambios (disminución) de pendiente experimentados por el cauce a lo largo de su recorrido.

Esta sub unidad la encontramos al nor – este, del distrito de Challhuahuacho y de la zona de estudio, como se muestra en la figura 4.

4.2.7. TERRAZA ALUVIAL

Una terraza aluvial es una plataforma que se forma cuando un curso de agua incide linealmente sobre depósitos sedimentarios de etapas anteriores. Estas plataformas muestran las diferentes alturas que alcanzó la corriente en cada una de ellas.

Las terrazas aluviales se forman por: La erosión de los escalones, El hundimiento progresivo del lecho del río.

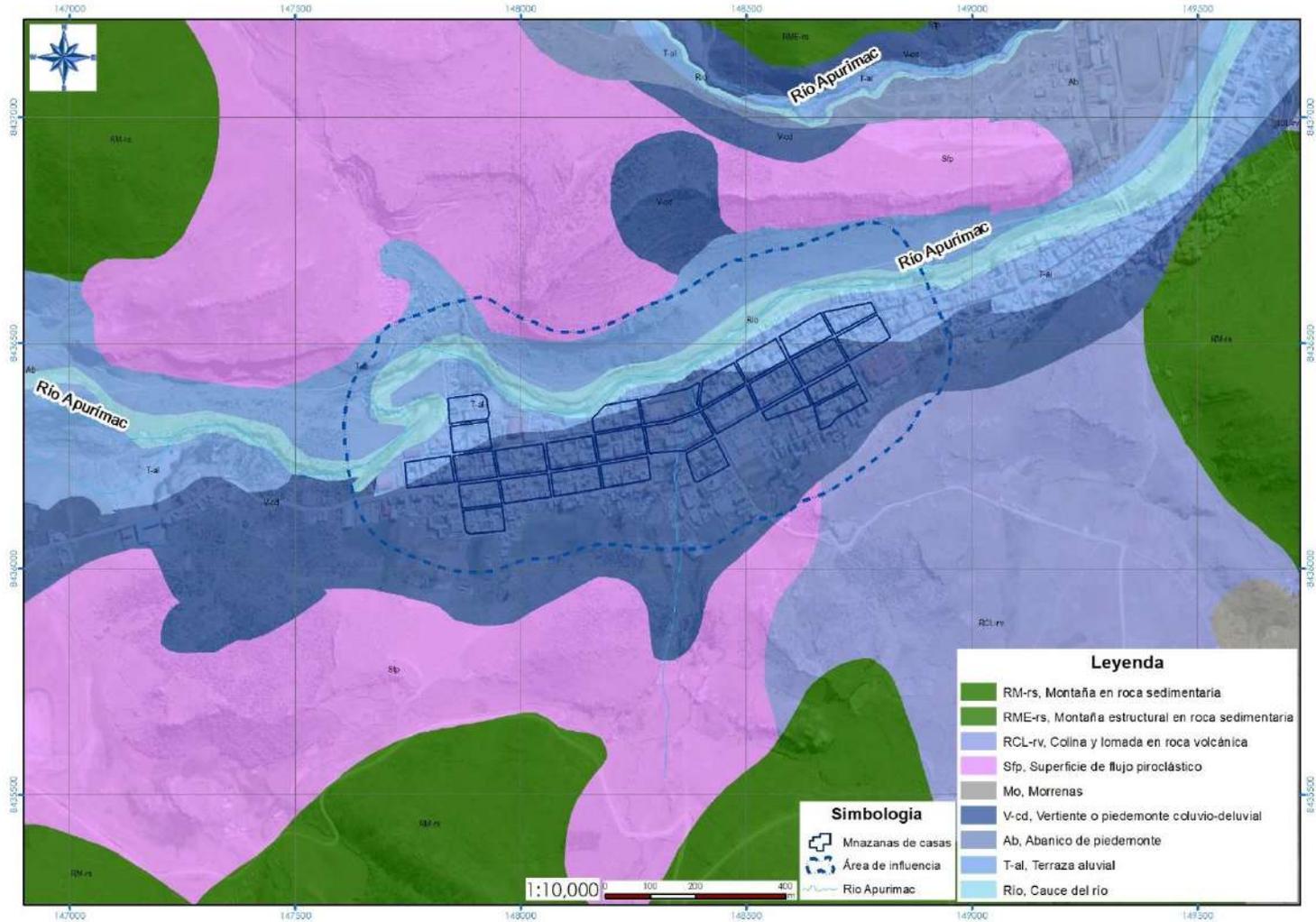
Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de sur – oeste a nor – este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 4.

4.2.8. CAUCE DE RIO

Las formas del lecho de cauces aluviales se definen como todas las irregularidades más grandes que el tamaño mayor de las partículas que lo conforman y ofrecen una mayor resistencia al flujo que caracteriza estos canales. La forma del cauce depende principalmente del material que compone el lecho, la intensidad de los procesos erosivos y está ligada a la frecuencia de las crecientes. También se debe al balance entre la fuerza del agua y la resistencia del lecho y de los materiales de las bancas.

Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de sur – oeste a nor – este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Mapa geomorfológico regional del distrito de Challhuahuacho.



Nota: elaboración propia

4.3. ANALISIS DE LA GEOMORFOLOGIA LOCAL

4.3.1. RIO

Las formas del lecho de cauces aluviales se definen como todas las irregularidades más grandes que el tamaño mayor de las partículas que lo conforman y ofrecen una mayor resistencia al flujo que caracteriza estos canales. La forma del cauce depende principalmente del material que compone el lecho, la intensidad de los procesos erosivos y está ligada a la frecuencia de las crecientes. También se debe al balance entre la fuerza del agua y la resistencia del lecho y de los materiales de las bancas. El número de Froude del flujo define la configuración del lecho. Incrementando el número de Froude el lecho irá cambiando de un lecho plano sin transporte a otras configuraciones. Las formas de lecho se clasifican, para cauces aluviales.

Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de sur – oeste a nor – este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 5.

4.3.2. TERRAZA ALUVIO - DELUVIAL

Las terrazas aluvio – deluviales son plataformas que se forman cuando un curso de agua incide linealmente sobre depósitos sedimentarios de etapas anteriores. Uniéndose depósitos deluviales que provienen de acumulaciones de depósitos de vertiente con taludes suaves a moderados. Se les encuentra como capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y redondeados.

Las terrazas aluvio – deluviales se forman por: La erosión de los escalones, El hundimiento progresivo del lecho del río, la erosión in-situ de rocas o fragmento de rocas.

Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de oeste a este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 5.

4.3.3. PIEDEMONTE COLUVIO – ALUVIAL

Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y aluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales: Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas y cercanos a lecho de ríos. Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio gravitacionales).

Esta sub unidad la encontramos a manera de franja cortando de sur – oeste a nor – este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 5.

4.3.4. LADERA FLUVIO – ALUVIAL

Son sub unidades que con depósitos fluviales y aluviales que se encuentra en superficies inclinadas del terreno o declive propio de las montañas, los cerros, las lomas, que también se conoce como vertientes o faldas.

Esta sub unidad la encontramos en ambos márgenes del Río Apurímac a manera de franja cortando de oeste a este, la zona de estudio, como se muestra en la figura 5.

4.3.5. MONTAÑA EXTREMADAMENTE EMPINADA DE CENIZA VOLCANICA

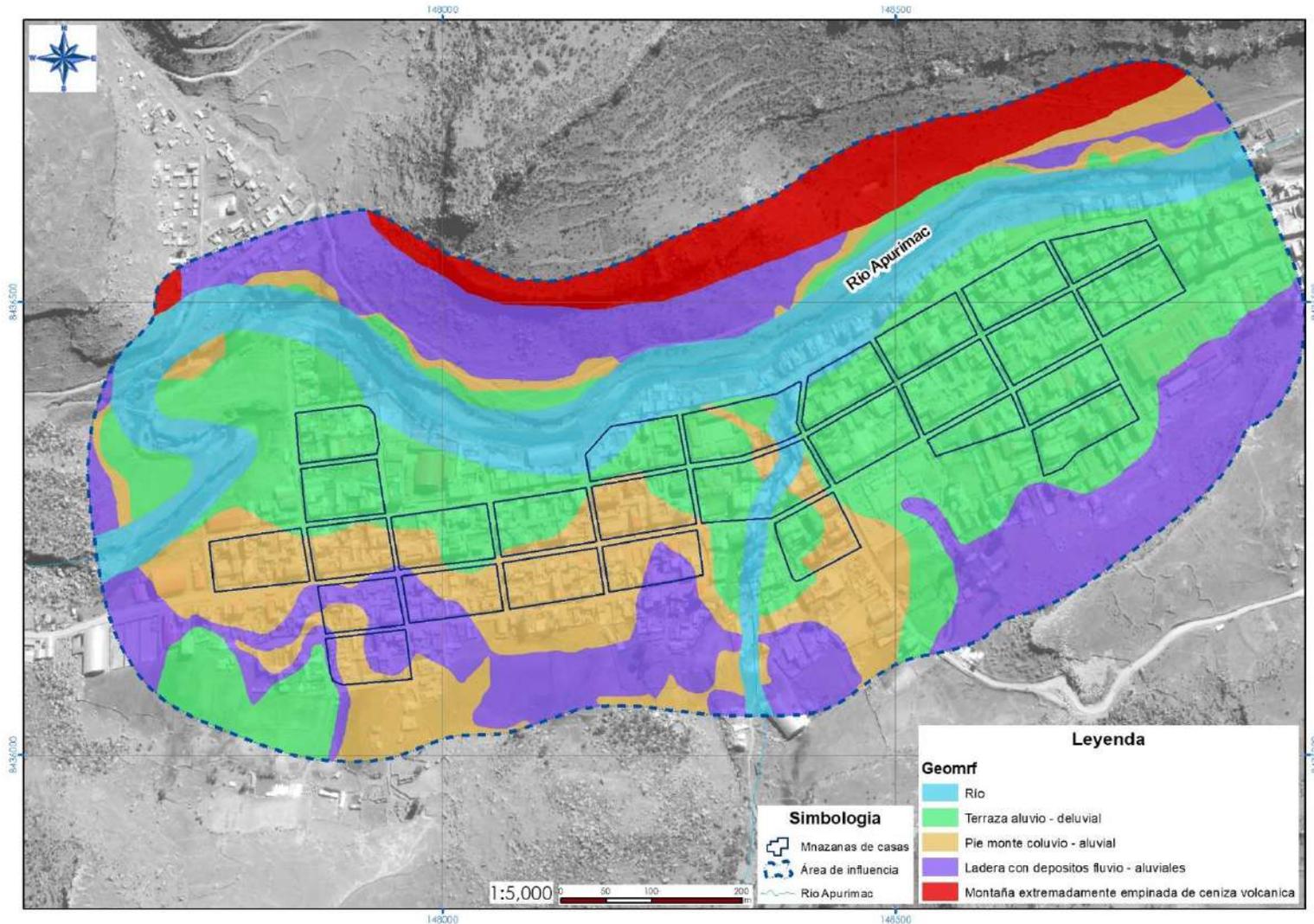
Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (tobas, tufos, derrames lávicos andesíticos y brechas). Montaña estructural en roca sedimentaria, su asociación litológica es principalmente sedimentaria; estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamiento de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas, se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestas y espinazos.



Esta sub unidad la encontramos al norte de la zona de estudio, como se muestra en la figura

5.

Figura 5: Mapa geomorfológico local del sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho.



Nota: elaboración propia

4.4. ANALISIS DE LA GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del cuadrángulo de Santo Tomas hoja 29 r a escala 1:100 000, cuyo estudio fue realizado por PECHO, V., (1983) para el INGENMET.

Figura 6: Columna estratigráfica del cuadrángulo de Santo Tomas

Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Santo Tomás 29-r

Eratema	Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Litología	Descripción	
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Fluvial			Arenas finas, limos y cantos redados	
			Dep. Bofedal			Suelos orgánicos con limos y arenas finas.	
			Dep. Aluvial			Gravas, arenas redondeadas con buena clasificación	
			Dep. Coluvial			Materiales fragmentarios, heterogéneos en forma y tamaño	
		Pleistoceno	Dep. Fluvio-glacial			Matriz arcillosa, limos, arenas no consolidadas con fragmentos subredondeados.	
	Dep. de Momenas				Tiñ sin estratificación, y bloques subangulosos.		
	NEÓGENO	Plioceno	Grupo Bambo	C. V. Vitarani	20-30		Secuencias piroclásticas intercaladas con tobas lapilí y retrabajadas.
				C. V. Malmanya	30		Tobas de cristales y matriz vítrea, Fg. bi, qz.
		Mioceno		Fm. Apabamba	200		Secuencia piroclástica estratificada de tobas lapilí, mayormente retrabajadas (Bloques y Ceniza)
				Gpo. Tacaiza	300		Disc. ang.
	PALEÓGENO	Oligoceno	Gpo. Puro				Unidad Rutónica Haquina
							Unidad Rutónica Uajua
Eoceno						Unidad Rutónica Progreso	
						Unidad Rutónica Colquemasca	
Paleoceno					Unidad Subvolcánica Sañayca		
					Areniscas cuarzo feldespáticas brunas con niveles Conglomeráticos grano medio.		
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Formación Anurquina	Arcurquina 3	200	Caliza micrítica masiva en estratos gruesos	
				Arcurquina 2	40	Calizamiocítica intercalada con niveles pelíticos y estratos delgados de caliza	
				Arcurquina 1	100	Calizas masivas en estratos métricos	
		Inferior	Formación Murco	200	Areniscas arenosas de grano medio fino, areniscas finas en capas y delgados niveles de limonarcillas rojas		
PALEOZOICA	JURÁSICO	Superior	Grupo Yusa	Formación Huahuani	700	Disc. ang. Areniscas blancas cuarzosas de matriz madura de grano medio grueso en estratos métricos a submétricos.	
				Formación Gramadal	80-100	Intercalación de areniscas, lutitas y escasos niveles delgados de caliza.	
		Medio		Formación Labra	500	Arenas cuarzo feldespáticas en estrato milimétrico intercalado con esporádicos niveles de caliza y lutitas.	
				Formación Cachios	200	Intercalación de limoareniscas con lutitas carbonosas y niveles de arenisca de grano fino.	

Nota: INGENMET

4.4.1. DEPOSITO ALUVIAL (Qh – al)

Los depósitos aluviales son suelos que se depositan en los cauces de los ríos, en las quebradas o en las laderas de los valles. Se forman a partir de la erosión de las secuencias cretáceas y están compuestos por limos, arcillas y conglomerados.

Los depósitos aluviales pueden tener diferentes características, dependiendo de la velocidad del flujo del río y de otros factores:

Conos aluviales

Se encuentran en la desembocadura de las quebradas principales y están formados por grandes bloques y gravas de rocas.

Terrazas aluviales

Se encuentran a los costados de las llanuras de inundaciones o del lecho principal del río.

Cantos redondeados

Están constituidos por la acumulación de cantos redondeados a subredondeados en una matriz areno-limosa.

4.4.2. DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl)

Los depósitos fluviales son acumulaciones de sedimentos que se forman por la actividad de los ríos. Se pueden generar en diversas condiciones climáticas, desde desérticas hasta glaciales.

La sedimentación fluvial se produce cuando la corriente del río no es lo suficientemente fuerte para transportar los materiales, conocidos como sedimentos. Estos sedimentos se depositan y crean diferentes tipos de accidentes geográficos.

Un tipo de depósito fluvial es el depósito aluvial, que es un conjunto de sedimentos que se extienden radialmente desde el punto en el que el curso de agua abandona la zona montañosa. En planta suele tener forma de cono o abanico.

Los depósitos de canal son otro tipo de depósito fluvial, que se forman como resultado del flujo de agua en canales.

4.4.3. DEPOSITO GLACIAR (Qp-gl)

Un depósito glacial es el resultado de la deposición de sedimentos que dejan los glaciares al moverse sobre la superficie terrestre. Los depósitos glaciares se conocen también como till y están compuestos por materiales que no tienen estratificación y cuyos fragmentos tienen estrías.

Los glaciares recogen sedimentos y rocas a medida que se desplazan, y la mezcla de estos depósitos se denomina till glacial. Los montones de till que se depositan a lo largo de los bordes de los glaciares se llaman morrenas.

Existen distintos tipos de morrenas, entre ellas:

Morrena de fondo: se encuentra bajo el hielo, en contacto con el lecho.

Morrena lateral: los derrubios se sitúan en los laterales del lecho glacial.

Morrena central: se forma cuando se unen las morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle.

Morrena frontal o terminal: se trata de depósitos de derrubios en la zona de deshielo del glaciar.

Cuando el hielo glacial ocupa un valle, pueden formarse terrazas de kame a lo largo de los lados del valle.

4.4.4. CENTRO VILCARANI – EVENTO 1 Y 2 (Np-viE1, Np-viE2)

Esta unidad geológica, regionalmente, está dividida en dos eventos, los cuales son mencionados a continuación:

Depósitos Tobáceos

Este primer evento está representado por tobas de arena intercalados con tobas de ceniza, esta secuencia de hasta 15 m alterna con flujos piroclásticos, tobas cementadas lapillíticas con biotita, pómez y esporádicos líticos polimícticos alterados.

Depósito de tobas lapilli con cristales y líticos

Un segundo evento de tobas soldadas de cristales y líticos con una matriz criptocristalina a afanítica.

Depósito volcánico tipo domo

Secuencia en donde claramente se nota una morfología típica de un domo, también guarda una relación con los depósitos adyacentes y cumple con el modelo volcánico convencional.

4.4.5. FORMAÍOC ARCURQUINA MIEMBRO INFERIOR Y MEDIO (Ki-a/i4, Ki-a/m4)

Esta formación de naturaleza calcárea, se encuentra distribuida ampliamente en las provincias de Antabamba, Abancay, Grau, Cotabambas, Abancay y Andahuaylas; Litológicamente esta formación está dividida en tres miembros:

- El miembro inferior, presenta calizas micríticas de estratos submétricos de aspecto masivo con concreciones calcáreas, de color gris oscuro, intercalados con niveles esporádicos de estratos de dolomita.

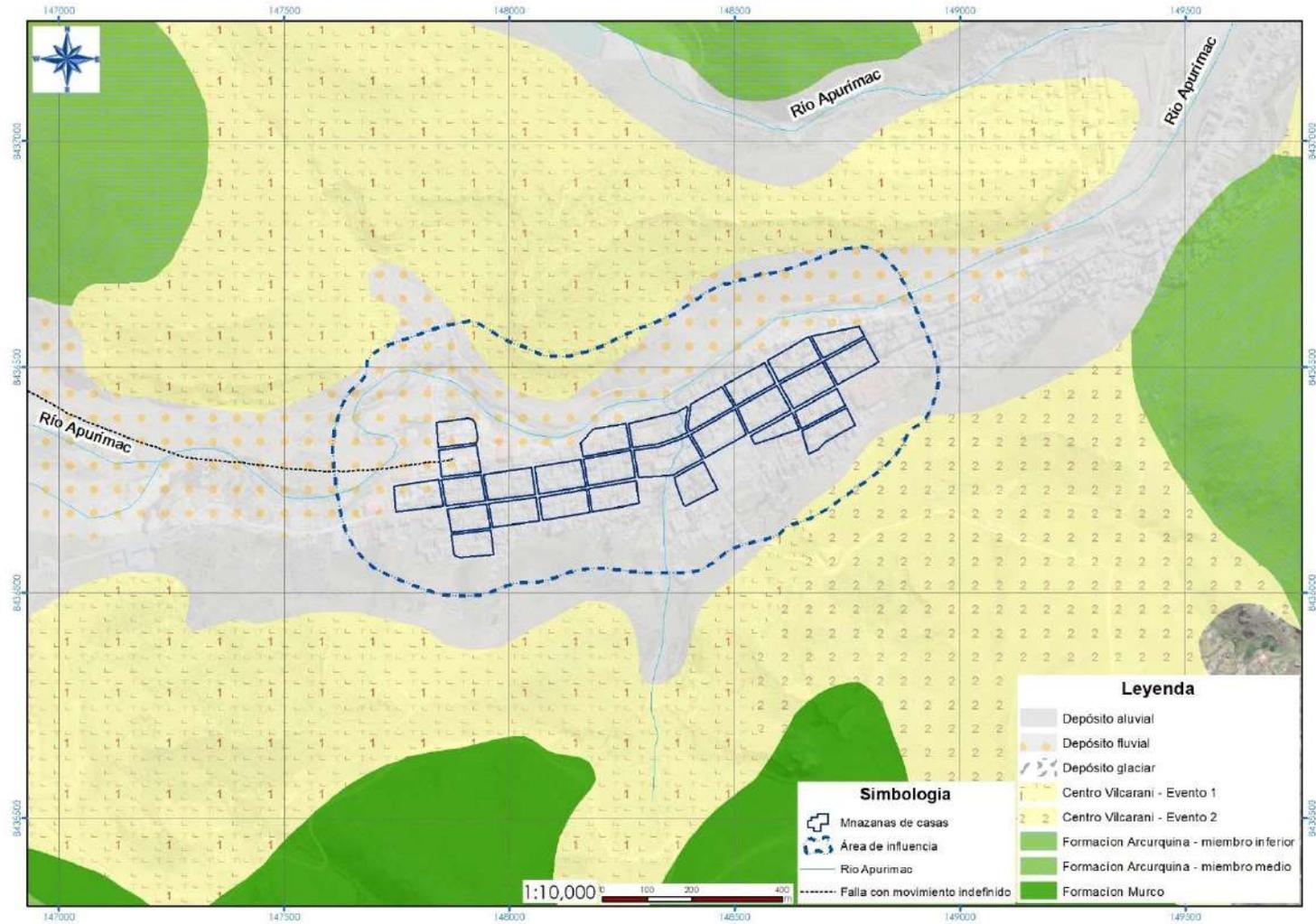
- El miembro medio, consta de calizas de color gris con estratos submétricos bien estratificados, intercalados con niveles pelíticos (limoarcillitas) y estratos de caliza micrítica centimétrica.

4.4.6. FORMACION MURCO (Ki-mu)

Descrita por Jenks (Esta formación se encuentra distribuida ampliamente por toda la Región. Litológicamente esta formación presenta tres niveles. La base inferior con intercalaciones de arenas rojizas de grano fino con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, horizontales y flaser bedding; con limoareanas y lutitas rojas y verdes. Hacia la parte media, presenta estratos submétricos de areniscas cuarzosas y feldespáticas blanca y hacia el techo presenta intercalaciones de areniscas, conglomerados con limoarcillitas y limoareniscas rojas y violáceas con capas delgadas de yeso y calizas. Esta unidad aflora en concordancia con la formación Hualhuani en las provincias y distritos mencionados en la descripción de la formación Hualhuani.

(Jenks, 1948, Benavides, 1962), aflora en el cerro Tacu Condori donde sobreyace concordantemente a la Formación Hualhuani e infrayace del mismo modo a las calizas de la Formación Arcurquina. Litológicamente, está constituida por una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo, que se depositaron en una plataforma continental (Vicente, 1981).

Figura 7: Geología regional de la zona de estudio



Nota: elaboración propia

4.5. ANALISIS DE LA GEOLOGIA LOCAL

4.5.1. DEPOSITO FLUVIAL (Qh-fl)

Los depósitos fluviales son materiales transportados y depositados por el agua.

En el área de influencia, estos están dispuestos en dirección noroeste-sureste, paralelo al cauce de río.

Se diferenciaron dos tipos de litología, el primero corresponde a depósitos fluviales de cauce o lecho de río, que está formado por gravas subredondeadas a redondeadas, arenas y grava; mientras que la segunda corresponde a depósitos fluviales antiguos formados por fragmentos de roca sub redondeada y gravas en matriz de arena y limo, pertenecen a antiguos canales y llanuras de inundación.

El origen de los sedimentos que conforman esta unidad es atribuido a las unidades antiguas circundantes y/o aguas arriba, teniendo así colores claros correspondientes a materiales pertenecientes al complejo volcanico vilcarani, mientras que los clastos de colores más oscuros provienen de fuentes como la formación Arcurquina, mientras que los materiales más finos podrían provenir de la formación Murco, que tiene una composición más fina (areniscas, lutitas).

Esta unidad litológicamente se encuentra distribuida muy anisotrópicamente por lo que las propiedades físicas varían de acuerdo a la granulometría de estos.

Topográficamente esta unidad forma áreas más o menos llanas, como se aprecian en la figura 8.

4.5.2. DEPOSITO ALUVIAL (Q-al)

Estos depósitos en el área de estudio, se encuentran dispuestos de manera paralela al valle.

Generalmente corresponden a una mezcla heterogénea de clastos/cantos sub- redondeados y arena, así como limos y arcillas, observándose además niveles o estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial en el tiempo. Estos materiales tienen un origen por erosión y meteorización de las rocas preexistentes como la formación Arcurquina o el complejo volcánico Vilcarani, mayormente está conformado por clastos envueltos en una matriz más fina, mientras que en la parte superior estos han sido cubiertos por material orgánico reciente.

Estos depósitos los podemos encontrar a lo largo de la zona de estudio teniendo la mayor extensión que va de noroeste a sureste, como se observa en la figura 8.

4.5.3. DEPOSITO COLUVIAL (Qh-co)

Los materiales de esta unidad se encuentran dispuestas en las partes más altas, cercanas a las rocas más antiguas, las mismas que son la fuente para la formación de este tipo de depósitos. Son producto de la acción gravitatoria por lo que se depositan en las laderas y son llamados también depósitos de pendiente, por esto último puede afirmarse que topográficamente tienen áreas más inclinadas.

Esta unidad está litológicamente formada por fragmentos de roca angulosas en su mayoría provenientes de unidades como la formación Arcurquina o el complejo Volcánico Vilcarani, los cuales varían desde los centímetros hasta el tamaño de cantos, con una matriz mucho más fina. Superficialmente están cubiertas por material y suelos orgánicos.

Estos depósitos los podemos encontrar en la parte noreste de la zona de estudio, como se observa en la figura 8.

4.5.4. DEPOSITO DELUVIAL (Q-cd)

Los materiales de esta unidad se encuentran dispuestos en acumulaciones de depósitos de vertiente con taludes suaves a moderados disgregados y erosionados sin transporte de unidades como la formación Arcurquina o el complejo Volcánico Vilcarani. Se les encuentra como capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y redondeados.

Estos depósitos los podemos encontrar a lo largo de la zona de estudio una gran extensión que va de noroeste a sureste, como se observa en la figura 8.

4.5.5. TOBAS VOLCANICAS

Las tobas volcánicas se presentan como una roca ígnea en su mayoría de erupciones pertenecientes al centro vilcarani evento uno y dos, de forma ligera y porosa que se forma a partir de la acumulación de cenizas y otros elementos volcánicos pequeños que son expulsados por los respiraderos durante una erupción.

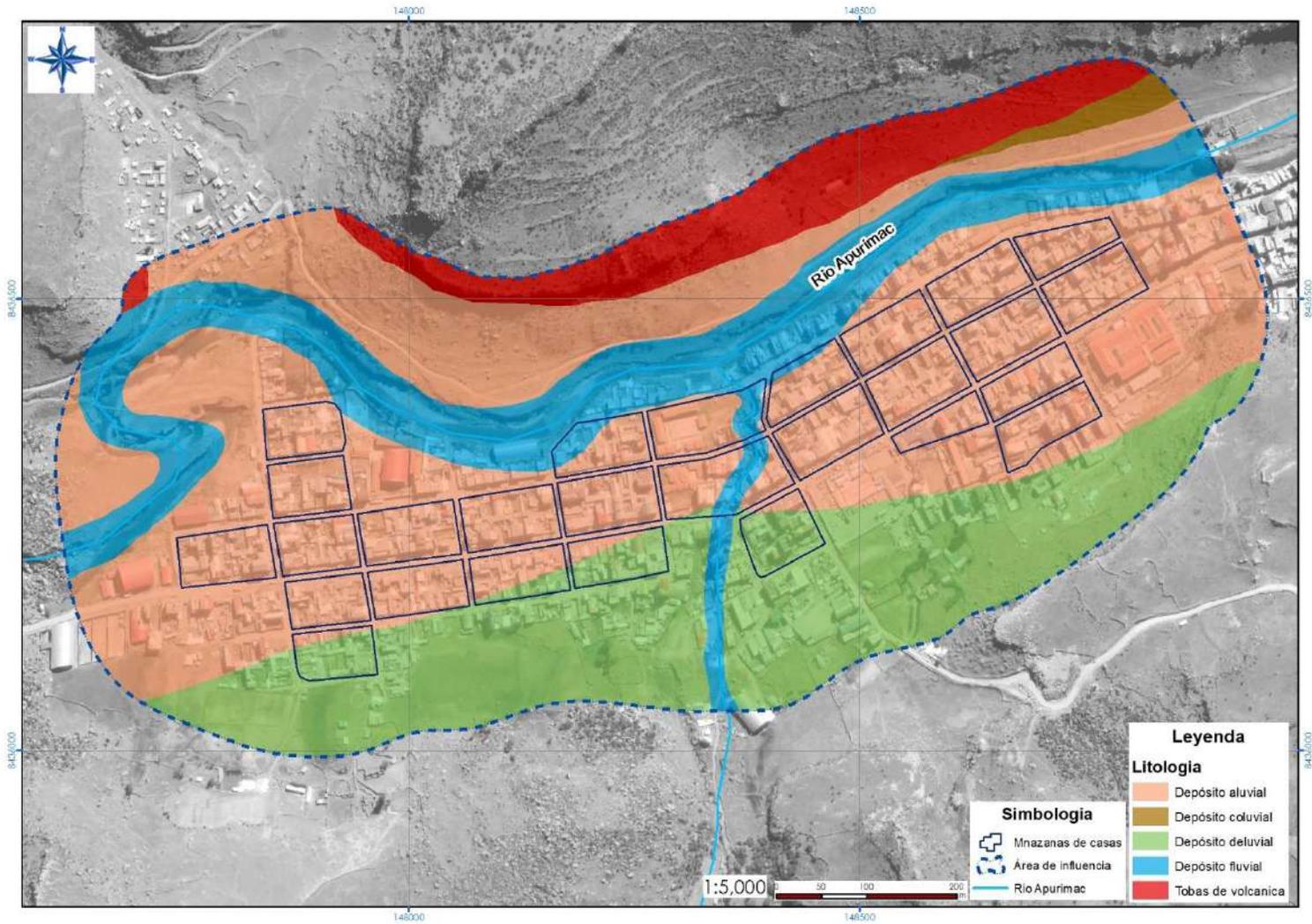
La toba volcánica que se encuentra en la zona de estudio tiene las siguientes características:

- Es el equivalente litificado de la ceniza volcánica.
- Se presenta como un depósito poroso, débilmente endurecido, que ocurre en capas de 10 a 40 cm de espesor.
- A pesar de su apariencia ligera, es una piedra durable que resiste las inclemencias del tiempo.
- Su extracción y procesamiento suelen ser más sostenibles en comparación con algunas otras piedras.



Estas rocas las podemos encontrar en la zona de estudio en la parte norte, como se observa en la figura 8.

Figura 8: Mapa geología local del sector de Wichaypampa, distrito de Challhuahuacho.



Nota: elaboración propia

CAPITULO V: ASPECTOS GEOTECNICOS

Se ha realizado la prospección en toda la faja marginal del río Apurímac, que atraviesa el sector de Wichaypampa.

Se han realizado excavaciones de pozos de muestreo a cielo abierto para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo lo cual nos proporcionara datos para su próxima clasificación, con la exploración de 10 calicatas a cielo abierto, de las cuales se ha extraído material para su análisis en laboratorio.

5.1 CLASIFICACION DE SUELOS

Hay dos sistemas de clasificación de suelos de uso común para propósitos de ingeniería. 1) el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS o USCS) que se utiliza para casi todos los trabajos de ingeniería geotécnica; 2) el sistema de clasificación AASHTO que se usa por la construcción de carreteras y terraplenes.

Ambos sistemas utilizan los resultados del análisis granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg (LL, LP, IP) para determinar la clasificación del suelo.

Las fracciones texturales del suelo son: grava, arena, limo, arcilla. A un suelo que comprende uno o más de estos componentes se le da un nombre descriptivo y una designación que consta de letras o números y letras. Estas letras dependen de las proporciones relativas de los componentes y de las características de plasticidad del suelo.

5.1.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS) se basa en el sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la Segunda Guerra Mundial. Con algunas

modificaciones fue aprobado conjuntamente por varias agencias de gobierno de los EE.UU. en 1952. Refinamientos adicionales fueron hechas y actualmente está estandarizado como la norma ASTM D 2487-93.

Se utiliza en los EE.UU. y gran parte del mundo para trabajos geotécnicos que no sean los caminos y carreteras. los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras: el primero considera que el principal componente de la tierra, y la segunda describe informaciones de la curva granulométrica o características de plasticidad.

Por ejemplo: la arena pobremente graduada se denomina SP y arcilla con baja plasticidad es CL.

SUCS: se utilizan los símbolos de cinco letras:

- G por grava (gravel)
- S por arena (sand)
- M por limo (silt)
- C por arcilla (clay)
- por suelos organico (organic soil)
- P por turba (peat soils)

✓ **Regla N°. 1**

Si menor del 50% del suelo pasa la malla No. 200 (0.075 mm), el suelo es de grano grueso, y la primera letra será G o S.

✓ **Regla N°. 2**

Si más del 50% pasa la malla No. 200(0.075 mm), el suelo es de grano fino y la primera letra será M o C.

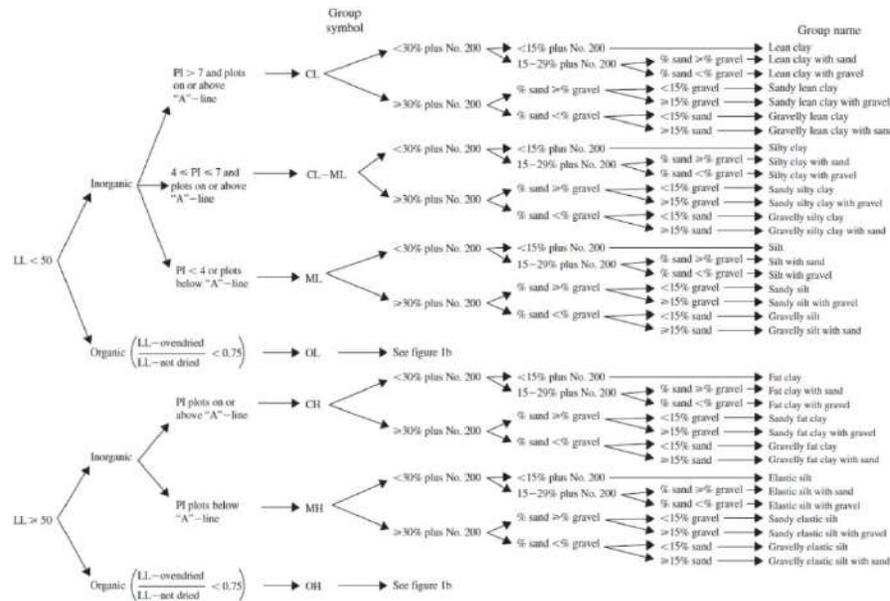
✓ **Regla N°. 3**

Arenas y gravas limpias (con menos del 5% que pasa la malla No. 200): se les da una segunda letra P si están mal graduadas o W si bien graduadas. Arenas y gravas, con más de 12% en peso que pasa la malla No. 200: se les da una segunda letra M si son limosas o C, si son arcillosos.

Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12%: se dan clasificaciones duales como SP-SM, limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para designar a la plasticidad de alta o baja. Las normas específicas para la clasificación se describen detalladamente en la norma ASTM D 2487.

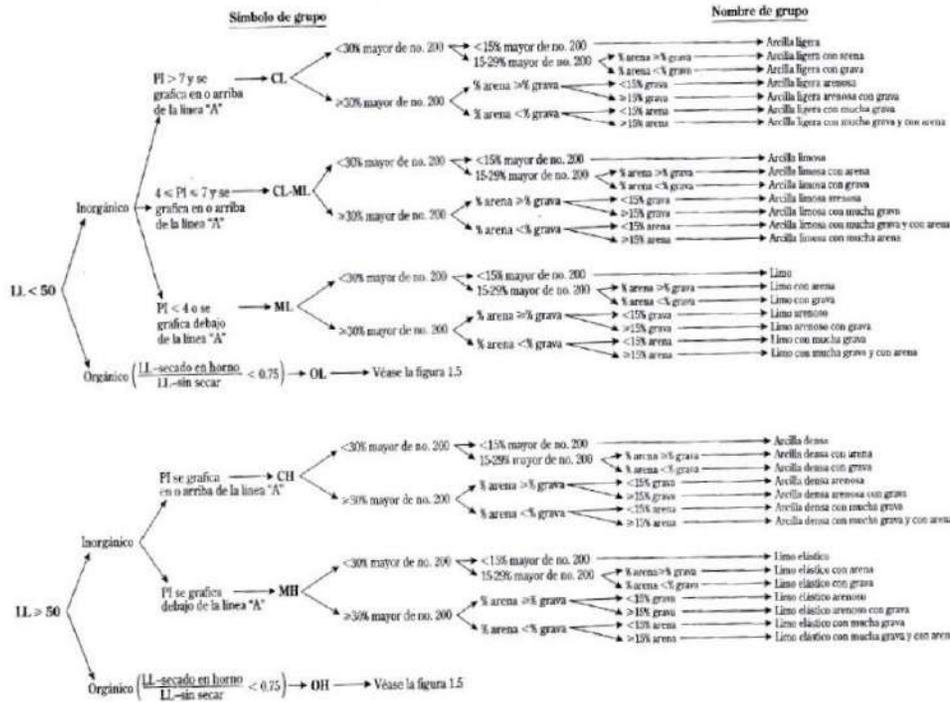
Limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para indicar la plasticidad alta (H) o baja (L) dependiendo si el valor de LL es $\geq 50\%$ o $< 50\%$.

finos SUCS.



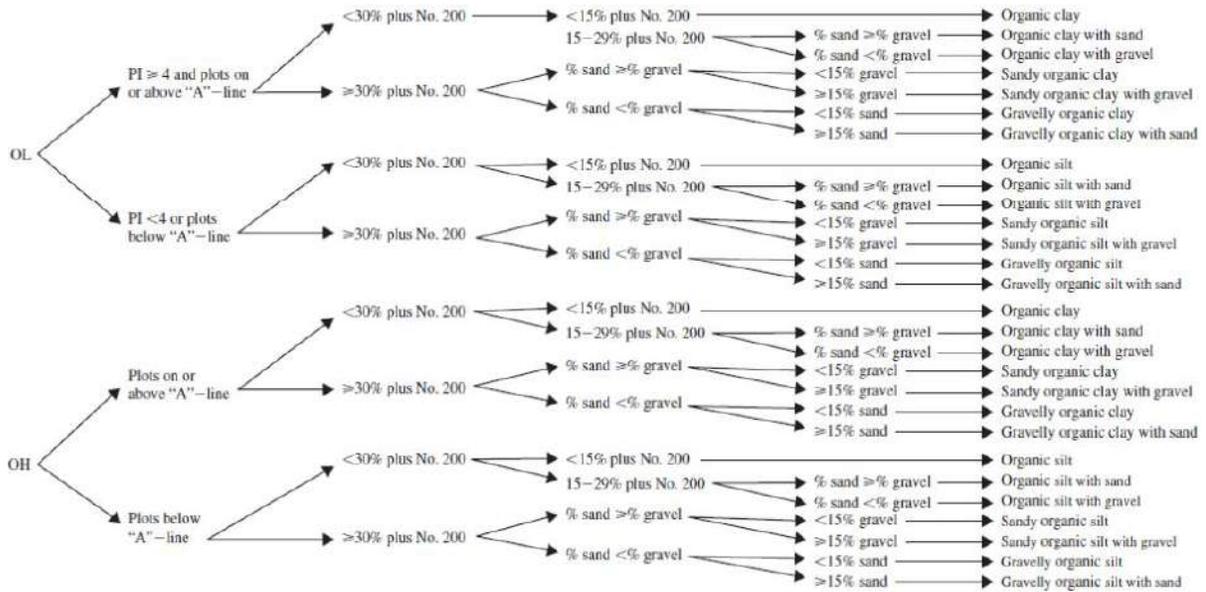
Nota: Norma ASTM D 2487

Figura 10: Clasificación de suelos finos SUCS.



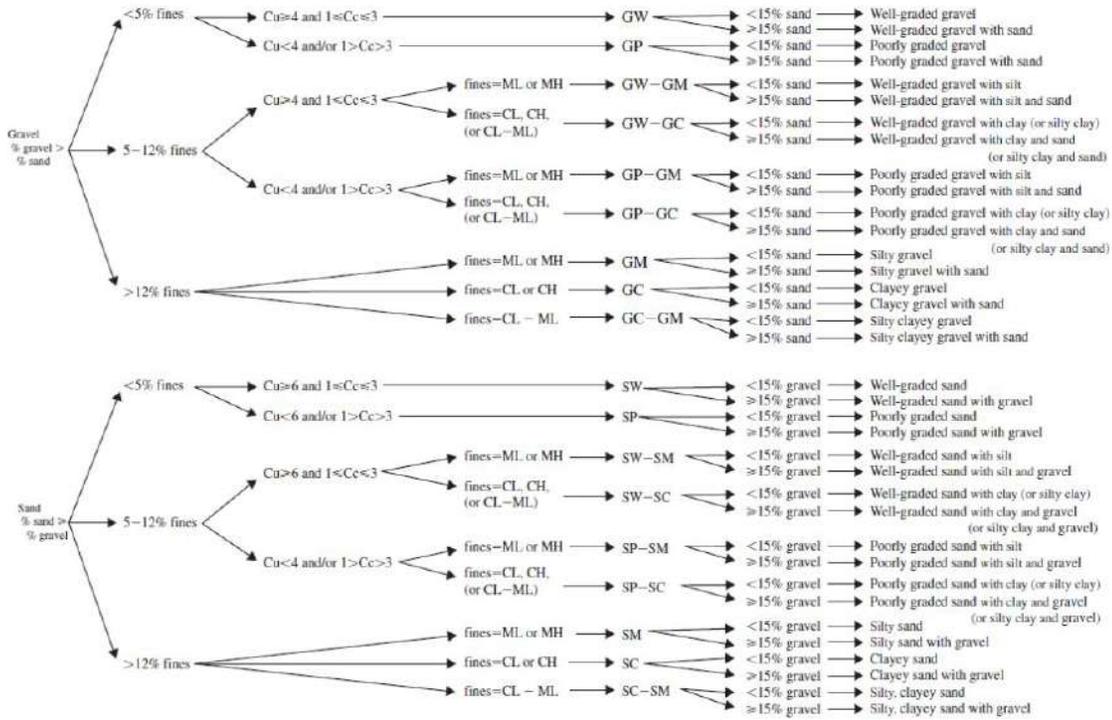
Nota: Norma ASTM D 2487

Figura 11: Clasificación de suelos finos SUCS.



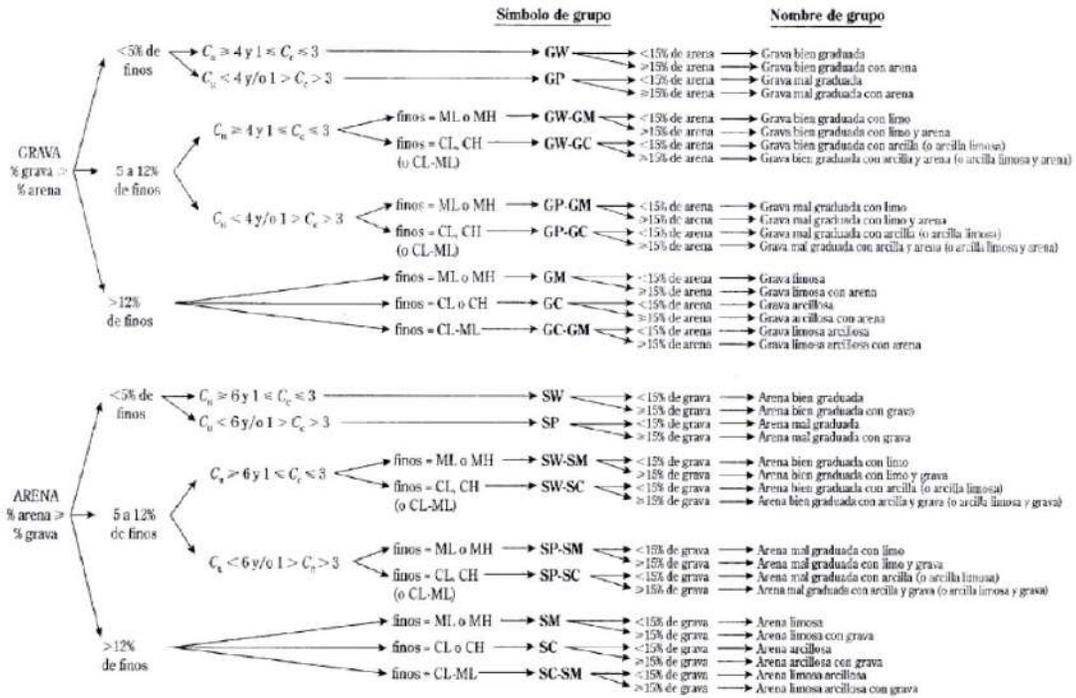
Nota: Norma ASTM D 2487

Figura 12: Clasificación de suelos gruesos SUCS.



Nota: Norma ASTM D 2487

Figura 13: Clasificación de suelos gruesos SUCS.



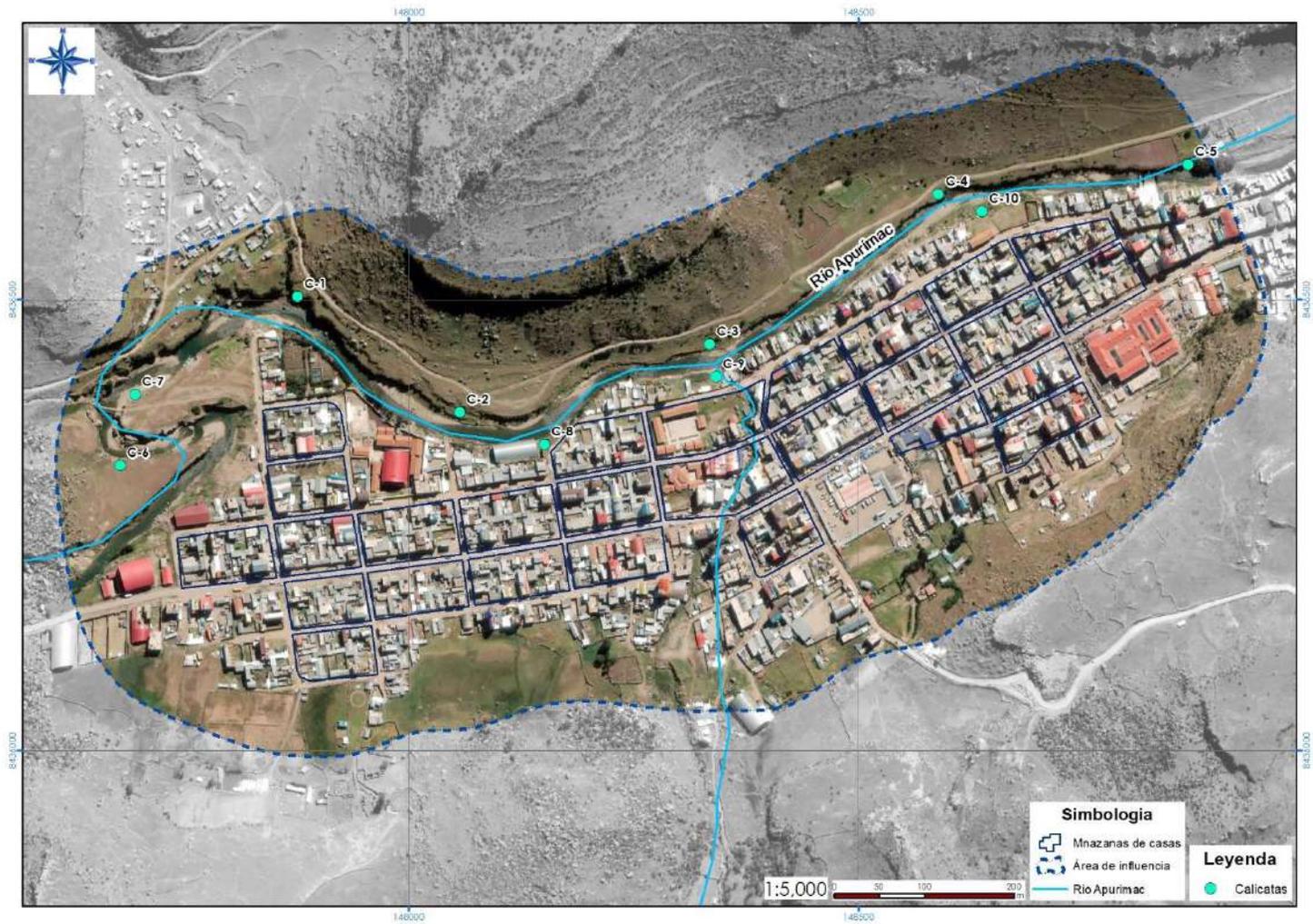
Nota: Norma ASTM D 2487

Figura 13: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) ASTM D 2487.

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio				Clasificación de suelos		
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
GRUESOS Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
	Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad			GM	Grava limosa
					GC	Grava arcillosa
		Cumple los criterios para GW y GM		GW-GM	Grava bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GP y GM		GP-GM	Grava mal graduada con limo	
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla	
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla		
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OL	Arcilla orgánica		
		limite liquido - no secado		Limo orgánico		
Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad		
		IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad		
	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica		
		limite liquido - no secado		Limo orgánica		
Suelos altamente organicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba	

Nota: Norma ASTM D 2487

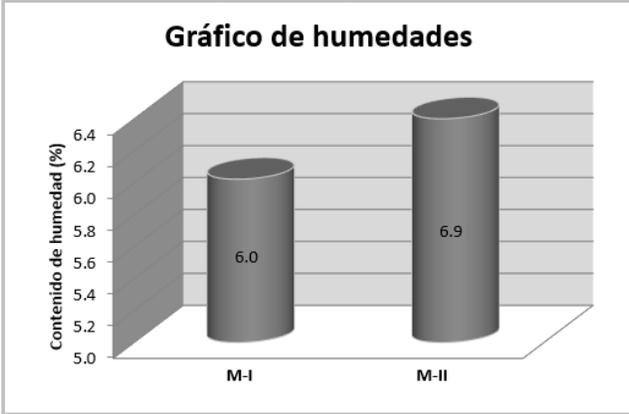
Figura 13: Ubicación de calicatas de exploración



Nota: elaboración propia

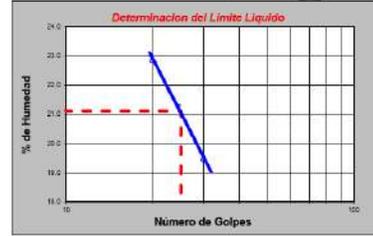
✓ Calicata C-1:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-65	T-02
Peso de Cápsula (g)	103.8	130.6
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1500.0	1450.3
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1420.7	1365.5
Peso del Suelo Humedo (g)	1396.2	1319.7
Peso del Suelo Seco (g)	1316.9	1234.9
Peso del Agua (g)	79.3	84.8
Contenido de Humedad (%)	6.0	6.9
Contenido de humedad promedio (%)	6.4	



Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	20	25	30
Recipiente Nº	20	40	8
Recip + suelo húmedo	46.59 g	44.16 g	48.13 g
Recip + suelo seco	42.58 g	40.74 g	42.70 g
Peso del recipiente	24.99 g	24.68 g	25.04 g
Peso agua	4.01 g	3.42 g	3.43 g
Peso suelo seco	17.58 g	16.06 g	17.66 g
% de Humedad	22.80	21.30	19.42
	L.L. = 21.12%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	31	16
Recip + suelo húmedo	18.53	20.06
Recip + suelo seco	17.17	18.79
Peso Recipiente	9.58	11.48
Peso Agua	1.36	1.27
Peso Suelo seco	7.59	7.31
% de Humedad	17.92	17.37
	L.P. = 17.65%	



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 21.12%
Limite Plástico (L.P.)	= 17.65%
Índice de Plasticidad (I.P.)	= 3.48%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla Tamiz	mm.	Peso (g)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	721.4	4.4	4.4	95.6	
1"	25.400	731.0	4.5	8.9	91.1	
3/4"	19.050	794.0	4.8	13.7	86.3	
1/2"	12.700	1379.0	8.4	22.1	77.9	
3/8"	9.525	486.0	3.0	25.1	74.9	
1/4"	6.350	1276.0	7.8	32.9	67.1	
No4	4.760	413.0	2.5	35.4	64.6	
8	2.360	113.1	9.2	44.6	55.4	
10	2.000	28.8	2.3	46.9	53.1	
16	1.190	78.3	6.4	53.3	46.7	
30	0.600	94.1	7.6	60.9	39.1	
40	0.420	41.8	3.4	64.3	35.7	
50	0.300	40.7	3.3	67.6	32.4	
100	0.149	73.5	6.0	73.6	26.4	
200	0.074	93.3	7.6	81.2	18.8	
< 200		232.7	18.9	100		

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.04	0.24	3.56	90.44	0.41

L.L. =	21.12
I.P. =	3.48

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

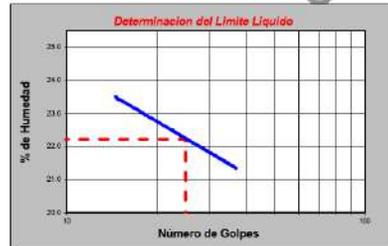
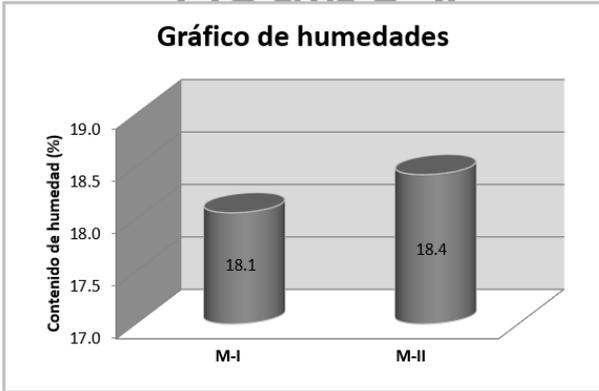
Clasificación SUCS:	SM
Clasificación AASHTO:	A-1-b (0)

✓ Calicata C-2:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
	T-75	T-78
Número de Cápsula		
Peso de Cápsula (g)	124.7	102.1
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	2312.0	1920.5
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1977.4	1637.6
Peso del Suelo Humedo (g)	2187.3	1818.4
Peso del Suelo Seco (g)	1852.7	1535.5
Peso del Agua (g)	334.6	282.9
Contenido de Humedad (%)	18.1	18.4
Contenido de humedad promedio (%)	18.2	

Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	15	23	35
Recipiente Nº	1-e	1-i	200
Recip. + suelo húmedo	44.94 g	42.90 g	44.95 g
Recip. + suelo seco	41.18 g	39.60 g	41.40 g
Peso del recipiente	25.12 g	24.92 g	24.80 g
Peso agua	3.76 g	3.30 g	3.55 g
Peso suelo seco	16.06 g	14.68 g	16.54 g
% de Humedad	23.41	22.48	21.46
	L.L. = 22.22%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	1-c	1-h
Recip. + suelo húmedo	33.06	26.37
Recip. + suelo seco	31.11	25.09
Peso Recipiente	13.36	13.23
Peso Agua	1.95	1.28
Peso Suelo seco	17.75	11.86
% de Humedad	10.99	10.79
	L.P. = 10.89%	



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 22.22%
Limite Plástico (L.P.)	= 10.89%
Índice de Plásticidad (I.P.)	= 11.33%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15- 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	243.0	2.6	97.4	
1 1/2"	38.100	176.0	1.9	4.5	95.5
1"	25.400	490.0	5.2	9.7	90.3
3/4"	19.050	205.0	2.2	11.9	88.1
1/2"	12.700	401.0	4.3	16.2	83.8
3/8"	9.525	146.0	1.6	17.8	82.2
1/4"	6.350	532.0	5.7	23.5	76.5
No4	4.760	270.0	2.9	26.4	73.6
8	2.360	24.3	3.1	29.5	70.5
10	2.000	5.6	0.7	30.2	69.8
16	1.190	17.3	2.2	32.4	67.6
30	0.600	26.3	3.4	35.8	64.2
40	0.420	15.5	2.0	37.8	62.2
50	0.300	17.1	2.2	40.0	60.0
100	0.149	41.7	5.3	45.3	54.7
200	0.074	38.2	4.9	50.2	49.8
< 200		389.1	49.8	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.01	0.04	0.30	20.19	0.45

L. L. =	22.22
I. P. =	11.33

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diátomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GC
Clasificación AASHTO:	A-6 (2)

✓ Calicata C-3:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-76	T-22
Peso de Cápsula (g)	102.1	247.8
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1355.8	1235.6
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1298.8	1192.4
Peso del Suelo Humedo (g)	1253.7	987.8
Peso del Suelo Seco (g)	1196.7	944.6
Peso del Agua (g)	57.0	43.3
Contenido de Humedad (%)	4.8	4.6
Contenido de humedad promedio (%)	4.7	

Limite Liquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	17	23	30
Recipiente Nº	22	40	4
Recip. + suelo humedo	46.49 g	43.21 g	48.56 g
Recip. + suelo seco	41.90 g	39.52 g	44.23 g
Peso del recipiente	24.45 g	24.68 g	24.72 g
Peso agua	4.53 g	3.65 g	4.33 g
Peso suelo seco	17.45 g	14.84 g	19.51 g
% de Humedad	26.30	24.87	22.19
	L.L. = 24.13%		

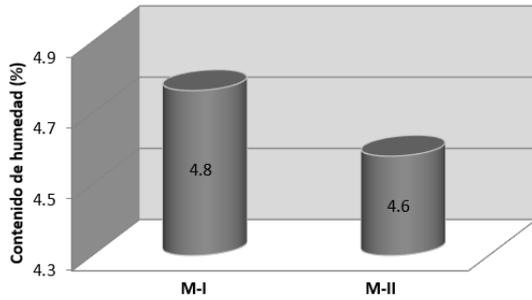
Limite Plastico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	31	16
Recip. + suelo humedo	19.83	21.33
Recip. + suelo seco	17.28	19.70
Peso Recipiente	9.49	11.44
Peso Agua	1.55	1.63
Peso Suelo seco	7.73	8.26
% de Humedad	19.90	19.73
	L.P. = 19.82%	



Resultados	
Limite Liquido (L.L.)	= 24.13%
Limite Plastico (L.P.)	= 19.82%
Indice de Plasticidad (I.P.)	= 4.32%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Gráfico de humedades



Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.600	701.0	4.8	4.8	95.2
1 1/2"	38.100	614.0	4.2	9.0	91.0
1"	25.400	449.0	3.1	12.1	87.9
3/4"	19.050	194.0	1.3	13.4	86.6
1/2"	12.700	486.0	3.3	16.7	83.3
3/8"	9.525	197.0	1.3	18.0	82.0
1/4"	6.350	674.0	4.6	22.6	77.4
No4	4.760	201.0	1.4	24.0	76.0
8	2.360	39.7	4.5	28.5	71.5
10	2.000	6.5	0.7	29.2	70.8
16	1.190	19.0	2.2	31.4	68.6
30	0.600	26.4	3.0	34.4	65.6
40	0.420	21.3	2.4	36.8	63.2
50	0.300	32.3	3.7	40.5	59.5
100	0.149	85.3	9.8	50.3	49.7
200	0.074	128.1	14.7	65.0	35.0
< 200		305.4	35.0	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.02	0.06	0.32	14.96	0.60

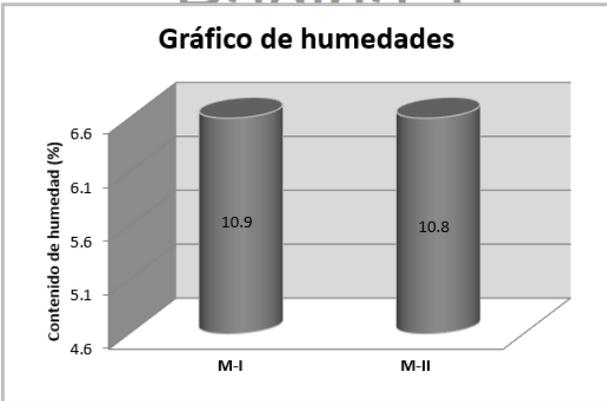
L. L. =	24.13
I. P. =	4.32

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Árenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Árenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Árenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Árenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	SC-SM
Clasificación AASHTO:	(1)

✓ Calicata C-4:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-63	T-61
Peso de Cápsula (g)	108.5	101.9
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1387.2	1236.5
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1261.8	1125.6
Peso del Suelo Humedo (g)	1278.7	1134.6
Peso del Suelo Seco (g)	1153.3	1023.7
Peso del Agua (g)	125.4	110.9
Contenido de Humedad (%)	10.9	10.8
Contenido de humedad promedio (%)	10.9	



Limite Liquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	18	25	33
Recipiente Nº	22	3	4
Recip. + suelo húmedo	40.52 g	42.23 g	41.98 g
Recip. + suelo seco	37.20 g	38.85 g	38.74 g
Peso del recipiente	24.45 g	24.99 g	24.72 g
Peso agua	3.32 g	3.38 g	3.24 g
Peso suelo seco	12.75 g	13.86 g	14.02 g
% de Humedad	26.04	24.39	23.11
	L.L. = 24.50%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	17	38
Recip. + suelo húmedo	21.24	21.08
Recip. + suelo seco	19.88	19.73
Peso Recipiente	13.22	13.25
Peso Agua	1.36	1.36
Peso Suelo seco	6.66	6.48
% de Humedad	20.42	20.83
	L.P. = 20.63%	



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 24.50%
Limite Plástico (L.P.)	= 20.63%
Índice de Plasticidad (I.P.)	= 3.87%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.100	457.0	5.9	94.1	
1"	25.400	443.0	5.7	88.4	
3/4"	19.050	228.0	2.9	85.5	
1/2"	12.700	412.0	5.3	80.2	
3/8"	9.525	188.0	2.4	77.8	
1/4"	6.350	489.0	6.3	71.5	
No4	4.760	180.0	2.3	69.2	
8	2.360	45.3	4.8	64.4	
10	2.000	14.8	1.6	62.8	
16	1.190	35.4	3.8	59.0	
30	0.600	39.1	4.2	54.8	
40	0.420	21.0	2.2	52.6	
50	0.300	26.2	2.8	49.8	
100	0.149	52.0	5.6	44.2	
200	0.074	23.0	2.5	41.7	
< 200		391.1	41.8	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.02	0.05	1.40	79.07	0.11

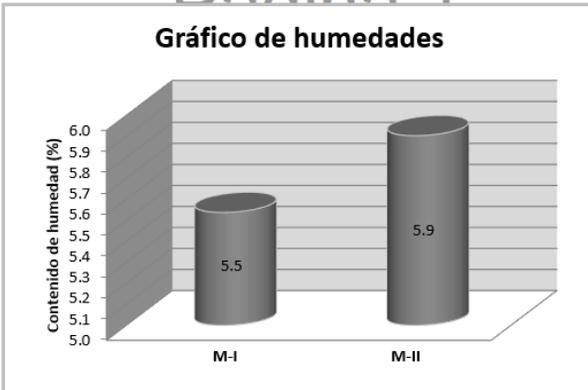
L. L. =	24.50
I. P. =	3.87

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GM
Clasificación AASHTO:	A-4 (1)

✓ Calicata C-5:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108-2000		
Número de Cápsula	T-74	T-70
Peso de Cápsula (g)	106.9	127.8
Peso Cápsula + Suelo Humedo (g)	1408.5	1426.6
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (g)	1340.2	1354.2
Peso del Suelo Humedo (g)	1301.6	1298.8
Peso del Suelo Seco (g)	1233.3	1226.4
Peso del Agua (g)	68.3	72.4
Contenido de Humedad (%)	5.5	5.9
Contenido de humedad promedio (%)	5.7	



Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	19	26	34
Recipiente Nº	29	26	34
Recip + suelo húmedo	46.84 g	45.65 g	45.59 g
Recip + suelo seco	42.84 g	42.16 g	42.38 g
Peso del recipiente	24.64 g	25.09 g	25.04 g
Peso agua	4.00 g	3.49 g	3.20 g
Peso suelo seco	18.00 g	17.16 g	17.35 g
% de Humedad	22.22	20.34	18.44
L.L. = 20.38%			

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	53	17
Recip + suelo húmedo	21.56	20.34
Recip + suelo seco	20.10	19.98
Peso Recipiente	11.49	11.54
Peso Agua	1.45	1.26
Peso Suelo seco	8.61	7.54
% de Humedad	16.84	16.71
L.P. = 16.78%		



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 20.38%
Limite Plástico (L.P.)	= 16.78%
Índice de Plasticidad (I.P.)	= 3.60%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla Tamiz	mm.	Peso (g)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	344.0	3.3	3.3	96.7	
1 1/2"	38.100	376.0	3.6	6.9	93.1	
1"	25.400	356.2	3.4	10.3	89.7	
3/4"	19.050	652.4	6.3	16.6	83.4	
1/2"	12.700	365.2	3.5	20.1	79.9	
3/8"	9.525	369.4	3.5	23.6	76.4	
1/4"	6.350	361.4	3.5	27.1	72.9	
No4	4.760	244.0	2.3	29.4	70.6	
8	2.360	96.5	11.0	40.4	59.6	
10	2.000	16.1	1.8	42.2	57.8	
16	1.190	47.6	5.4	47.6	52.4	
30	0.600	63.4	7.2	54.8	45.2	
40	0.420	34.9	4.0	58.8	41.2	
50	0.300	26.3	3.0	61.8	38.2	
100	0.149	52.1	5.9	67.7	32.3	
200	0.074	32.6	3.7	71.4	28.6	
< 200		250.3	28.5	100		

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.03	0.10	2.45	94.58	0.17

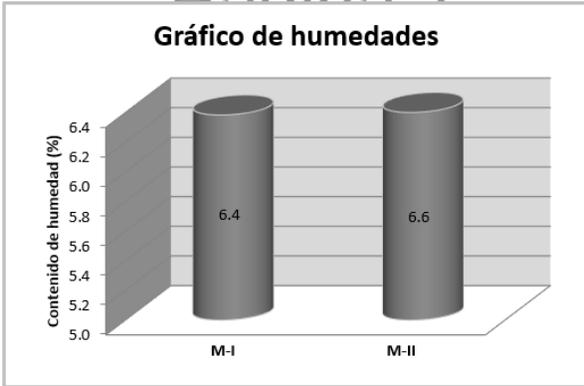
L. L. =	20.38
I. P. =	3.60

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	SM
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

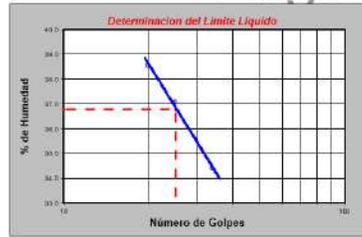
✓ Calicata C-6:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-64	T-06
Peso de Cápsula (g)	99.6	128.6
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1411.3	1362.2
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1332.6	1286.3
Peso del Suelo Humedo (g)	1311.7	1233.6
Peso del Suelo Seco (g)	1233.0	1157.7
Peso del Agua (g)	78.7	75.9
Contenido de Humedad (%)	6.4	6.6
Contenido de humedad promedio (%)	6.5	



Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	20	25	34
Recipiente Nº	13	4	35
Recip. + suelo húmedo	41.96 g	42.17 g	40.76 g
Recip. + suelo seco	37.15 g	37.66 g	36.58 g
Peso del recipiente	24.67 g	25.12 g	24.59 g
Peso agua	4.81 g	4.61 g	4.12 g
Peso suelo seco	12.48 g	12.44 g	11.99 g
% de Humedad	38.54	37.06	34.36

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	16	44
Recip. + suelo húmedo	21.52	21.69
Recip. + suelo seco	19.52	19.20
Peso Recipiente	11.54	9.50
Peso Agua	2.00	2.49
Peso Suelo seco	7.50	9.70
% de Humedad	25.96	25.67
L.P. =	25.37%	



Resultados	
Limite Líquido (L.L.) =	36.78%
Limite Plástico (L.P.) =	25.37%
Índice de Plasticidad (I.P.) =	11.42%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	50.0	0.4	99.6	
1 1/2"	38.100	234.0	2.4	97.6	
1"	25.400	563.0	7.2	92.8	
3/4"	19.050	864.0	14.6	85.4	
1/2"	12.700	960.0	22.8	77.2	
3/8"	9.525	282.0	25.2	74.8	
1/4"	6.350	902.0	32.9	67.1	
No4	4.760	352.0	35.9	64.1	
8	2.360	102.5	46.7	53.3	
10	2.000	10.5	47.8	52.2	
16	1.190	23.9	50.3	49.7	
30	0.600	31.0	53.6	46.4	
40	0.420	23.0	56.0	44.0	
50	0.300	32.3	59.4	40.6	
100	0.149	42.3	63.9	36.1	
200	0.074	75.2	71.8	28.2	
< 200		266.3	100		

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.03	0.09	3.85	146.67	0.08

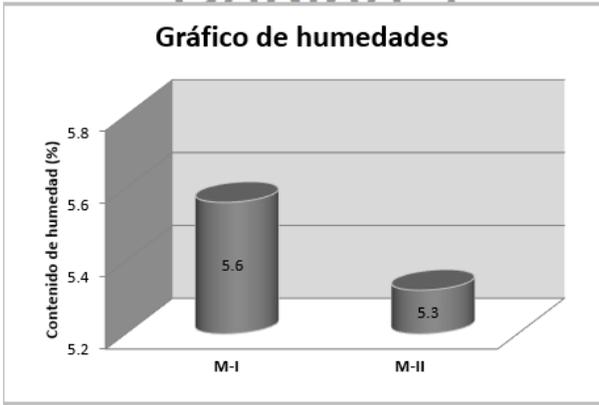
L. L. =	36.78
I. P. =	11.42

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GM
Clasificación AASHTO:	A-2-6 (0)

✓ Calicata C-7:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-70	T-08
Peso de Cápsula (g)	127.8	125.5
Peso Cápsula + Suelo Humedo (g)	1221.2	1234.2
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1163.6	1178.2
Peso del Suelo Humedo (g)	1093.4	1108.7
Peso del Suelo Seco (g)	1035.8	1052.7
Peso del Agua (g)	57.6	56.0
Contenido de Humedad (%)	5.6	5.3
Contenido de humedad promedio (%)	5.4	



Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	19	25	32
Recipiente Nº	25	19	32
Recip. + suelo húmedo	44.67 g	41.47 g	42.02 g
Recip. + suelo seco	39.24 g	37.45 g	38.05 g
Peso del recipiente	25.00 g	25.10 g	24.84 g
Peso agua	4.83 g	4.02 g	3.97 g
Peso suelo seco	14.24 g	12.36 g	13.21 g
% de Humedad	33.92	32.56	30.05

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	3	53
Recip. + suelo húmedo	20.01	20.81
Recip. + suelo seco	18.48	19.08
Peso Recipiente	11.54	11.59
Peso Agua	1.53	1.73
Peso Suelo seco	6.94	7.58
% de Humedad	22.05	22.82



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 32.13%
Limite Plástico (L.P.)	= 22.43%
Índice de Plasticidad (I.P.)	= 9.69%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	480.0	5.3	5.3	94.7
2"	50.600	310.0	3.4	8.7	91.3
1 1/2"	38.100	400.0	4.4	13.1	86.9
1"	25.400	340.0	3.8	16.9	83.1
3/4"	19.050	191.0	2.1	19.0	81.0
1/2"	12.700	473.0	5.3	24.3	75.7
3/8"	9.525	276.0	3.1	27.4	72.6
1/4"	6.350	502.0	5.6	33.0	67.0
No4	4.760	261.0	2.9	35.9	64.1
8	2.360	27.7	1.9	37.8	62.2
10	2.000	7.4	0.5	38.3	61.7
16	1.190	23.8	1.7	40.0	60.0
30	0.600	26.8	1.9	41.9	58.1
40	0.420	26.3	1.8	43.7	56.3
50	0.300	41.7	2.9	46.6	53.4
100	0.149	98.5	6.9	53.5	46.5
200	0.074	102.4	7.2	60.7	39.3
< 200		558.7	39.2	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.02	0.06	1.19	63.20	0.14

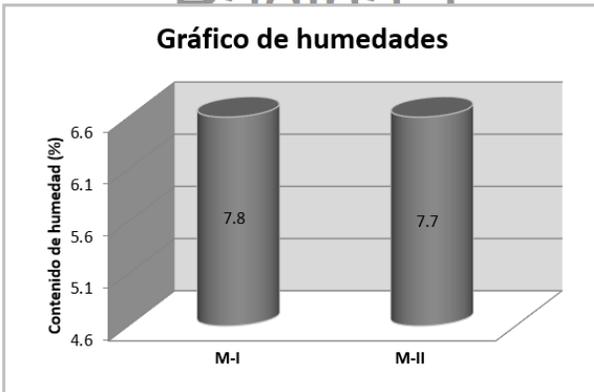
L. L. =	32.13
I. P. =	9.69

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GC
Clasificación AASHTO:	A-4 (0)

✓ Calicata C-8:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-62	T-61
Peso de Cápsula (g)	101.4	101.9
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1232.9	1165.3
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1151.0	1089.4
Peso del Suelo Humedo (g)	1131.5	1063.4
Peso del Suelo Seco (g)	1049.6	987.5
Peso del Agua (g)	81.9	76.0
Contenido de Humedad (%)	7.8	7.7
Contenido de humedad promedio (%)	7.7	



Limite Líquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	23	34
Recipiente Nº	23	49	53
Recip. + suelo húmedo	38.56 g	42.70 g	44.55 g
Recip. + suelo seco	35.40 g	38.95 g	40.65 g
Peso del recipiente	24.20 g	24.86 g	24.95 g
Peso agua	3.16 g	3.75 g	3.50 g
Peso suelo seco	11.20 g	14.09 g	15.70 g
% de Humedad	28.21	26.61	22.94
	L.L. = 26.30%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	W	S
Recip. + suelo húmedo	31.85	37.17
Recip. + suelo seco	28.70	33.02
Peso Recipiente	13.22	13.25
Peso Agua	3.15	4.15
Peso Suelo seco	15.48	19.77
% de Humedad	20.36	20.99
	L.P. = 20.67%	



Resultados	
Limite Líquido (L.L.)	= 26.30%
Limite Plástico (L.P.)	= 20.67%
Indice de Plasticidad (I.P.)	= 5.63%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla Tamiz	mm.	Peso (g)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.600	50.0	0.5	0.5	99.5	
1 1/2"	38.100	70.0	0.7	1.2	98.8	
1"	25.400	762.0	7.8	9.0	91.0	
3/4"	19.050	243.0	2.5	11.5	88.5	
1/2"	12.700	590.0	6.1	17.6	82.4	
3/8"	9.525	261.0	2.7	20.3	79.7	
1/4"	6.350	816.0	8.4	28.7	71.3	
No4	4.760	300.0	3.1	31.8	68.2	
8	2.360	42.9	4.1	35.9	64.1	
10	2.000	8.8	0.8	36.7	63.3	
16	1.190	22.4	2.1	38.8	61.2	
30	0.600	27.1	2.6	41.4	58.6	
40	0.420	20.7	2.0	43.4	56.6	
50	0.300	32.9	3.1	46.5	53.5	
100	0.149	97.7	9.3	55.8	44.2	
200	0.074	98.6	9.4	65.2	34.8	
< 200		363.6	34.7	100		

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.02	0.06	0.92	43.16	0.21

L. L. =	26.30
I. P. =	5.63

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

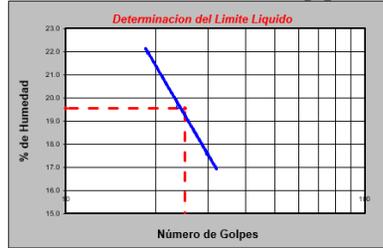
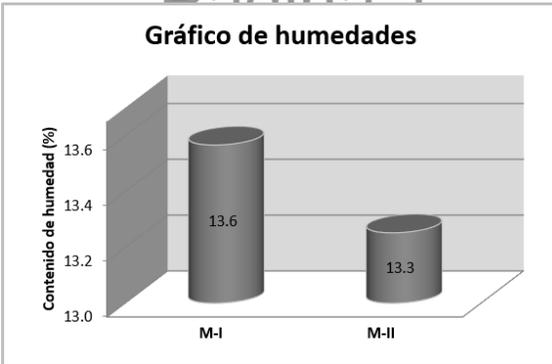
Clasificación SUCS:	SC-SM
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

✓ Calicata C-9:

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-72	T-76
Peso de Cápsula (g)	107.3	102.1
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1041.5	1264.5
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	929.9	1128.5
Peso del Suelo Humedo (g)	934.2	1162.4
Peso del Suelo Seco (g)	822.6	1026.4
Peso del Agua (g)	111.6	136.0
Contenido de Humedad (%)	13.6	13.3
Contenido de humedad promedio (%)	13.4	

Limite Liquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	19	24	30
Recipiente Nº	3	19	20
Recip. + suelo húmedo	47.19 g	47.94 g	47.83 g
Recip. + suelo seco	43.20 g	44.20 g	44.42 g
Peso del recipiente	24.99 g	25.10 g	24.99 g
Peso agua	3.99 g	3.74 g	3.41 g
Peso suelo seco	18.21 g	19.10 g	19.43 g
% de Humedad	21.91	19.58	17.55
	L.L. = 19.54%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	3	38
Recip. + suelo húmedo	21.75	22.70
Recip. + suelo seco	20.89	21.76
Peso Recipiente	13.36	13.43
Peso Agua	0.86	0.94
Peso Suelo seco	7.53	8.33
% de Humedad	11.42	11.28
	L.P. = 11.35%	



Resultados	
Limite Liquido (L.L.)	= 19.54%
Limite Plástico (L.P.)	= 11.35%
Índice de Plasticidad (I.P.)	= 8.19%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15- 30	Baja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	890.0	8.9	91.1	
2"	50.600	678.0	6.8	15.7	84.3
1 1/2"	38.100	456.0	4.5	20.2	79.8
1"	25.400	838.0	8.4	28.6	71.4
3/4"	19.050	227.0	2.3	30.9	69.1
1/2"	12.700	443.0	4.4	35.3	64.7
3/8"	9.525	232.0	2.3	37.6	62.4
1/4"	6.350	528.0	5.3	42.9	57.1
No4	4.760	144.0	1.4	44.3	55.7
8	2.360	34.2	2.6	46.9	53.1
10	2.000	56.4	4.3	51.2	48.8
16	1.190	26.3	2.0	53.2	46.8
30	0.600	38.4	2.9	56.1	43.9
40	0.420	16.7	1.3	57.4	42.6
50	0.300	52.3	4.0	61.4	38.6
100	0.149	45.6	3.5	64.9	35.1
200	0.074	134.5	10.2	75.1	24.9
< 200		330.6	25.1	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.03	0.11	8.09	272.13	0.05

L. L. = 19.54
I. P. = 8.19

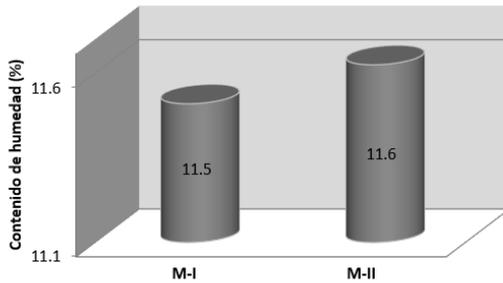
Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GC
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

Calicata C-10:

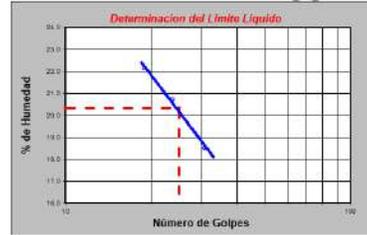
ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL - MTC E 108 -2000		
Número de Cápsula	T-35	T-07
Peso de Cápsula (g)	306.5	140.6
Peso Capsula + Suelo Humedo (g)	1375.7	1236.5
Peso de la Capsula + Suelo Seco (g)	1265.3	1122.4
Peso del Suelo Humedo (g)	1069.2	1095.9
Peso del Suelo Seco (g)	958.8	981.8
Peso del Agua (g)	110.4	114.1
Contenido de Humedad (%)	11.5	11.6
Contenido de humedad promedio (%)	11.6	

Gráfico de humedades



Limite Liquido - MTC E 110			
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	19	24	31
Recipiente Nº	31	38	32
Recip. + suelo húmedo	46.31 g	45.67 g	44.84 g
Recip. + suelo seco	42.35 g	42.15 g	41.66 g
Peso del recipiente	24.42 g	25.13 g	24.38 g
Peso agua	3.96 g	3.52 g	3.19 g
Peso suelo seco	17.93 g	17.02 g	17.27 g
% de Humedad	22.06	20.69	18.47
	L.L. = 20.31%		

Limite Plástico - MTC E 111		
Ensayo	1	2
Recipiente Nº	2	59
Recip. + suelo húmedo	18.45	19.95
Recip. + suelo seco	17.15	18.75
Peso Recipiente	9.35	11.45
Peso Agua	1.30	1.20
Peso Suelo seco	7.80	7.30
% de Humedad	16.67	16.44
	L.P. = 16.65%	



Resultados	
Limite Liquido (L.L.)	= 20.31%
Limite Plástico (L.P.)	= 16.55%
Indice de Plasticidad (I.P.)	= 3.76%

IP	Descripción
0 - 3	No plástico
3 - 15	Ligeramente plástico
15 - 30	Beja plasticidad
> 30	Alta plasticidad

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.500	417.0	5.3	5.3	94.7
2"	50.600	1333.0	17.0	22.3	77.7
1 1/2"	38.100	275.0	3.5	25.8	74.2
1"	25.400	646.0	8.2	34.0	66.0
3/4"	19.050	290.0	3.7	37.7	62.3
1/2"	12.700	689.0	8.8	46.5	53.5
3/8"	9.525	192.0	2.4	48.9	51.1
1/4"	6.350	340.0	4.3	53.2	46.8
No4	4.760	101.0	1.3	54.5	45.5
8	2.360	44.9	2.5	57.0	43.0
10	2.000	11.7	0.6	57.6	42.4
16	1.190	31.8	1.7	59.3	40.7
30	0.600	38.5	2.1	61.4	38.6
40	0.420	25.7	1.4	62.8	37.2
50	0.300	46.1	2.5	65.3	34.7
100	0.149	182.7	10.0	75.3	24.7
200	0.074	126.6	6.9	82.2	17.8
< 200		323.0	17.7	100	

D 10	D 30	D 60	Cu	Cc
0.04	0.23	17.39	418.31	0.07

L. L. =	20.31
I. P. =	3.76

Tabla de clasificación SUCS	
Símbolo	NOMBRES TÍPICOS
GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.
PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

Clasificación SUCS:	GM
Clasificación AASHTO:	A-1-b (0)

CAPITULO VI: HIDROLOGIA

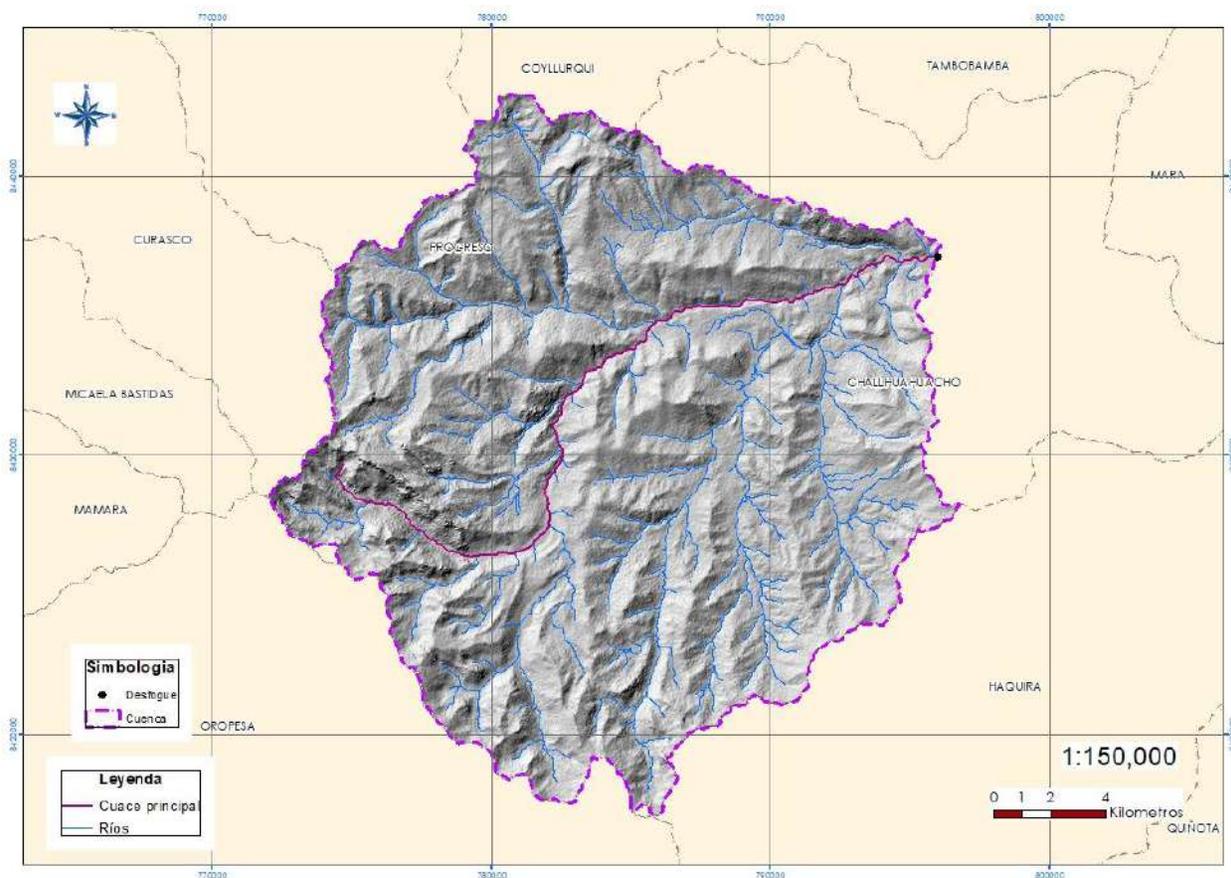
Una cuenca hidrológica es la unidad básica del estudio de la hidrología. Es una zona de la superficie terrestre en donde si fuera impermeable las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 1997).

Una cuenca está formada principalmente por las condiciones topográficas y geológicas del terreno. En primer lugar, topográficas se refiere al tamaño, forma, pendiente, elevación, red de alcantarillado, ubicación general, usos y cubiertas de la tierra, entre otros. Por último, las condiciones geológicas se refieren al tipo de suelo, permeabilidad, formación de aguas freáticas, estratificación. Entre las características geomorfológicas se encuentran: Cauce principal es la corriente que pasa por la salida de la cuenca y es la de mayor orden. Longitud es la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba, donde corta la línea de contorno de la cuenca. Pendiente es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una lluvia. Éste varía a lo largo del cauce, por lo que se define una pendiente media y por último orden de la corriente es un indicador del grado de bifurcación (Rojas, 2018)

6.1 UBICACIÓN HIDROLOGICA

- Región Hidrográfica del Amazonas (N1_UH)
- Alto Amazonas (N2_UH)
- Ucayali (N3_UH)
- Unidad Hidrográfica río Apurímac
- ALA: Medio Apurímac – Pachachaca
- AAA XI PAMPAS APURIMAC

Figura 7: ubicación Hidrológica



Nota: elaboración propia

6.2. PARAMETROS GENERALES DE LA CUENCA

6.2.1. AREA DE LA CUENCA

El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro (P). Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografía aéreas en las que se aprecia el relieve (y por lo tanto las divisorias de aguas) o sobre un mapa topográfico en función las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación escorrentía-características morfológicas. En ocasiones, debido a que los métodos de estima de la

escorrentía sólo son válidos si se aplican a áreas de características similares, es necesario tener que dividir las cuencas de gran tamaño en las que la red de drenaje es muy compleja en subcuencas o subsistemas de menor entidad, pero mayor homogeneidad.

6.2.2. LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

La longitud L de la cuenca viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba. Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices morfométricos.

Está referida a la distancia entre el extremo inicial y final del cauce principal de mayor longitud. Esta longitud es de 32.79 km.

6.2.3. PERIMETRO DE LA CUENA

El perímetro de la cuenca, en km, está definido por la longitud de la línea de división de aguas, que se conoce como el “parte aguas o Divortium Aquarium”. Se ha determinado el perímetro de la cuenca del río Challhuahuacho para el punto de interés, con un perímetro de 124.93 km, con un área de 404.64 Km².

6.2.4. COEFICIENTE DE COMPACIDAD

El Coeficiente de Compacidad, o Índice de Gravelius, constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia, cuya área es igual a la de un círculo que es equivalente al área de la cuenca en estudio.

$$K_c = P / (2 (\pi * A)^{1/2})$$

$$K_c = 0.28 * (P / A^{1/2})$$

Siendo:

K_c = Coeficiente de Compacidad;

P = Perímetro de la cuenca, en km;

A = Área de la cuenca, en km².

6.2.5. FACTOR DE FORMA

El Factor de Forma de una cuenca determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal o cursos principales, y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que se presentan en la cuenca. Se expresa por la siguiente relación:

$$F_f = A_m/L = A/L^2$$

Donde:

F_f = Factor de forma

A_m = Ancho medio de la cuenca (km)

L = Longitud del curso más largo (km)

Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno. Una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño, pero con un factor de forma mayor.

6.2.6. PENDIENTE MEDIA DEL CURSO PRINCIPAL

Es la relación entre la diferencia de altitudes del cauce principal y la proyección horizontal del mismo. Su influencia en el comportamiento hidrológico se refleja en la velocidad de las aguas

en el cauce, lo que a su vez determina la rapidez de respuesta de la cuenca ante eventos pluviales intensos y la capacidad erosiva de las aguas como consecuencia de su energía cinética.

En el cuadro siguiente se muestra los parámetros geomorfológicos más importantes de las subcuentas perteneciente a la cuenca.

**Cuadro 3.
Características de la cuenca Challhuahuacho**

Cuenca	Cuenca							Rio			
	Cota mínima (msnm)	Cota máxima (msnm)	Perímetro (km)	Área (km ²)	Pendiente (%)	Ff	Kc	Cota mínima (msnm)	Cota máxima (msnm)	Longitud (km)	Pendiente (%)
Challhuahuacho	3747.3 3	5075.0	124.925	404.645	32.924009	0.5	1.6	2605.31	4677.64	32.785791	4.73

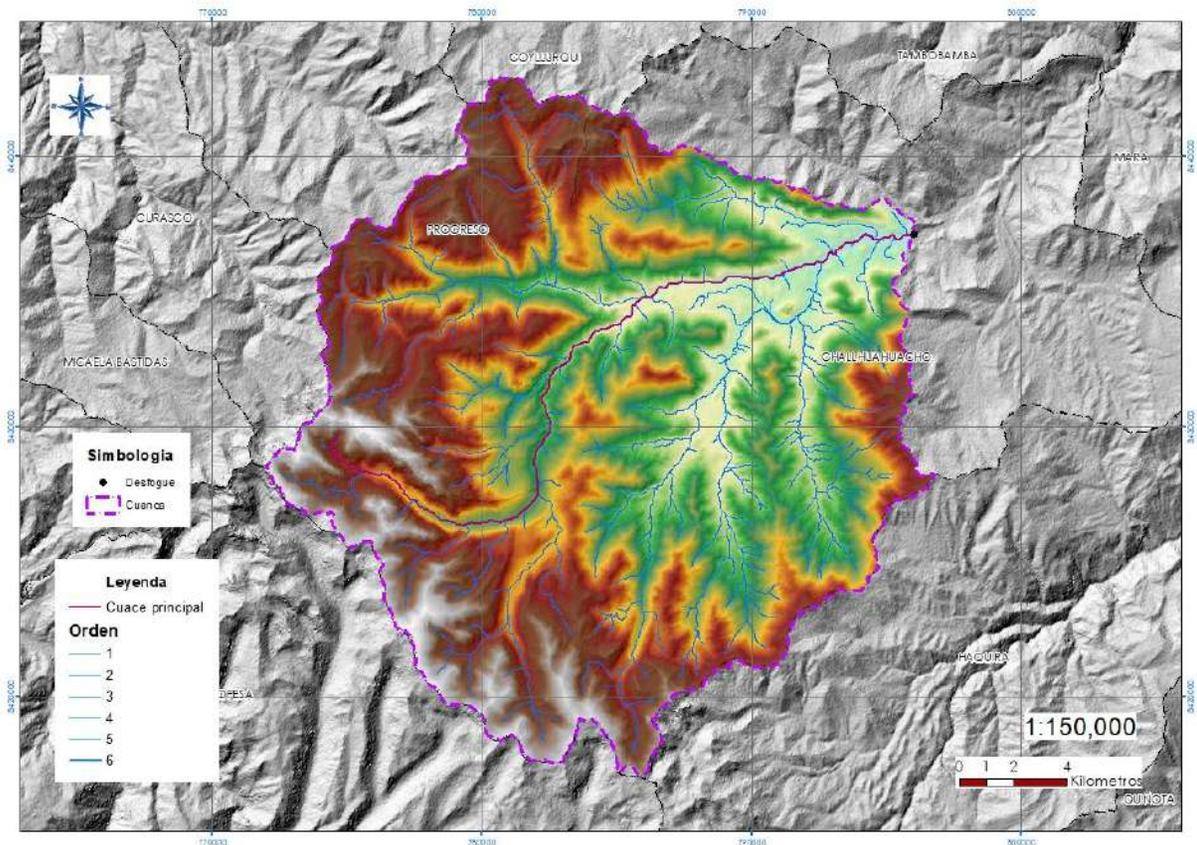
Nota: elaboración propia

6.3. DESCRIPCION DE LA RED DE DRENAJE

En la zona de estudio existen microcuencas que son aportantes del rio Challhuahuacho, de las que la cuenca en estudio también es un aportante hacia este.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de las microcuencas que estas delimitan.

Figura 8: ubicación de microcuencas



Nota: elaboración propia

6.4. PERIODO DE RETORNO

Según directiva del ANA (RJ-332-2016-ANA), señala periodos de retorno de 50 y 100 años, para la modelación hidráulica de máximas avenidas, dependiendo si se trata de cauces naturales colindantes a terrenos agrícolas o asentamientos poblacionales respectivamente.

El modelamiento hidráulico para este estudio se realizó con un caudal correspondiente a un periodo de retorno de 50, 100 y 200 años, por tratarse de un cauce colindante a un área urbana.

Nota: elaboración propia

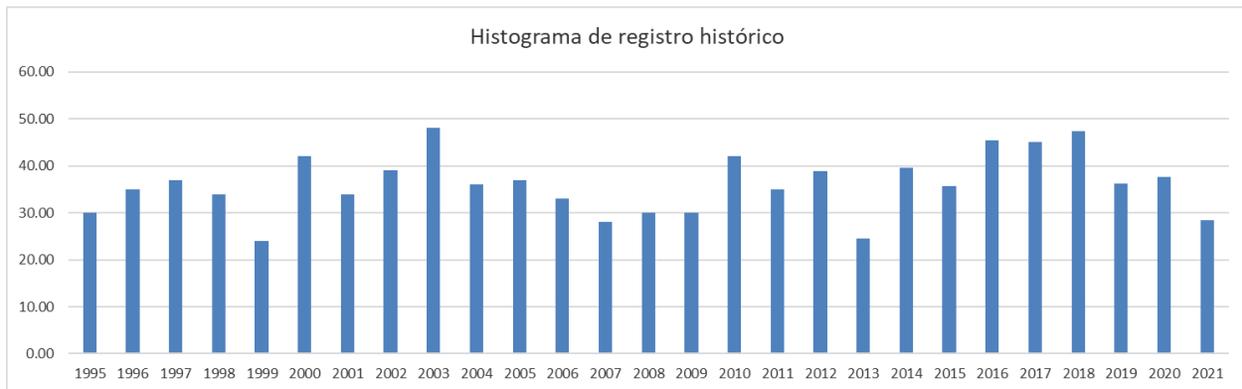
Cuadro 5.
Precipitación máxima en 24 horas (mm/24h)

Año	Estación Tambobamba
1995	30.00
1996	35.00
1997	37.00
1998	34.00
1999	24.00
2000	42.00
2001	34.00
2002	39.00
2003	48.00
2004	36.00
2005	37.00
2006	33.00
2007	28.00
2008	30.00
2009	30.00
2010	42.00
2011	35.00
2012	38.82
2013	24.50
2014	39.50
2015	35.60
2016	45.40
2017	45.00
2018	47.40
2019	36.20
2020	37.60
2021	28.40

Nota: SENAMHI

Del histograma de la precipitación máxima en 24 horas de la estación, se observa como eventos máximos a los años de 2003 y 2018 con precipitaciones de 48.0 mm y 47.40 mm, respectivamente.

Histograma de la precipitación Máxima en 24 horas en mm – Estación Tambobamba



Nota: Elaborado en base a la información obtenida de SENAMHI

6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal
- Distribución Log Pearson Tipo III
- Distribución Gumbel.
- Distribución Gamma

A. DISTRIBUCION NORMAL

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

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

x = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

B. DISTRIBUCION NORMAL

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

Donde:

F(x): Función densidad normal de la variable x

X : Variable independiente

μ : Parámetros de localización, igual a la media aritmética x.

S : Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de X

C. DISTRIBUCION log PEARSON TIPO III

La función de densidad es:

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

Valido para:

$$X_0 \leq x \leq \infty$$

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

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < y < \infty$$

Dónde:

x_0 : Origen de la variable x, parámetro de posición

y : Parámetro de forma

β Parámetro de escala

D. DISTRIBUCION GUMBEL

La distribución de valores Tipo I conocida como distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$X : \bar{x} + k\sigma_x$$

Siendo:

$$\beta: \mu - 0.45\sigma$$

Dónde:

σ : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$X : \bar{x} + k\sigma_x$$

Dónde:

X: Valor con una probabilidad dada.

\bar{X} : Media de la serie

K: Factor de frecuencia.

E. DISTRIBUCION GUMBEL

Este modelo es una generalización del modelo Exponencial ya que, en ocasiones, se utiliza para modelar variables que describen el tiempo hasta que se produce p veces un determinado suceso.

Su función de densidad es de la forma:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha^p \Gamma(p)} e^{-\frac{x}{\alpha}} x^{p-1} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x \leq 0 \end{cases}$$

Como vemos, este modelo depende de dos parámetros positivos: α y p . La función $\Gamma(p)$ es la denominada función Gamma de Euler que representa la siguiente integral:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x} dx$$

Que verifica $\Gamma(p + 1) = p\Gamma(p)$, con lo que, si p es un número entero positivo, $\Gamma(p + 1) = p!$

La distribución Gamma ($\alpha, p = 1$) es una distribución Exponencial de parámetro α . Es decir, el modelo Exponencial es un caso particular de la Gamma con $p = 1$.

Dadas dos variables aleatorias con distribución Gamma y parámetro α común

$$X \sim G(\alpha, p1) \text{ y } Y \sim G(\alpha, p2)$$

Se cumplirá que la suma también sigue una distribución Gamma

$$X + Y \sim G(\alpha, p1 + p2).$$

Una consecuencia inmediata de esta propiedad es que, si tenemos k variables aleatorias con distribución Exponencial de parámetro α (común) e independientes, la suma de todas ellas seguirá una distribución $G(\alpha, k)$.

Cuadro 6.
distribución $G(\alpha, k)$.

Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.22%	0.08091
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.26%	0.15881
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.91%	0.13886
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.25%	0.07561
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.80%	0.08022
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.03%	0.07736
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.61%	0.10428
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.02%	0.09556
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.23%	0.07565
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.56%	0.06964
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.87%	0.1074
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.20%	0.07043
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.52%	0.06397
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	70.73%	0.09835
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.25%	0.14236
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.05%	0.14264
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.88%	0.09309
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.38%	0.08511
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.45%	0.14791
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.05%	0.10808
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.49%	0.13448
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.01%	0.10644

Nota: SENAMHI

Cuadro 7.
distribución G (α , k).

	All data - T(Max)= 50.0000 y	All data - T(Max)= 100.000 y
Normal	48.7012	50.7957
Normal (L-Moments)	48.9946	51.128
LogNormal	51.4484	54.7818
Galton	49.9456	52.5423
Exponential	55.2956	60.6213
Exponential (L-Moments)	58.6374	64.7585
Gamma	50.551	53.378
Pearson III	49.935	52.5075
Log Pearson III	52.1204	55.5973
EV1-Max (Gumbel)	52.8467	57.0311
EV2-Max	54.299	60.5953
EV1-Min (Gumbel)	44.5555	45.5331
EV3-Min (Weibull)	47.3615	48.9587
GEV-Max	49.9723	52.2736

GEV-Min	49.6696	51.9481
Pareto	48.1137	48.8471
GEV-Max (L-Moments)	50.4919	52.9299
GEV-Min (L-Moments)	50.1605	52.5544
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	54.1006	58.5484
EV2-Max (L-Moments)	58.4372	66.3358
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	45.2876	46.3268
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	47.7083	49.3529
Pareto (L-Moments)	47.4618	48.0419
GEV-Max (kappa specified)	54.2689	60.4649

Nota: SENAMHI

6.7. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Las pruebas de bondad de ajuste, consiste en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada a priori en base a los parámetros estimados.

Las pruebas de ajuste estadísticas, es ejecutada por el método Kolmogorov -Smirnov, a través del Software Hidronogmon.

En el Anexo 2, se presentan las pruebas estadísticas del Test Kolmogorov -Smirnov y Gráfica de ajuste de los valores calculada, y en el 0, se presentan el resumen de las pruebas estadísticas, donde la estación Kayra, se ajusta a una Distribución Log Normal 3Parámetros.

Cuadro 8.
Precipitaciones máximas en 24 horas estimadas.

Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	34.9596	0.5000	39.5044
5	1.4999	40.6402	0.8000	45.9234
10	2.2504	44.4012	0.9000	50.1734
25	3.1985	49.1533	0.9600	55.5432
50	3.9019	52.6787	0.9800	59.5269

Nota: Elaboración propia

6.7.1. EVALUACIÓN DE COEFICIENTE DE DURACIÓN

Según la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológicas Mundial-OMM, se recomienda multiplicar los datos pluviométricos por un factor de ajuste de la frecuencia de observaciones diaria. Asumiendo que el caso de nuestra estación de registros, es de aquellas que se registren una vez al día, las precipitaciones deberán multiplicarse por un factor de 1.13, según el cuadro siguiente.

Cuadro 9.
Factor de coeficiente de duración

Duración en horas	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Factor de ajuste	0.25	0.31	0.38	0.44	0.5	0.56	0.64	0.79	0.9	1

Nota: Coeficientes de duración, Adaptado de "Manual de hidrología, hidráulica y drenaje", por MTC, 2008

Luego se continuo el cálculo de las precipitaciones máximas para tiempos de duración 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas con sus respectivos coeficientes. Estos resultados se presentan en la tabla 13 para la estación Tambobamba. Asimismo, en el anexo 3 se presentan los cálculos realizados para llegar a tales resultados.

Cuadro 10.
Precipitación Corregida para diferentes periodos de retorno

TIEMPO DE DURACIÓN	COCIENTE	PRECIPIACION MÁXIMA Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24h	X24	39.5044	45.9234	50.1774	55.5432	59.5269	63.4812	72.6188
18h	X18 = 91%	35.9490	41.7903	45.6578	50.5444	54.1695	57.7679	66.0831
12h	X12 = 80%	31.6035	36.7397	40.1387	44.4346	47.6215	50.7849	58.0951
8h	X8 = 68%	26.8630	31.2279	34.1179	37.7694	40.4783	43.1672	49.3808
6h	X6 = 61%	24.0977	28.0133	30.6058	33.8814	36.3114	38.7235	44.2975
5h	X5 = 57%	22.5175	26.1764	28.5988	31.6597	33.9303	36.1843	41.3927
4h	X4 = 52%	20.5423	23.8802	26.0902	28.8825	30.954	33.0102	37.7618
3h	X3 = 46%	18.1720	21.1248	23.0798	25.5499	27.3824	29.2013	33.4047
2h	X2 = 39%	15.4067	17.9101	19.5676	21.6619	23.2155	24.7577	28.3213
1h	X1 = 30%	11.8513	13.7770	15.0520	15.052	17.8581	19.0443	21.7856

Nota: Elaboración propia

6.8.DETERMINACION DE LOS HIETOGRAMAS DE DISEÑO

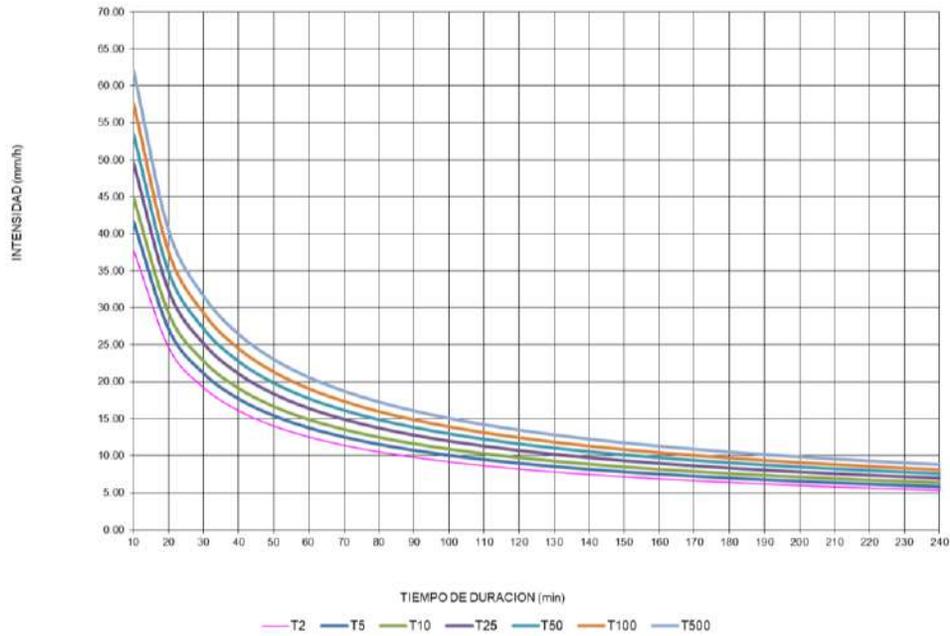
Una vez obtenida la información de precipitación de diseño de cada uno de los componentes del modelo hidrológico, se procedió a realizar la generación de los hietogramas de diseño, es decir la distribución temporal de las precipitaciones máximas en 24 horas.

Cuadro 11.
Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición

Valores de Intensidad de precipitación según Duración de la misma y Frecuencia de repetición							
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	200
10	37.73	41.67	44.92	49.61	53.49	57.66	62.16
20	24.61	27.18	29.30	32.36	34.89	37.61	40.55
30	19.17	21.17	22.82	25.21	27.17	29.29	31.58
40	16.05	17.73	19.11	21.11	22.76	24.53	26.45
50	13.99	15.45	16.66	18.40	19.83	21.38	23.05
60	12.50	13.81	14.89	16.44	17.73	19.11	20.60
70	11.37	12.56	13.54	14.95	16.12	17.38	18.73
80	10.47	11.57	12.47	13.77	14.85	16.00	17.25
90	9.74	10.76	11.60	12.81	13.81	14.88	16.04
100	9.13	10.08	10.87	12.00	12.94	13.95	15.04
110	8.61	9.50	10.25	11.32	12.20	13.15	14.18
120	8.16	9.01	9.71	10.73	11.56	12.46	13.44
130	7.76	8.57	9.24	10.21	11.01	11.86	12.79
140	7.42	8.19	8.83	9.75	10.51	11.33	12.22
150	7.11	7.85	8.46	9.35	10.08	10.86	11.71
160	6.83	7.54	8.13	8.98	9.68	10.44	11.25
170	6.58	7.27	7.83	8.65	9.33	10.06	10.84
180	6.35	7.02	7.56	8.35	9.01	9.71	10.47
190	6.14	6.79	7.32	8.08	8.71	9.39	10.12
200	5.95	6.57	7.09	7.83	8.44	9.10	9.81
210	5.78	6.38	6.88	7.60	8.19	8.83	9.52
220	5.61	6.20	6.68	7.38	7.96	8.58	9.25
230	5.46	6.03	6.50	7.18	7.74	8.35	9.00
240	5.32	5.88	6.33	7.00	7.54	8.13	8.77

Nota: Elaboración propia

Figura 9: Curvas de intensidad vs Tiempo de duración



Nota: elaboración propia

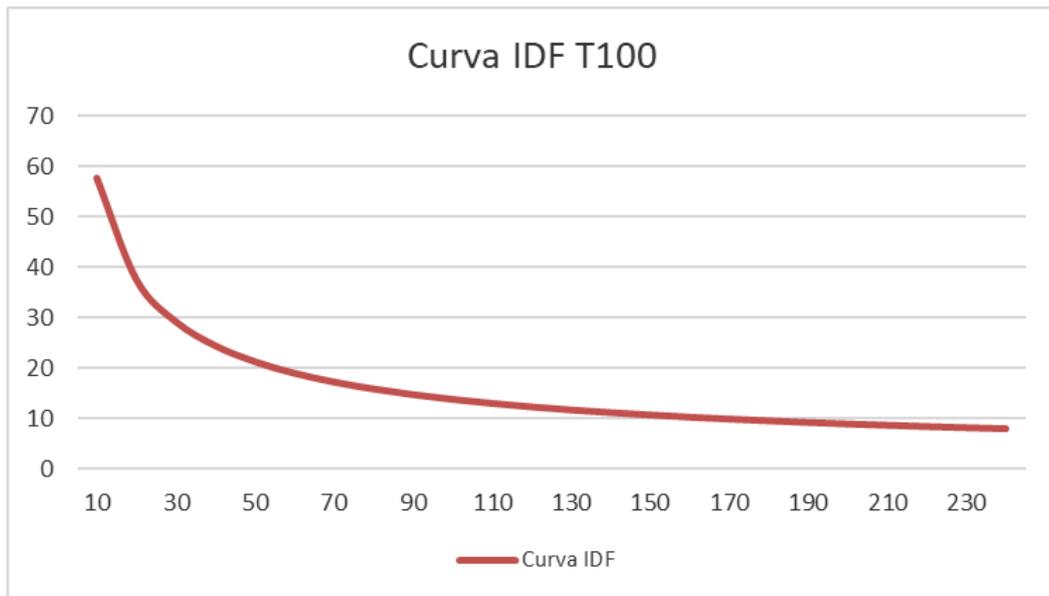
Cuadro 12.
Hietograma para periodo retorno 100 años

HIETOGRAMA PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS						
DURACIÓN DE LA TORMENTA (h)						4
INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)						8.13
PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm)						32.52
INTEVALOS DE TIEMPO (min)						10
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación alterada (mm)	Int. Parcial alterada (mm)
10	57.66	9.61	9.61	57.66	0.54	3.25
20	37.61	12.54	2.93	17.56	0.57	3.44
30	29.29	14.65	2.11	12.66	0.61	3.66
40	24.53	16.36	1.71	10.25	0.66	3.93
50	21.38	17.82	1.46	8.77	0.71	4.26
60	19.11	19.11	1.29	7.14	0.78	4.66
70	17.38	20.27	1.16	6.98	0.87	5.19
80	16.00	21.34	1.07	6.29	0.99	5.92
90	14.88	22.32	0.99	5.92	1.16	6.98
100	13.95	23.25	0.92	5.52	1.46	8.77
110	13.15	24.11	0.87	5.19	2.11	12.66
120	12.46	24.93	0.82	4.91	9.61	57.66
130	11.86	25.71	0.78	4.66	2.93	17.56
140	11.33	26.45	0.74	4.45	1.71	10.25

150	10.86	27.16	0.71	4.26	1.29	7.74
160	10.44	27.84	0.68	4.08	1.07	6.39
170	10.06	28.49	0.66	3.98	0.92	5.52
180	9.71	29.12	0.63	3.19	0.82	4.91
190	9.39	29.74	0.61	3.66	0.74	4.45
200	9.10	30.33	0.59	3.55	0.68	4.08
210	8.83	30.90	0.57	3.44	0.63	3.79
220	8.58	31.46	0.56	3.34	0.59	3.55
230	8.35	32.00	0.54	3.25	0.56	3.34
240	8.13	32.52	0.53	3.16	0.53	3.16

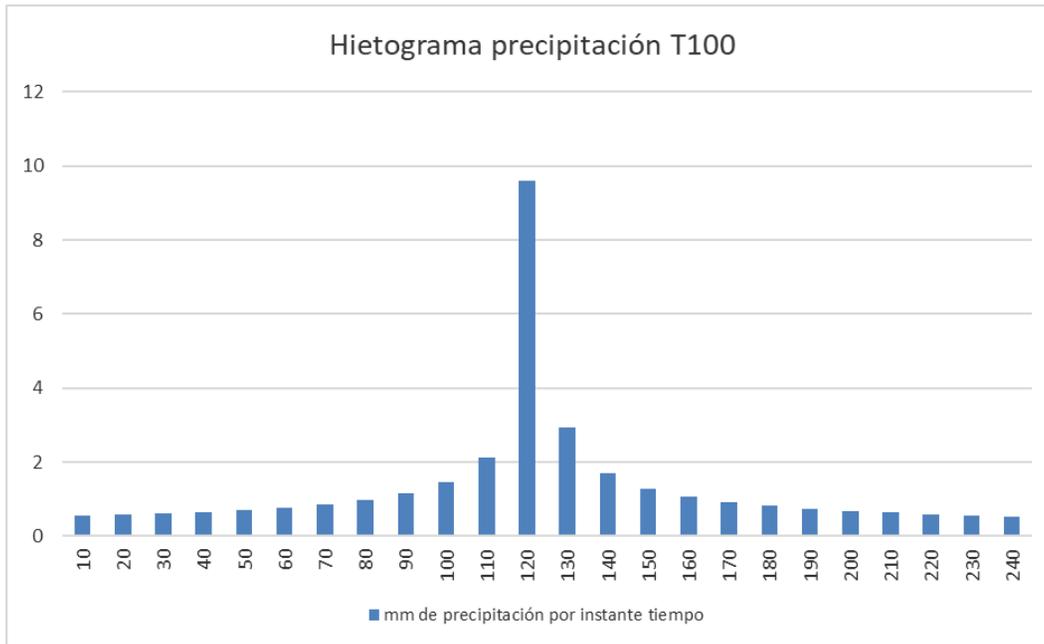
Nota: Elaboración propia

Figura 10: Curva IDF T100



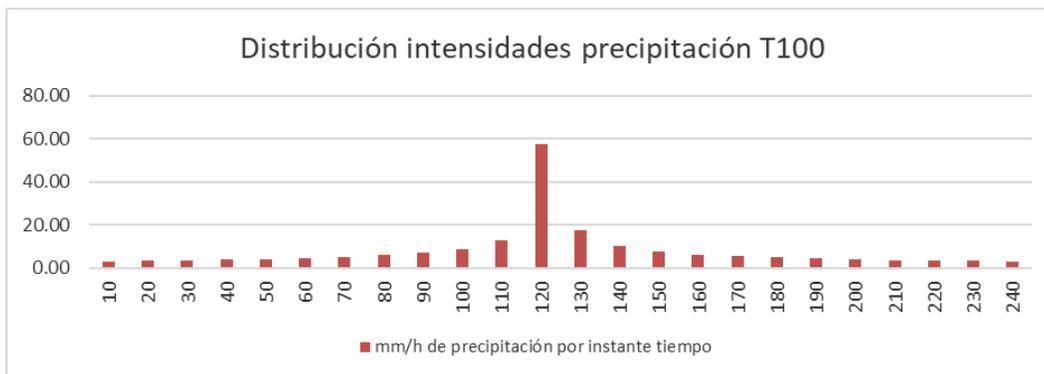
Nota: elaboración propia

Figura 11: Hietograma precipitación T100



Nota: elaboración propia

Figura 12: Distribución intensidades precipitación T100



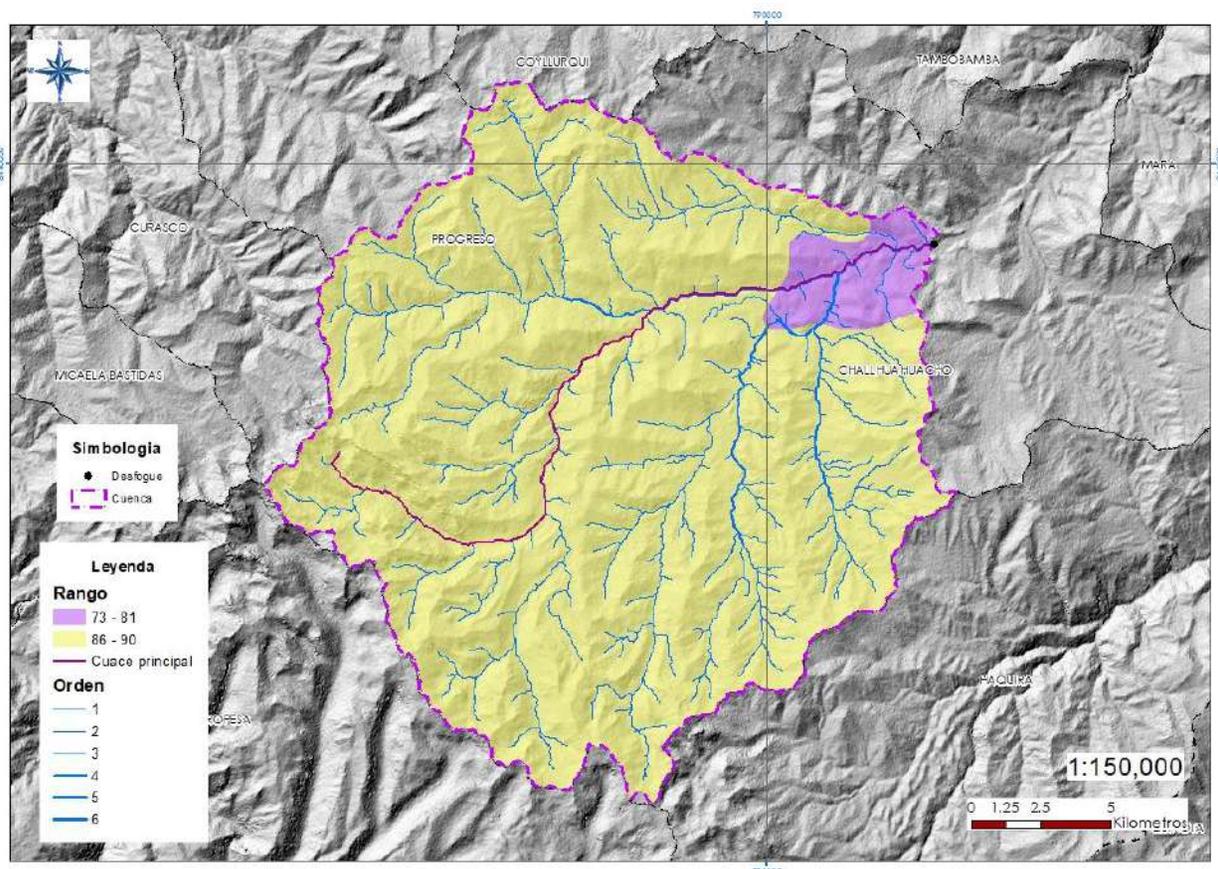
Nota: elaboración propia

6.9. NÚMERO DE CURVA (CN)

El número de curva CN, es un número hidrológico adimensional que varía en función a la capacidad de infiltración del suelo en base al tipo hidrológico del suelo y el tipo de cobertura vegetal. Generalmente, las cuencas presentan variedad de coberturas vegetales y tienen diferentes usos de suelo, por tal razón se determinó el número de curva mediante un promedio ponderado de los CN de cada zona.

El número de curva CN, es utilizada a partir del siguiente cuadro, y depende del uso de la tierra, la pendiente y la velocidad de infiltración.

Figura 13: Curva número, cuenca de estudio



Nota: elaboración propia

6.9.1. CONDICION HIDROLÓGICA

La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal.

Puede aproximarse de la siguiente forma:

Cuadro 13.
Condición Hidrológica

Cobertura Vegetal	Condición hidrológica
>75% del área	Buena
Entre 50% y 75% del área	Regular
<50% del área	Pobre

Nota: Elaboración propia

6.9.2. GRUPO HIDROLÓGICO

La determinación del grupo hidrológico del suelo está relacionada a la tasa de infiltración y a la tasa de transmisión.

6.10. TASA DE INFILTRACIÓN

Es el porcentaje de agua que penetra en el suelo superficial y que es controlado por condiciones de superficie. Define los grupos de suelo, los cuales pueden ser:

- Grupo A, tiene bajo potencial de escorrentía
- Grupo B, tiene un moderado bajo potencial de escorrentía
- Grupo C, tiene un moderado alto potencial de escorrentía
- Grupo D, tiene un alto potencial de escorrentía

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

Grupo A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.

Grupo B: Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.

Grupo C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

Grupo D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables.

Cuadro 14.
Condición de humedad

Condición de humedad Antecedentes (CHA)	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (cm)	
	Estación seca	Estación de crecimiento
I (seca)	Menor de 1.3	Menor de 3.5
II (media)	1.3 a 2.5	3.5 a 5.0
III (húmeda)	Más de 2.5	Más de 5

Nota: Elaboración propia

6.10.1. CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTES (CHA)

La condición o estado de humedad tiene en cuenta los antecedentes previos de humedad de la cuenca; determinado por la lluvia total en el periodo de 5 días anterior a la tormenta.

- EL SCS usa tres intervalos de CHA:

CHA-I, el límite inferior de humedad o el límite superior de S. Hay un mínimo potencial de escurrimiento. Los suelos de la cuenca están o suficientemente secos para permitir el arado de cultivos.

CHA-II, es el promedio. 0

CHA-III, es el límite superior de humedad o el límite inferior de S. Hay máximo potencia de escurrimiento. La cuenca está prácticamente saturada por lluvias anteriores.

Condición de humedad antecedentes propuestos por SCS

Cuadro 15.
Número de curva para distintas condiciones hidrológicas y complejos suelo - cobertura

Uso de suelo ó cobertura	Sistema de laboreo	Condición hidrológica para infiltración	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Líneas	Mala	77	86	91	94
	Línea	Mala	72	81	88	91
	Línea	Buena	67	81	88	91
Cultivos en línea	En contorno	Mala	67	78	85	89
	En contorno	Buena	66	75	82	86
	En contorno/terrazas	Mala	66	74	80	82
	En contorno/terrazas	Buena	62	71	78	81
	Líneas	Mala	65	76	84	88
	Línea	Buena	63	75	83	87
Cultivos densos	En contorno	Mala	63	74	82	85
	En contorno	Buena	61	73	81	84
	En contorno/terrazas	Mala	61	72	79	82
	En contorno/terrazas	Buena	59	70	78	81
	Línea	Mala	66	77	85	89
Forrajeras y leguminosas ó pasturas en rotación	Línea	Buena	58	72	81	85
	En contorno	Mala	64	75	83	85
	En contorno	Buena	55	69	78	83
	En contorno/terrazas	Mala	63	73	80	83
	En contorno/terrazas	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
Pasto Natural		Buena	39	61	74	80
	Regular	Mala	47	67	81	88
	En contorno	Regular	25	59	75	83
	En contorno	Buena	6	35	70	79
		Buena	30	58	71	78
		Mala	45	60	73	79
Praderas Bosques		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Camino chacra			59	74	82	86

Camino balasta			72	82	87	89
camino bitumen			74	84	90	92

Nota: Elaboración propia

Permite calcular el número de curva para CHA-II

Si se tiene CHA-I ó CHA-III el número de curva equivalente se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$CN_{(I)} = \frac{4.2 \times CN_{(II)}}{10 - 0.058 \times CN_{(II)}}$$

$$CN_{(II)} = CN_{(II)}$$

$$CN_{(III)} = \frac{23 \times CN_{(II)}}{10 + 0.13 \times CN_{(II)}}$$

Donde:

CN(I): Valor de número de curva en condición antecedente de humedad I.

CN(II): Valor de número de curva en condición normal

CN(III): Valor de número de curva en condición antecedente de humedad III.

El área de Modelamiento de Información Hídrica, OSNIRH – Autoridad Nacional del Agua ha generado un mapa Numero de Curva que se generó inicialmente (Condiciones Normales), y utilizando las ecuaciones CN (I) y CN (III), y utilizando las herramientas de algebra de mapas (SIG) se generaron los mapas Numero de Curva para condiciones Húmedas.

6.11. SELECCIÓN DEL NÚMERO DE CURVA

Para la determinación del número de escurrimiento “N”, se ha tomado lo elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), tipo de condición de suelo II, suelos medios, con un CN =

78.00 (Ponderado), en condición hidrológica pobre, porque la parte baja y media de la cuenca se encuentran en un proceso de urbanización, lo cual incrementan el proceso de escurrimiento.

En función a esta información se determinaron los siguientes Números de curva para la cuenca; las mismas que se detallan en el 0.

La abstracción inicial es la cantidad de lluvia en mm que se pierde antes de ocasionar el flujo superficial, el cual se puede calcular según la siguiente relación

$$Ia = 0.2 * \left(\frac{25400 - 254 * CN}{CN} \right)$$

Dónde:

Ia: Abstracción inicial (mm)

CN: Número de curva.

Cuadro 16.
Número de Curva

Cuenca	Condición Antecedente	Condición hidrológica	Grupo hidrológico del suelo	CN	Ia
Cuenca Challhuahuacho Punto Interés	III	Regular	B	87.52	14.33

Nota: Elaboración propia

6.12. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para cuencas mayores a 30.0Km², se emplea el método del Hidrograma Unitario de Sneyder, éste toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del Hidrograma, lo cual hace que sea más representativa. Donde el tiempo de retardo está dado por la siguiente formula:

$$Tp(hr) = Ct (Lca * L)^{0.3}$$

$$Tp(hr) = Ct (Lca * [L])^{0.3}$$

Donde:

- Tp : Tiempo Lag Estándar (hr)
- Ct : Coeficiente que representa variaciones de los tipos y localizaciones de los ríos. Varían entre 1.8 y 2.2. Se asumirá un valor de dos (2).
- Lca : Distancia del centro de gravedad de la subcuenca a su salida (millas).
- L : Longitud del curso principal (millas).
- Cp : Coeficiente adimensional varía entre 0.4 y 0.8, se asume 0.6.

Cuadro 17.
Tiempo de concentración

Área	Parámetros Geomorfológicos	Parámetros Hidrograma Snyder		
	Lc	Ct	Tp	Cp
Km2	km		(horas)	
404.644531	32.785791	2.00	3.69	0.60

Nota: Elaboración propia

6.13. MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DE SNYDER (SCS-HEC HMS)

Para determinar la descarga máxima en las cuencas, se aplicó el método del Hidrograma unitario SCS. Para lo cual se utilizó el Software HEC – HMS Hydrologic Modeling System Versión 4.0 del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. Este método conceptual establece que la cuenca tiene una determinada capacidad de almacenamiento de lluvia acumulada. El número de curva, CN, describe la capacidad de infiltración del suelo en base al tipo hidrológico de suelo y el tipo de cobertura vegetal.

La infiltración se realiza usando el método de la Curva Número (CN) del Soil Conservation Service, NRCS (Servicio de Conservación Recursos Naturales de los Estados Unidos, ex SCS).

Para hallar la distribución de la precipitación en el tiempo y por ende, las intensidades, se empleó una distribución Tipo I del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de Los Estados Unidos. Esta distribución de precipitación se utiliza en zonas del interior del continente y

produce las intensidades de diseño para lluvias de hasta 24 horas de manera que incorpora precipitaciones de menor duración y mayor intensidad.

6.13.1. MODELO DE CONTROL

El periodo de simulación es variable, se encuentra en el rango de 24 horas a 2 días, dependiendo del tamaño de la cuenca.

Los caudales obtenidos para un pre dimensionamiento de las obras hidráulicas con una tormenta Tipo II, se muestran en el 0

6.14. DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

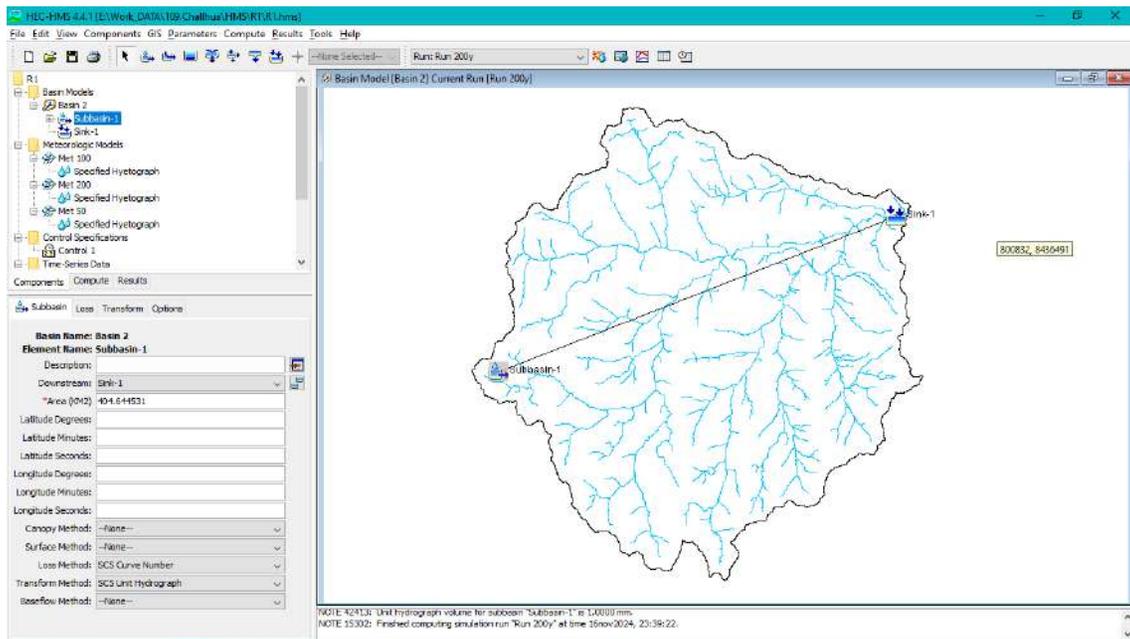
El caudal máximo de diseño de dichas estructuras fue considerado en el modelamiento hidrológico que se ha realizado aplicando el software HEC-HMS, tal como se detalla en el cuadro siguiente:

Cuadro 18.
Caudales Máximos

Cuenca	Área	Caudales Máximos (m ³ /s)		
		50 años	100 años	200 años
Challhuahuacho	404.644531	179.7	210.3	244.4

Nota: Elaboración propia

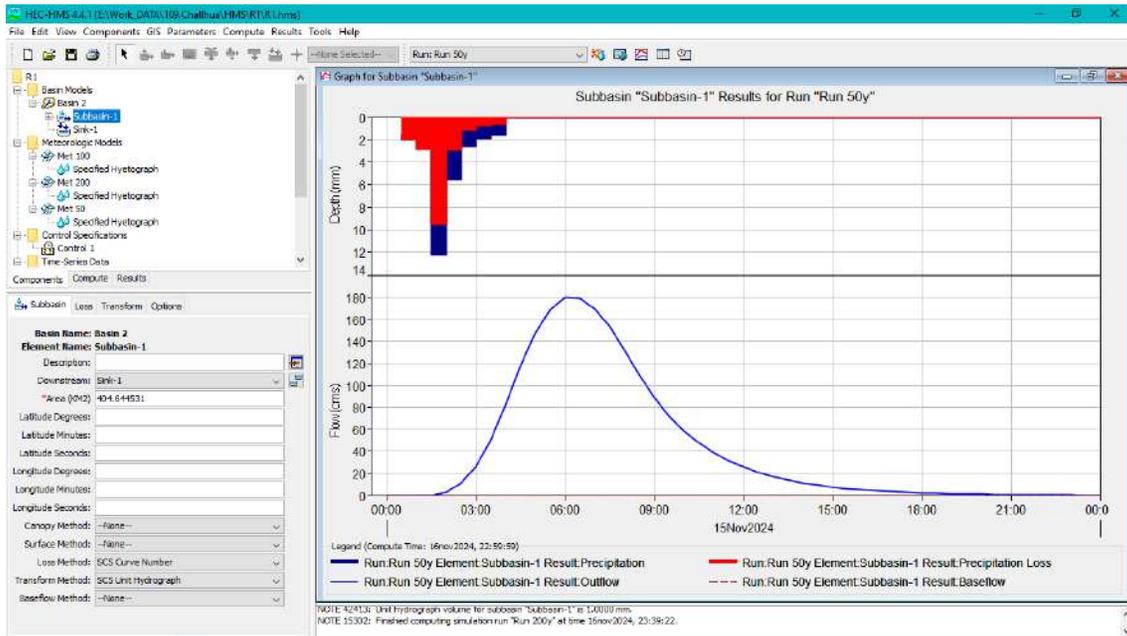
Figura 14: Modelamiento hidrológico de la Cuenca de Challhuahuacho



Nota: elaboración propia

Asimismo; se han obtenido las gráficas o hidrogramas de caudales máximos para un periodo de 50, 100 años y 200, lo cual se muestran a continuación.

Figura 14: Hidrograma del caudal Máximo – TR:50años



Project: R1 Simulation Run: Run 50y

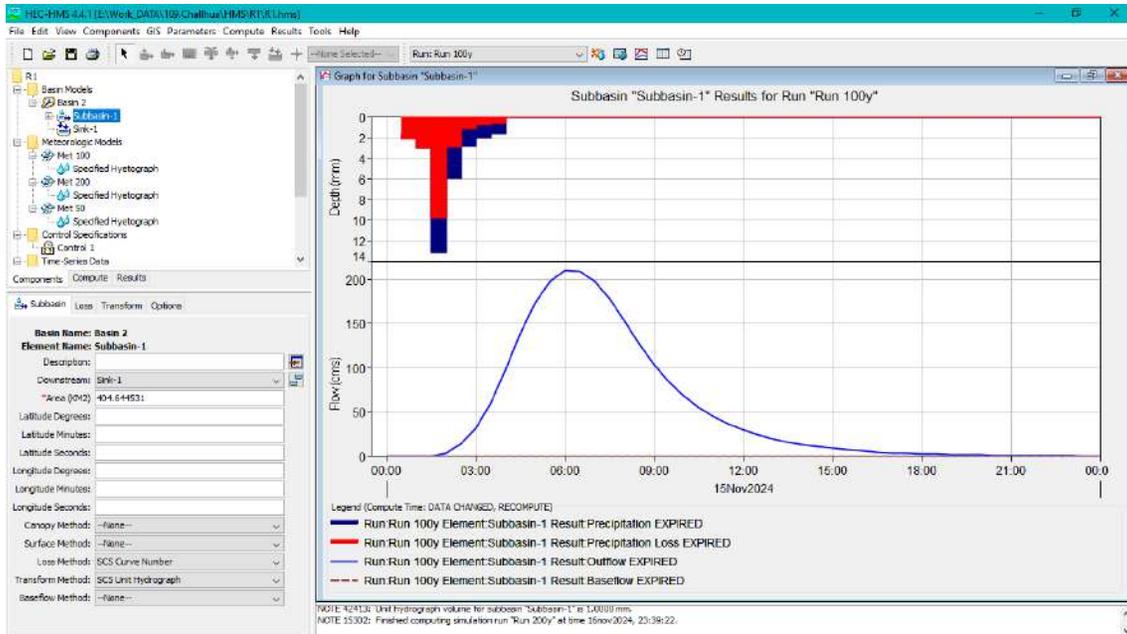
Start of Run: 15nov2024, 00:00 Basin Model: Basin 2
 End of Run: 16nov2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 50
 Compute Time: 16nov2024, 22:59:59 Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	404.644531	179.7	15nov2024, 06:00	8.90

Nota: elaboración propia

Figura 15: Hidrograma del caudal Máximo – TR:100años



Project: R1 Simulation Run: Run 100y

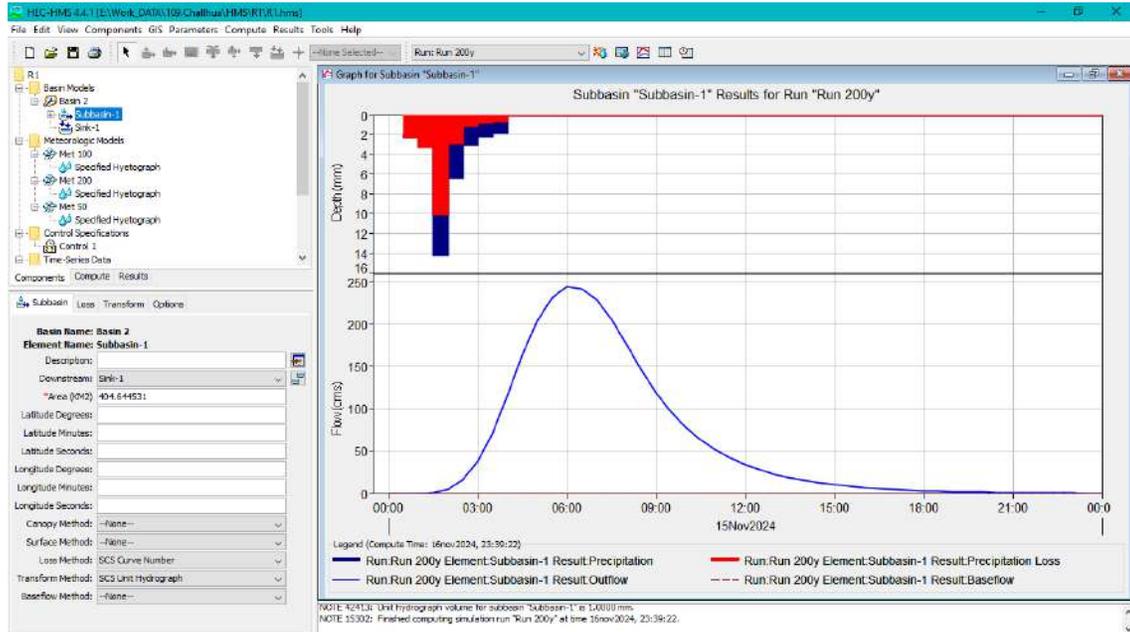
Start of Run: 15nov2024, 00:00 Basin Model: Basin 2
 End of Run: 16nov2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 100
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: Volume Units: MM 1000 M3 Sorting:

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	404.644531	210.3	15nov2024, 06:00	10.40

Nota: elaboración propia

Figura 16: Hidrograma del caudal Máximo – TR:100años



Project: R1 Simulation Run: Run 200y

Start of Run: 15nov2024, 00:00 Basin Model: Basin 2
 End of Run: 16nov2024, 00:00 Meteorologic Model: Met 200
 Compute Time: 16nov2024, 23:39:22 Control Specifications:Control 1

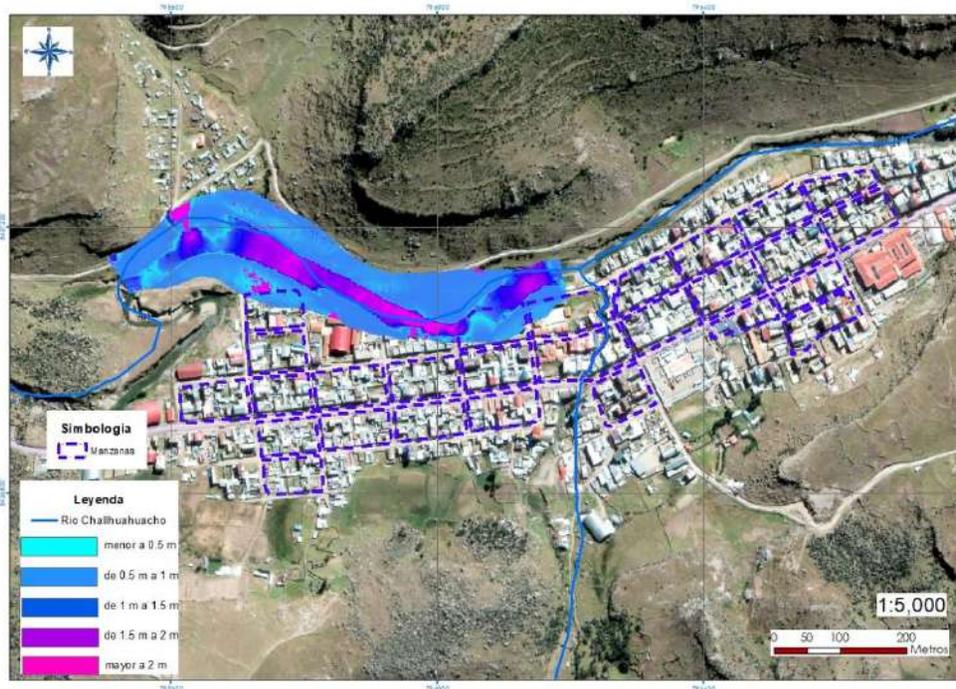
Show Elements: Volume Units: MM 1000 M3 Sorting:

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	404.644531	244.4	15nov2024, 06:00	12.07

Nota: elaboración propia

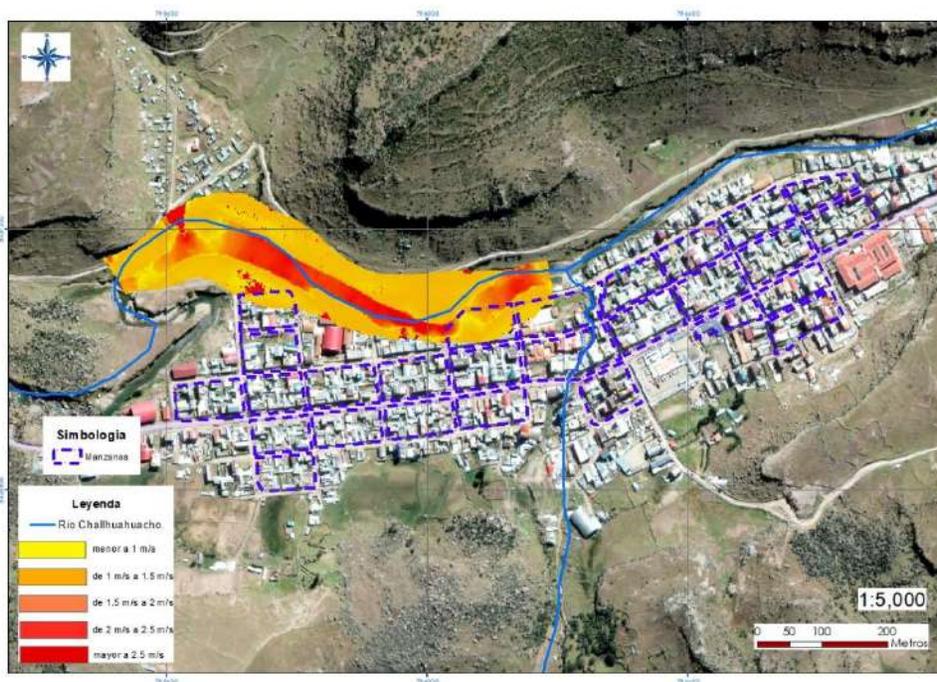
Los caudales de diseño fueron generados a partir de datos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Tambobamba, debido a que la cuenca donde se ubica el punto de interés, no dispone de un registro de caudales máximos instantáneos.

Figura 17: Mapa de tirante



Nota: elaboración propia

Figura 18: Mapa velocidad de flujo



Nota: elaboración propia

CAPITULO VII: DETERMINACION DEL PELIGRO

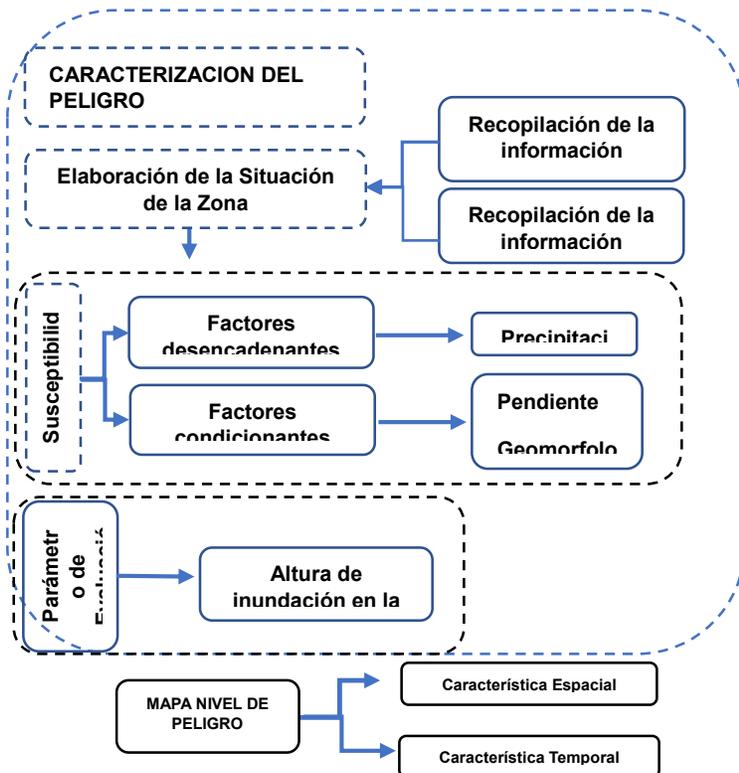
7.1. GENERALIDADES

Para la evaluación de riesgo, se ha determinado un peligro natural de origen hidrometeorológico, de tipo erosión fluvial, acotando que en la zona existen otros peligros tanto en geodinámica interna, geodinámica externa, biológicos e inducidos por el hombre, es decir solo se tratara el peligro de erosión fluvial.

7.2 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE PELIGROSIDAD

Para determinar el nivel de peligrosidad por el fenómeno de erosión fluvial, se utilizó la siguiente metodología descrita en la figura 13.

Figura 14: Metodología para la determinación de la peligrosidad



NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGOS
MUY ALTO	Predomina Factor condicionante con pendientes menor a 5°. Unidad geológica depósito aluvial reciente (Ch-ai), unidad Geomorfológica Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial. Predomina condiciones Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm), para una altura de inundación mayor a 2.5 m.	0.262<P<0.4
ALTO	Predomina Factor condicionante con pendientes entre 5° a 20°. Unidad geológica Fm. La Merced (NQ-m), unidad Geomorfológica Llanura o planicie inundable. Predomina condiciones Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm), para una altura de inundación de 1.5 a 2.5 m.	0.136<P<0.2
MEDIO	Predomina Factor condicionante con pendientes entre 20° a 30°. Unidad geológica FM. ANAÑEA (SD-a), unidad Geomorfológica Terraza aluvional. Predomina condiciones Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm), para una altura de inundación de 1.0 a 1.5 m.	0.068<P<0.1
BAJO	Predomina Factor condicionante con pendientes mayores a 30°. Unidad geológica FM. SANDIA (OS-s), unidad Geomorfológica Pie de monte coluvio deluvial. Predomina condiciones Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm), para alturas de inundación menores a 1.0 m.	0.036<P<0.0

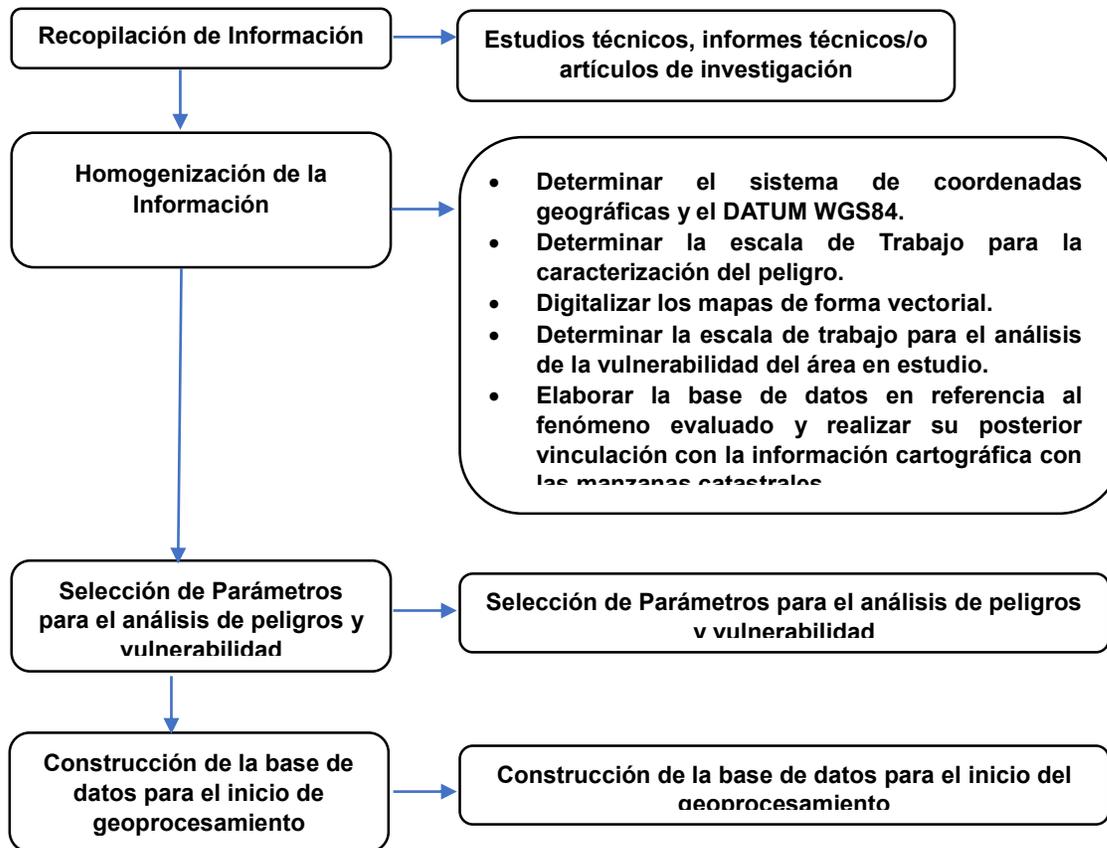
Nota: Adaptado del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión

7.3 RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION

Se ha realizado la recopilación de información disponible. Estudios publicados por entidades técnico científica competentes (INGEMMET, INEI, SENAMHI, ANA), información histórica, estudios de peligros, cartografía topografía, hidrografía, climatología, geología y geomorfología del área de influencia del fenómeno por erosión fluvial. Así también se ha realizado el análisis de la información proporcionada de entidades técnicas científicas y estudios publicados acerca de las zonas evaluadas.

Para el presente estudio se ha realizado la estimación de hidrología e hidráulico donde se estiman las máximas avenidas y simulación del río Challhuahuacho en estudio.

Figura 15: Flujograma general de procesos de análisis de información



Nota: CENEPRED

7.4 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

Para la presente investigación se está tomando el peligro de erosión fluvial por lo que analizaremos el comportamiento dinámico e hidrológico de este peligro.

La erosión es un fenómeno generado por la remoción o desgaste de las partículas sólidas que conforman el fondo del lecho de un río. Este comportamiento se debe a que el agua del río al fluir sobre el material de fondo produce fuerzas hidráulicas impuestas por el poder erosivo del agua superando la resistencia ofrecida por el esfuerzo inherente del material de fondo ocasionado de esta manera su desprendimiento. “En general, se denomina erosión, socavación o degradación a la remoción que efectúa el agua de las partículas sólidas constituyentes de un lecho fluvial y cuyo resultado es una profundización del cauce” (Rocha, 1998, p.201).

7.5 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

Para dar inicio a este tema, primero hablaremos de la definición de erosión fluvial y sus características. Podemos decir que este tipo de erosión es el desgaste de la superficie terrestre producida por el agua encauzada en aguas fluviales, es decir, el agua de ríos y también en arroyos, torrentes u otra corriente de agua. El agua en movimiento constituye un poderoso agente capaz de modificar el relieve y las distintas geformas que origina su paso conforman el relieve fluvial.

Además, el paso del agua arrastra consigo sedimentos y otros materiales, modificando su distribución en la corteza terrestre. Este proceso de arrastre se conoce como transporte fluvial y precisamente el material que arrastra el agua se denomina carga y se clasifica en:

Cargas de disolución: son aquellas partículas que se disuelven en el agua, por lo tanto, esta presenta un color transparente.

Cargas en suspensión: son las partículas que permanecen en suspensión, originando aguas turbias.

Cargas de fondo: son aquellos fragmentos de roca de mayor tamaño, que permanecen en el fondo del lecho y son transportados por rodadura, arrastre o saltación.

A modo de síntesis, las causas de la erosión fluvial están relacionados a la energía del agua cuando está en movimiento. Sin embargo, la velocidad que adquiere el agua no es constante a lo largo del cauce, por eso te contaremos las distintas fases de la erosión fluvial:

- Fase mecánica: se produce en los niveles más altos del cauce del cuerpo de agua. Aquí la corriente presenta gran velocidad y en consecuencia se produce el mayor desgaste de las rocas por acción mecánica.
- Fase intermedia: como su nombre lo indica, ocurre en los niveles intermedios del cauce del cuerpo de agua. En esta fase continúa la erosión por acción mecánica, pero al registrarse menor velocidad de la corriente, comienza actuar la sedimentación.
- Fase sedimentaria: sucede en la parte final del cauce del cuerpo de agua. Allí llega todo el material erosionado y, por la menor velocidad del agua, se depositan los sedimentos. Aquí hablamos sobre las Rocas sedimentarias: tipos, clasificación y ejemplos.

7.5.1. TIPOS DE EROSION FLUVIAL

Ahora que ya conocemos qué es y en qué consiste la erosión fluvial, nos adentraremos más en el tema y te contaremos los distintos tipos de erosión fluvial que existen:

Erosión general

Se trata de un descenso del lecho del río producida por un aumento en la capacidad de transporte de una corriente durante una crecida.

Erosión por estrechamiento del cauce

Ocurre principalmente en aquellos segmentos del cauce en los cuales se llevó a cabo alguna obra de ingeniería como puentes o encauzamientos. De este modo, al reducirse el cauce, aumenta la velocidad de la corriente y también el transporte de sedimentos.

Erosión por curva del cauce

Es frecuente que, en las curvas de los cauces, se produzca una fuerza centrífuga del agua que en consecuencia aumenta la erosión del lecho. Allí se alcanzan profundidades mayores.

Erosión local o localizada

Se produce por singularidades u obstáculos presentes en los cauces. Estos pueden provocar cambios en el flujo del agua, aumentando su poder erosivo. No obstante, en este tipo de erosión no se ve modificadas las condiciones generales del flujo de agua.

Ejemplos de erosión fluvial

Para finalizar, en este apartado describiremos brevemente algunos ejemplos de erosión fluvial:

Meandros

Se produce como resultado del arrastre de sedimentos. Estos empiezan a depositarse en el curso medio, donde la velocidad del agua comienza a disminuir. Bajo ciertas circunstancias, la fuerza erosiva también actúa sobre estos depósitos, desgastándolos y transportándolos hacia otras partes del curso. Como resultado, se forman depósitos de forma sinuosa que llamamos meandros.

En este otro artículo te contamos más sobre Qué es un meandro, sus características, formación y tipos.

Deltas

Los deltas coinciden con el final del proceso erosivo y tienen lugar en la desembocadura de los cursos de agua. Allí se produce la mayor decantación de los sedimentos arrastrados. Por lo tanto, los deltas son terrenos sedimentarios.

Terrazas fluviales

También denominadas terrazas aluviales, son plataformas sedimentarias en los valles fluviales, que se forman por el depósito de sedimentos en aquellas partes del curso de agua donde la pendiente y, por ende, la velocidad de la corriente es menor.

Ahora que has aprendido todo esto sobre la erosión fluvial, te animamos a seguir descubriendo información sobre este tipo de procesos con estos otros artículos de Ecología Verde sobre los Tipos de erosión y Erosión hídrica: tipos, causas y consecuencias.

7.6 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS Y PONDERACIÓN

Es la manifestación de la amenaza sobre el área de influencia del peligro evaluado y que ha sido originado por la magnitud del factor desencadenante, la cual representa la intensidad del evento.

Cabe mencionar que los parámetros de evaluación deben considerarse como unidades cartografiables que han sido reconocidas en el área de influencia, ya que permiten caracterizar la intensidad con que un peligro afecta un área geográfica determinada, además de estar referida a evidencias del peligro, tales como marcas (alturas, volúmenes o áreas).

Figura 16: Esquema de parámetros de evaluación



Nota: Elaboración propia

7.6.1. PARAMETROS DE EVALUACION

Para el proyecto como se trata de erosión fluvial se ha utilizado el parámetro de evaluación de área erosionada.

Cuadro 21.

Matriz de comparación de pares de pares del parámetro área erosionada en el área de influencia

AREA EROSIONADA	> 80 m ²	60m ² - 80m ²	40m ² - 60m ²	20m ² -40m ²	< 20m ²
> 80 m ²	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
60m ² - 80m ²	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
40m ² - 60m ²	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
20m ² -40m ²	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
< 20m ²	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 22.

Matriz de Normalización de pares del parámetro área erosionada en el área de influencia

AREA EROSIONADA	> 80 m ²	60m ² - 80m ²	40m ² - 60m ²	20m ² -40m ²	< 20m ²	Vector Priorización

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

> 80 m ²	0.490	0.544	0.469	0.391	0.333	0.445
60m ² - 80m ²	0.245	0.272	0.352	0.326	0.292	0.297
40m ² - 60m ²	0.122	0.091	0.117	0.196	0.208	0.147
20m ² -40m ²	0.082	0.054	0.039	0.065	0.125	0.073
< 20m ²	0.061	0.039	0.023	0.022	0.042	0.037

Cuadro 23.
Índice (IC) y relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de Análisis Jerárquico para el Parámetro Área erosionada en el área de influencia

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.038</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.034</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.7 SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia por Erosión fluvial se consideraron los siguientes factores:

Cuadro 24.
Factores condicionantes y desencadenantes

<i>FACTOR DESENCADENANTE</i>	<i>FACTORES CONDICIONANTES</i>		
<i>Precipitación</i>	<i>Geomorfología</i>	<i>Pendiente</i>	<i>Geología</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

La metodología a utilizar tanto para la evaluación del peligro, como para el análisis de la vulnerabilidad, es el procedimiento de Análisis Jerárquico mencionado en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2da versión. (CENEPRED, 2014).

7.7.1. ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de los factores condicionantes, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

7.7.1.1. Análisis de los parámetros de los factores condicionantes

Cuadro 25
Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

<i>FACTORES CONDICIONANTES</i>	<i>PENDIENTE DE TERRENO</i>	<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>
<i>PENDIENTE DE TERRENO</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>7.00</i>
<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>
<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>	<i>0.14</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>
<i>SUMA</i>	<i>1.48</i>	<i>4.33</i>	<i>11.00</i>
<i>1/SUMA</i>	<i>0.68</i>	<i>0.23</i>	<i>0.09</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 26
Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

<i>FACTORES CONDICIONANTES</i>	<i>PENDIENTE DE TERRENO</i>	<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>PENDIENTE DE TERRENO</i>	<i>0.677</i>	<i>0.692</i>	<i>0.636</i>	<i>0.669</i>
<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>0.226</i>	<i>0.231</i>	<i>0.273</i>	<i>0.243</i>
<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>	<i>0.097</i>	<i>0.077</i>	<i>0.091</i>	<i>0.088</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro N° 27

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los Factores Condicionantes

<i>ÍNDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.004</i>
<i>RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.007</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.7.1.2 Parámetro: Pendientes del terreno

Cuadro 28

Matriz de Comparación de pares del parámetro Pendiente del terreno

<i>PENDIENTE DEL TERRENO</i>	<i>< 4°</i>	<i>4° - 15°</i>	<i>15° - 50°</i>	<i>50° - 75°</i>	<i>> 75°</i>
<i>< 4°</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>7.00</i>	<i>9.00</i>
<i>4° - 15°</i>	<i>0.50</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>7.00</i>
<i>15° - 50°</i>	<i>0.20</i>	<i>0.50</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>
<i>50° - 75°</i>	<i>0.14</i>	<i>0.20</i>	<i>0.50</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>
<i>> 75°</i>	<i>0.11</i>	<i>0.14</i>	<i>0.20</i>	<i>0.50</i>	<i>1.00</i>
<i>SUMA</i>	<i>1.95</i>	<i>3.84</i>	<i>8.70</i>	<i>15.50</i>	<i>24.00</i>
<i>1/SUMA</i>	<i>0.51</i>	<i>0.26</i>	<i>0.11</i>	<i>0.06</i>	<i>0.04</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 29

Matriz de normalización de pares del parámetro Pendiente del terreno

<i>PENDIENTE DEL TERRENO</i>	<i>< 4°</i>	<i>4° - 15°</i>	<i>15° - 50°</i>	<i>50° - 75°</i>	<i>> 75°</i>	<i>Vector Priorización</i>
------------------------------	----------------	-----------------	------------------	------------------	-----------------	----------------------------

< 4°	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375	0.487
4° - 15°	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292	0.272
15° - 50°	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208	0.137
50° - 75°	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083	0.066
> 75°	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042	0.038

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro N° 30
Índice (IC) y relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de Análisis Jerárquico para el
Parámetro de Pendiente del terreno

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.021</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.019</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.7.1.3 Parámetro: Unidades Geomorfológicas

Cuadro 31
Matriz de comparación de pares del Parámetro Unidades Geomorfológicas

<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>Cauce de rio</i>	<i>Terraza Aluvial</i>	<i>Abanico y pedemonte</i>	<i>Superficie de flujo piroclástico</i>	<i>Montaña de roca sedimentaria</i>
<i>Cauce de rio</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>4.00</i>	<i>6.00</i>	<i>9.00</i>
<i>Terraza Aluvial</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>4.00</i>	<i>6.00</i>
<i>Abanico y piedemonte</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>4.00</i>
<i>Superficie de flujo piroclástico</i>	<i>0.17</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>
<i>Montaña de roca sedimentaria</i>	<i>0.11</i>	<i>0.17</i>	<i>0.25</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>
<i>SUMA</i>	<i>1.86</i>	<i>4.75</i>	<i>8.58</i>	<i>14.33</i>	<i>23.00</i>
<i>1/SUMA</i>	<i>0.54</i>	<i>0.21</i>	<i>0.12</i>	<i>0.07</i>	<i>0.04</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 32
Matriz de normalización de pares del Parámetro Unidades Geomorfológicas

<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	<i>Cauce de rio</i>	<i>Terraza Aluvial</i>	<i>Abanico y piedemonte</i>	<i>Superficie de flujo piroclástico</i>	<i>Montaña de roca sedimentaria</i>	<i>Cauce de rio</i>
<i>Cauce de rio</i>	0.537	0.632	0.466	0.419	0.391	0.489
<i>Terraza Aluvial</i>	0.179	0.211	0.350	0.279	0.261	0.256
<i>Abanico y piedemonte</i>	0.134	0.070	0.117	0.209	0.174	0.141
<i>Superficie de flujo piroclástico</i>	0.090	0.053	0.039	0.070	0.130	0.076
<i>Montaña de roca sedimentaria</i>	0.060	0.035	0.029	0.023	0.043	0.038

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 33
Índice (IC) y relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de Análisis Jerárquico para el
Parámetro de Unidades Geomorfológicas

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.054</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.048</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.7.1.4 Parámetro: Unidades Geológicas

Cuadro 34
Matriz de comparación de pares del Parámetro Unidades Geológicas

<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>	<i>DEPOSITO FLUVIAL</i>	<i>DEPOSITO ALUVIAL</i>	<i>VILCARANI EVENTO 2</i>	<i>VILCARANI EVENTO 1</i>	<i>FORMACION MURCO</i>
<i>DEPOSITO FLUVIAL</i>	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
<i>DEPOSITO ALUVIAL</i>	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00
<i>VILCARANI EVENTO 2</i>	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
<i>VILCARANI EVENTO 1</i>	0.13	0.25	0.33	1.00	3.00
<i>FORMACION MURCO</i>	0.11	0.13	0.25	0.33	1.00
<i>SUMA</i>	1.82	4.71	8.58	14.33	24.00
<i>1/SUMA</i>	0.55	0.21	0.12	0.07	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 35
Matriz de normalización de pares del Parámetro Unidades Geológicas

<i>UNIDADES GEOLÓGICAS</i>	<i>DEPOSITO FLUVIAL</i>	<i>DEPOSITO ALUVIAL</i>	<i>VILCARANI EVENTO 2</i>	<i>VILCARANI EVENTO 1</i>	<i>FORMACION MURCO</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>DEPOSITO FLUVIAL</i>	0.550	0.637	0.466	0.419	0.333	0.481
<i>DEPOSITO ALUVIAL</i>	0.183	0.212	0.350	0.279	0.292	0.263
<i>VILCARANI EVENTO 2</i>	0.137	0.071	0.117	0.209	0.208	0.148
<i>VILCARANI EVENTO 1</i>	0.069	0.053	0.039	0.070	0.125	0.071
<i>FORMACION MURCO</i>	0.061	0.027	0.029	0.023	0.042	0.036

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 36
Índice (IC) y relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de Análisis Jerárquico para el Parámetro de Unidades Geológicas.

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	0.041
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	0.037

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.7.2. ANÁLISIS DE FACTORES DESENCADENANTES

Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

7.7.2.1. Parámetro: Precipitación

Las precipitaciones son un factor determinante para la generación de erosión Fluviales. Los procedimientos para obtener el mapa temático de precipitaciones se detallaron en subtítulos anteriores.

Cuadro 37
Rangos de precipitación empleados para el modelo de Umbrales de Precipitación

<i>UMBRALES DE PRECIPITACIÓN</i>	<i>Extremadament e lluvioso: (RR>70.4 mm)</i>	<i>Muy lluvioso: (35.4<RR≤70.4 mm)</i>	<i>Lluvioso: (25.0<RR≤35.4 mm)</i>	<i>Moderadamente lluvioso: (14.4<RR≤25.0 mm)</i>	<i>Ligeramente lluvioso: RR/día≤75p (RR≤14.4)</i>
<i>Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm)</i>	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
<i>Muy lluvioso: (35.4<RR≤70.4 mm)</i>	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00
<i>Lluvioso: (25.0<RR≤35.4 mm)</i>	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
<i>Moderadamente lluvioso: (14.4<RR≤25.0 mm)</i>	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
<i>Ligeramente lluvioso: RR/día≤75p (RR≤14.4)</i>	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
<i>SUMA</i>	1.84	4.73	8.58	15.33	24.00
<i>1/SUMA</i>	0.54	0.21	0.12	0.07	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Se proceden a realizar los cálculos para generar la matriz de normalización de pares que nos mostrará el vector priorización (peso ponderado) que nos indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno natural objeto del análisis de riesgo.

Cuadro 38
Matriz de normalización de pares del parámetro Umbrales de Precipitación

<i>UMBRALES DE PRECIPITACIÓN</i>	<i>Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm)</i>	<i>Muy lluvioso: (35.4<RR≤70.4 mm)</i>	<i>Lluvioso: (25.0<RR≤35.4 mm)</i>	<i>Moderadamente lluvioso: (14.4<RR≤25.0 mm)</i>	<i>Ligeramente lluvioso: RR/día≤75p (RR≤14.4)</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>Extremadamente lluvioso: (RR>70.4 mm)</i>	0.544	0.635	0.466	0.457	0.375	0.495

<i>Muy lluvioso:</i> <i>(35.4 < RR ≤ 70.4 mm)</i>	<i>0.181</i>	<i>0.212</i>	<i>0.350</i>	<i>0.261</i>	<i>0.292</i>	<i>0.259</i>
<i>Lluvioso:</i> <i>(25.0 < RR ≤ 35.4 mm)</i>	<i>0.136</i>	<i>0.071</i>	<i>0.117</i>	<i>0.196</i>	<i>0.167</i>	<i>0.137</i>
<i>Moderadamente</i> <i>lluvioso:</i> <i>(14.4 < RR ≤ 25.0 mm)</i>	<i>0.078</i>	<i>0.053</i>	<i>0.039</i>	<i>0.065</i>	<i>0.125</i>	<i>0.072</i>
<i>Ligeramente lluvioso:</i> <i>RR/día ≤ 75p (RR ≤ 14.4)</i>	<i>0.060</i>	<i>0.030</i>	<i>0.029</i>	<i>0.022</i>	<i>0.042</i>	<i>0.037</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

CALCULO DE RELACION DE CONSISTENCIA (RC)

Este coeficiente debe ser menor al 10% ($RC < 0.1$), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Cuadro 39 **Índice (IC) y relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de Análisis Jerárquico para el** **Parámetro de Umbrales de Precipitación**

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.050</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.045</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.8. ANÁLISIS DE FACTORES DESENCADENANTES

Se ha considerado el escenario:

Ante la presencia de una precipitación extremadamente lluvioso ($RR > 70.4$ mm/día); se producirá fuerte caudal del río Apurímac, que ocasionara una erosión probable del área de influencia, producto de pendiente de terreno menor a 5° grados (plano o casi a nivel); de las unidades geomorfológicas de Vertiente piedemonte aluvio-torrencial, llanura de inundación, de unidades geológicas de depósitos fluviales, se produciría una erosión fluvial de área erosionada mayor a 2.50m, que ocasionara severos daños y pérdidas probables en los elementos expuestos en la dimensión social, económica y ambiental, en los sectores de Wichaypampa, provincia de Cotabambas, departamento del Apurímac.

7.9. NIVELES DEL PELIGRO

En el siguiente cuadro, se muestran los procedimientos del análisis jerárquico para obtener los niveles de peligro y sus respectivos rangos.

Cuadro 40
Cálculo de Rangos del Parámetro de Evaluación

NIVEL	RANGO			
MUY ALTA	0.375	\leq	P	\leq 0.461
ALTA	0.275	\leq	P	$<$ 0.375
MEDIA	0.154	\leq	P	$<$ 0.275
BAJA	0.037	\leq	P	$<$ 0.154

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

7.10. ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGROS

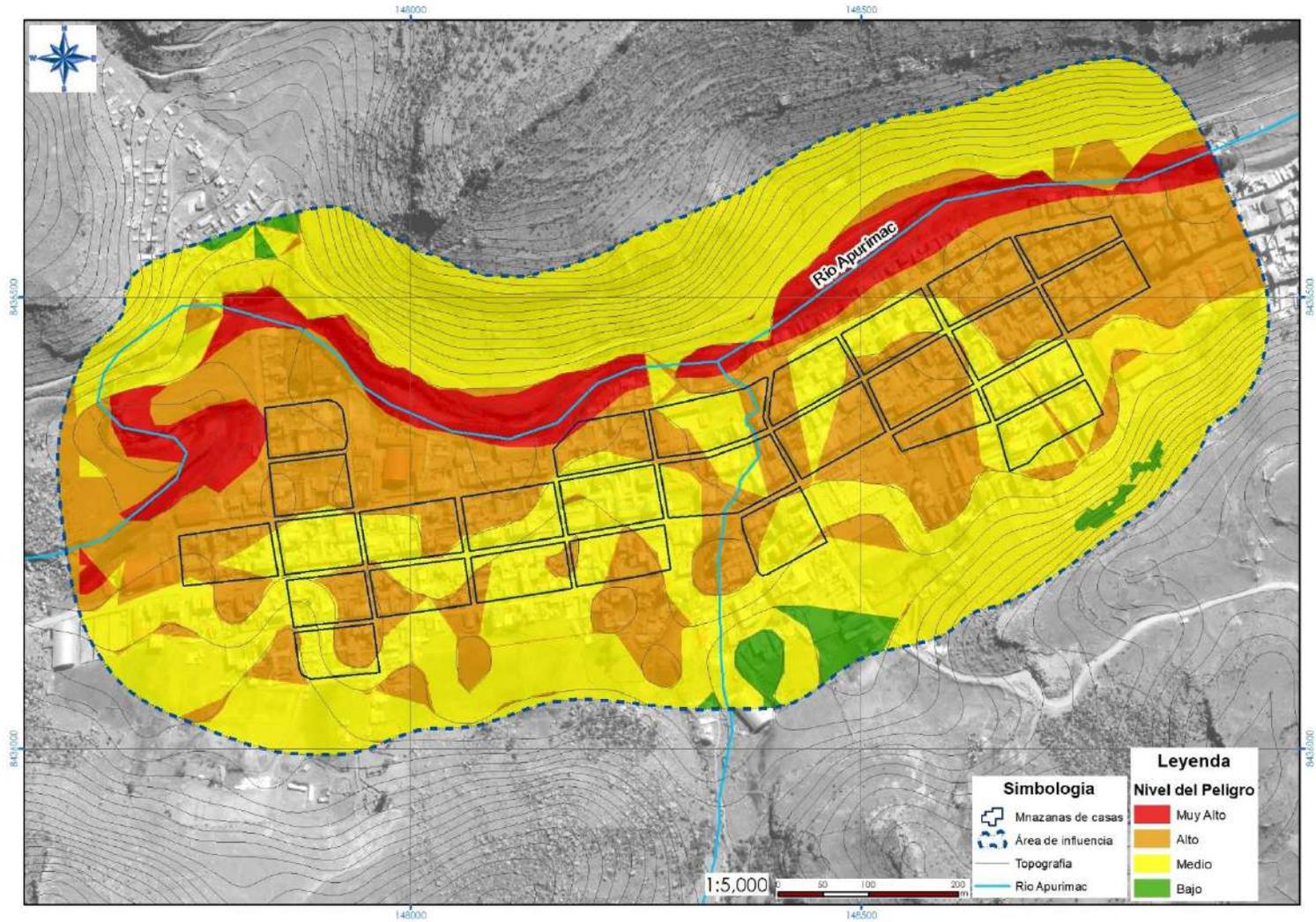
En el siguiente cuadro se muestra la matriz de estratificación del nivel de peligros obtenidos:

Cuadro 41
Matriz de Peligro

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGOS
Peligro muy alto	Caudal máximo mayor a 150m ³ /s, con área erosionada mayor a 80 m ² , con una unidad geomorfológica de cauce de río, con una pendiente menor a 5°, ubicado dentro de la faja marginal.	$0.375 \leq P \leq 0.461$
Peligro alto	Caudal máximo mayor a 150 m ³ /s, con un área erosionada entre 40 a 60 m ² , con una unidad geomorfológica de cauce de río y terraza aluvial, con una pendiente menor a 5°, con cercanía menor a 10 metros de la faja marginal.	$0.275 \leq P < 0.375$
Peligro medio	Caudal máximo mayor a 150 m ³ /s con un área erosionada entre 30 a 40 m ² , con una unidad geomorfológica de cauce de río y terraza aluvial, con una pendiente menor a 7°, con cercanía menor a 20 metros la faja marginal.	$0.154 \leq P < 0.275$
Peligro bajo	Caudal máximo mayor a 150 m ³ /s, con un área erosionada menor a 10 m ² , con una unidad geomorfológica de terraza aluvial, abanico coluvio–deluvial, superficie de flujo piroclástico y montaña de roca sedimentaria.	$0.037 \leq P < 0.154$

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Figura 17: Mapa de peligro



Nota: elaboración propia

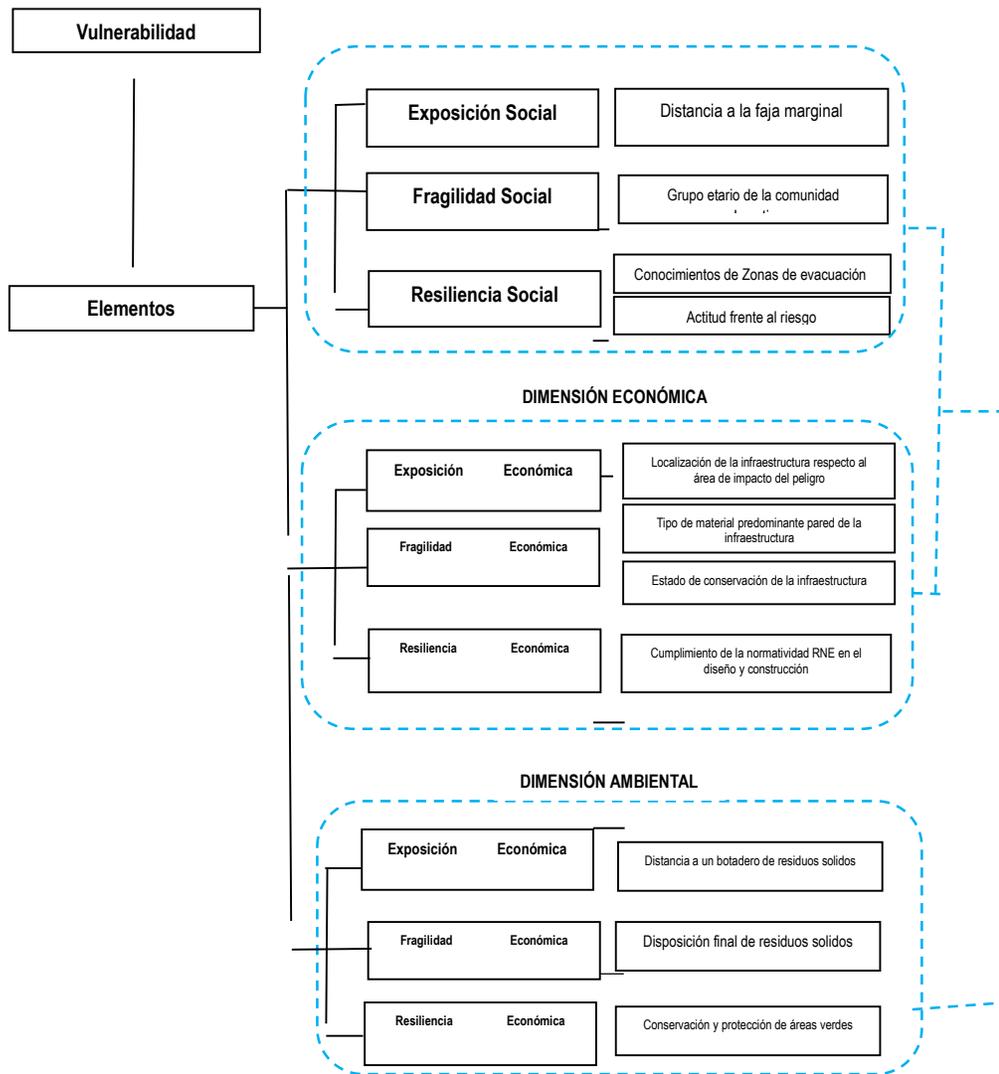
CAPITULO VIII ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

8.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

8.1.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Para efectos de analizar la vulnerabilidad de los elementos expuestos respecto al ámbito de estudio, se ha desarrollado la siguiente metodología.

Figura 18: Metodología para el análisis de la vulnerabilidad



Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.2. VULNERABILIDAD EN DIMENSIÓN SOCIAL

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social, se evaluaron los siguientes parámetros:

Cuadro 42
Parámetros a utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social

<i>Dimensión Social</i>		
<i>Exposición</i>	<i>Fragilidad</i>	<i>Resiliencia</i>
<i>Distancia a la faja marginal</i>	<i>Grupo etario de la comunidad educativa</i>	<i>Conocimiento de zonas de evacuación</i>
-	-	<i>Actitud frente al riesgo</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.2.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN EN LA DIMENSIÓN SOCIAL

8.2.1.1 Parámetro: Distancia a la faja marginal

Cuadro 43
Matriz de comparación de pares del parámetro Distancia a la faja marginal

<i>Distancia a la faja marginal</i>	<i><20m</i>	<i>20m - 30m</i>	<i>30m - 40m</i>	<i>40m - 50m</i>	<i>> 50m</i>
<i><20m</i>	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
<i>20m - 30m</i>	0.33	1.00	2.00	3.00	7.00
<i>30m - 40m</i>	0.20	0.50	1.00	2.00	3.00
<i>40m - 50m</i>	0.14	0.33	0.50	1.00	5.00
<i>> 50m</i>	0.11	0.14	0.33	0.20	1.00
SUMA	1.79	4.98	8.83	13.20	25.00
1/SUMA	0.56	0.20	0.11	0.08	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 44
Matriz de normalización del parámetro Distancia a la faja marginal

Distancia a la faja marginal	<20m	20m - 30m	30m - 40m	40m - 50m	> 50m	Vector Priorización
<20m	0.56	0.60	0.57	0.53	0.36	0.524
20m - 30m	0.19	0.20	0.23	0.23	0.28	0.224
30m - 40m	0.11	0.10	0.11	0.15	0.12	0.119
40m - 50m	0.08	0.07	0.06	0.08	0.20	0.096
> 50m	0.06	0.03	0.04	0.02	0.04	0.037

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 45
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Distancia a la faja marginal

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.056
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1(*)	RC	0.050

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.2.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN SOCIAL

Cuadro 46
Parámetros de la fragilidad social

Fragilidad Social	Peso
Grupo etario de la Población	1.00

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

a. Parámetro: Grupo de edades de la Población

Cuadro 47.
Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etario

Grupo etario de la comunidad educativa	<i>Menor a 20 años y mayores a 60 años</i>	<i>De 50 a 60 años</i>	<i>De 40 a 50 años</i>	<i>De 30 a 40 años</i>	<i>De 20 a 30 años</i>
<i>Menor a 20 años y mayores a 60 años</i>	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
<i>De 50 a 60 años</i>	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
<i>De 40 a 50 años</i>	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
<i>De 30 a 40 años</i>	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
<i>De 20 a 30 años</i>	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 48
Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo Etario

Grupo etario de la comunidad educativa	<i>Menor a 20 años y mayores a 60 años</i>	<i>De 50 a 60 años</i>	<i>De 40 a 50 años</i>	<i>De 30 a 40 años</i>	<i>De 20 a 30 años</i>	Vector Priorización
<i>Menor a 20 años y mayores a 60 años</i>	0.512	0.544	0.524	0.429	0.360	0.474
<i>De 50 a 60 años</i>	0.256	0.272	0.315	0.306	0.280	0.286
<i>De 40 a 50 años</i>	0.102	0.091	0.105	0.184	0.200	0.136
<i>De 30 a 40 años</i>	0.073	0.054	0.035	0.061	0.120	0.069
<i>De 20 a 30 años</i>	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 49

Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Grupo Etario

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	0.047
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1(*)</i>	<i>RC</i>	0.043

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.2.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN SOCIAL

Cuadro 50
Parámetros de la resiliencia social

<i>Resiliencia social</i>	<i>Peso</i>
<i>Actitud frente al riesgo</i>	0.5
<i>Conocimiento sobre la ruta de evacuación</i>	0.5

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

a. Parámetro: Actitud frente al riesgo

Cuadro 51
Matriz de comparación de pares del parámetro actitud frente al riesgo

<i>ACTITUD FRENTE AL RIESGO</i>	<i>Actitud fatalista</i>	<i>Escasamente previsora</i>	<i>Parcialmente previsora sin medidas para prevenir</i>	<i>Parcialmente previsora con medidas para prevenir</i>	<i>Actitud previsora</i>
<i>Actitud fatalista</i>	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
<i>Escasamente previsora</i>	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
<i>Parcialmente previsora sin medidas para prevenir</i>	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
<i>Parcialmente previsora con medidas para prevenir</i>	0.20	0.33	0.50	1.00	5.00
<i>Actitud previsora</i>	0.14	0.20	0.33	0.20	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.20	21.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 52
Matriz de normalización de pares del parámetro actitud frente al riesgo

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	<i>Actitud fatalista</i>	<i>Escasamente previsor</i>	<i>Parcialmente previsor sin medidas para prevenir</i>	<i>Parcialmente previsor con medidas para prevenir</i>	<i>Actitud previsor</i>	Vector Priorización
<i>Actitud fatalista</i>	0.460	0.496	0.439	0.446	0.333	0.435
<i>Escasamente previsor</i>	0.230	0.248	0.293	0.268	0.238	0.255
<i>Parcialmente previsor sin medidas para prevenir</i>	0.153	0.124	0.146	0.179	0.143	0.149
<i>Parcialmente previsor con medidas para prevenir</i>	0.092	0.083	0.073	0.089	0.238	0.115
<i>Actitud previsor</i>	0.066	0.050	0.049	0.018	0.048	0.046

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 53
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro actitud frente al riesgo

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.051
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1(*)	RC	0.046

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

b. Parámetro: Conocimiento sobre la ruta de evacuación

Cuadro 54
Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento sobre la ruta de evacuación

CONOCIMIENTO SOBRE LA RUTA DE EVACUACIÓN	<i>Desconocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Básico conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Intermedio conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación y lo aplica</i>
<i>Desconocimiento de la ruta de evacuación</i>	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
<i>Básico conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00

<i>Intermedio conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación y lo aplica</i>	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.68	7.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.13	0.07	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 55
Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimiento sobre la ruta de evacuación

CONOCIMIENTO SOBRE LA RUTA DE EVACUACIÓN	<i>Desconocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Básico conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Intermedio conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación</i>	<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación y lo aplica</i>	Vector Priorización
<i>Desconocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
<i>Básico conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
<i>Intermedio conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación</i>	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
<i>Avanzado conocimiento de la ruta de evacuación y lo aplica</i>	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	0.040

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 56
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Conocimiento sobre la ruta de evacuación

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.049</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1(*)</i>	<i>RC</i>	<i>0.044</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.3. VULNERABILIDAD EN DIMENSIÓN ECONOMICA

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión económica, se evaluaron los siguientes parámetros

Cuadro 57
Parámetros a utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión social

<i>Dimensión Económica</i>		
<i>Exposición</i>	<i>Fragilidad</i>	<i>Resiliencia</i>
<i>Localización de la infraestructura respecto al área</i>	<i>Tipo de material predominante pared de la infraestructura</i>	<i>Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción</i>
-	<i>Estado de conservación de la infraestructura</i>	-

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.3.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN EN LA DIMENSIÓN ECONOMICA

a. Parámetro: localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro

Cuadro 58
Matriz de comparación de pares del parámetro localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro

<i>Localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro</i>	<i>Muy cercana</i>	<i>Cerca</i>	<i>Medianamente cercano</i>	<i>Alejado</i>	<i>Muy alejado</i>
<i>Muy cercana</i>	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
<i>Cerca</i>	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
<i>Medianamente cercano</i>	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
<i>Alejado</i>	0.17	0.25	0.33	1.00	5.00
<i>Muy alejado</i>	0.13	0.17	0.20	0.20	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.53	14.20	25.00

I/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04
---------------	------	------	------	------	------

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 59
Matriz de normalización de pares del parámetro localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro

Localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro	Medianamente cercano					Vector Priorización
	<i>Muy cercana</i>	<i>Cerca</i>	<i>Medianamente cercano</i>	<i>Alejado</i>	<i>Muy alejado</i>	
<i>Muy cercana</i>	0.490	0.511	0.531	0.423	0.320	0.455
<i>Cerca</i>	0.245	0.255	0.265	0.282	0.240	0.257
<i>Medianamente cercano</i>	0.122	0.128	0.133	0.211	0.200	0.159
<i>Alejado</i>	0.082	0.064	0.044	0.070	0.200	0.092
<i>Muy alejado</i>	0.061	0.043	0.027	0.014	0.040	0.037

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 60
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.070
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)	RC	0.062

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.3.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

Cuadro 61
Parámetros de la fragilidad económica

Fragilidad económica	Peso
<i>Tipo de material predominante pared de la infraestructura</i>	0.5
<i>Estado de conservación de la infraestructura</i>	0.5

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

a. Parámetro: Tipo de material predominante en la edificación

Cuadro 62
Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de material predominante pared de la infraestructura

<i>Tipo de material predominante pared de la infraestructura</i>	<i>Vidrio</i>	<i>Drywall</i>	<i>Adobe</i>	<i>Ladrillo o bloque de cemento</i>	<i>Concreto armado</i>
<i>Vidrio</i>	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
<i>Drywall</i>	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
<i>Adobe</i>	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
<i>Ladrillo o bloque de cemento</i>	0.14	0.20	0.33	1.00	4.00
<i>Concreto armado</i>	0.13	0.17	0.25	0.25	1.00
SUMA	1.97	3.70	9.58	16.25	23.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 63
Matriz de normalización de pares del parámetro Tipo de material predominante pared de la infraestructura

<i>Tipo de material predominante pared de la infraestructura</i>	<i>Vidrio</i>	<i>Drywall</i>	<i>Adobe</i>	<i>Ladrillo o bloque de cemento</i>	<i>Concreto armado</i>	Vector Priorización
<i>Vidrio</i>	0.508	0.541	0.522	0.431	0.348	0.470
<i>Drywall</i>	0.254	0.270	0.313	0.308	0.261	0.281
<i>Adobe</i>	0.102	0.090	0.104	0.185	0.174	0.131
<i>Ladrillo o bloque de cemento</i>	0.073	0.054	0.035	0.062	0.174	0.079
<i>Concreto armado</i>	0.064	0.045	0.026	0.015	0.043	0.039

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 64
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Tipo de material predominante pared de la infraestructura

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.074
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)	RC	0.066

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

b. Parámetro: Estado de conservación de la Infraestructura

Cuadro 65
Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación de la infraestructura

<i>Estado de conservación de la infraestructura</i>	<i>Muy malo</i>	<i>Malo</i>	<i>Regular</i>	<i>Bueno</i>	<i>Muy bueno</i>
<i>Muy malo</i>	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
<i>Malo</i>	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
<i>Regular</i>	0.25	0.33	1.00	4.00	5.00
<i>Bueno</i>	0.17	0.20	0.25	1.00	3.00
<i>Muy bueno</i>	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.68	8.45	16.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.06	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 66
Matriz de normalización de pares del parámetro estado de conservación de la infraestructura

<i>Estado de conservación de la infraestructura</i>	<i>Muy malo</i>	<i>Malo</i>	<i>Regular</i>	<i>Bueno</i>	<i>Muy bueno</i>	Véctor Priorización
<i>Muy malo</i>	0.537	0.642	0.473	0.367	0.360	0.476
<i>Malo</i>	0.179	0.214	0.355	0.306	0.280	0.267
<i>Regular</i>	0.134	0.071	0.118	0.245	0.200	0.154
<i>Bueno</i>	0.090	0.043	0.030	0.061	0.120	0.069

<i>Muy bueno</i>	<i>0.060</i>	<i>0.031</i>	<i>0.024</i>	<i>0.020</i>	<i>0.040</i>	<i>0.035</i>
------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 67
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro estado de conservación de la infraestructura

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.073</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)</i>	<i>RC</i>	<i>0.065</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.3.3 ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA EN LA DIMENSIÓN ECONÓMICA.

Cuadro 68
Parámetros de la resiliencia económica

<i>Resiliencia Económica</i>	<i>Peso</i>
<i>Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción</i>	<i>1.00</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

a. Parámetro: Cumplimiento con el reglamento nacional de infraestructura

Cuadro 69
Matriz de comparación de pares del parámetro Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción

<i>Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción</i>	<i>No cumple con el RNE</i>	<i>Cumplimiento escaso del RNE</i>	<i>Cumple parcialmente el RNE</i>	<i>Cumple con casi todo el RNE</i>	<i>Cumplimiento total del RNE</i>
<i>No cumple con el RNE</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>	<i>5.00</i>	<i>7.00</i>	<i>8.00</i>
<i>Cumplimiento escaso del RNE</i>	<i>0.50</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>5.00</i>	<i>7.00</i>
<i>Cumple parcialmente el RNE</i>	<i>0.20</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>	<i>6.00</i>
<i>Cumple con casi todo el RNE</i>	<i>0.14</i>	<i>0.20</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>	<i>3.00</i>
<i>Cumplimiento total del RNE</i>	<i>0.13</i>	<i>0.14</i>	<i>0.17</i>	<i>0.33</i>	<i>1.00</i>
<i>SUMA</i>	<i>1.97</i>	<i>3.68</i>	<i>9.50</i>	<i>16.33</i>	<i>25.00</i>

<i>I/SUMA</i>	<i>0.51</i>	<i>0.27</i>	<i>0.11</i>	<i>0.06</i>	<i>0.04</i>
----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 70
Matriz de normalización de pares del parámetro Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción

<i>Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción</i>	<i>No cumple con el RNE</i>	<i>Cumplimiento escaso del RNE</i>	<i>Cumple parcialmente el RNE</i>	<i>Cumple con casi todo el RNE</i>	<i>Cumplimiento total del RNE</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>No cumple con el RNE</i>	<i>0.508</i>	<i>0.544</i>	<i>0.526</i>	<i>0.429</i>	<i>0.320</i>	<i>0.465</i>
<i>Cumplimiento escaso del RNE</i>	<i>0.254</i>	<i>0.272</i>	<i>0.316</i>	<i>0.306</i>	<i>0.280</i>	<i>0.286</i>
<i>Cumple parcialmente el RNE</i>	<i>0.102</i>	<i>0.091</i>	<i>0.105</i>	<i>0.184</i>	<i>0.240</i>	<i>0.144</i>
<i>Cumple con casi todo el RNE</i>	<i>0.073</i>	<i>0.054</i>	<i>0.035</i>	<i>0.061</i>	<i>0.120</i>	<i>0.069</i>
<i>Cumplimiento total del RNE</i>	<i>0.064</i>	<i>0.039</i>	<i>0.018</i>	<i>0.020</i>	<i>0.040</i>	<i>0.036</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 71
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Cumplimiento de la normatividad RNE en el diseño y construcción

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	<i>0.060</i>
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)</i>	<i>RC</i>	<i>0.054</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.4. VULNERABILIDAD EN LA DIMENSION AMBIENTAL

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión ambiental, se evaluaron los siguientes parámetros

Cuadro 72
Parámetros a utilizar en los factores exposición, fragilidad y resiliencia de la dimensión ambiental

<i>Dimensión Ambiental</i>		
<i>Exposición</i>	<i>Fragilidad</i>	<i>Resiliencia</i>
<i>Distancia a un botadero de residuos solidos</i>	<i>Disposicion final de residuos solidos</i>	<i>Conservación y protección de áreas verdes</i>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.4.1. ANALISIS EN LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL

a. Parámetro: Distancia a un botadero de residuos solidos

Cuadro 73
Matriz de comparación de pares del parámetro Distancia a un botadero de residuos solidos

<i>Distancia a un botadero de Residuos Solidos</i>	<i>Menor de 50 m</i>	<i>De 50 m a 150 m</i>	<i>De 150 m a 350 m</i>	<i>De 350 m a 500 m</i>	<i>Mayor de 500 m</i>
<i>Menor de 50 m</i>	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
<i>De 50 m a 150 m</i>	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
<i>De 150 m a 350 m</i>	0.25	0.50	1.00	3.00	7.00
<i>De 350 m a 500 m</i>	0.17	0.25	0.33	1.00	5.00
<i>Mayor de 500 m</i>	0.13	0.17	0.14	0.20	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.48	14.20	27.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 74
Matriz de normalización de pares del parámetro Distancia a un botadero de residuos sólido

<i>Distancia a un botadero de Residuos Sólidos</i>	<i>Menor de 50 m</i>	<i>De 50 m a 150 m</i>	<i>De 150 m a 350 m</i>	<i>De 350 m a 500 m</i>	<i>Mayor de 500 m</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>Menor de 50 m</i>	0.490	0.511	0.535	0.423	0.296	0.451
<i>De 50 m a 150 m</i>	0.245	0.255	0.268	0.282	0.222	0.254
<i>De 150 m a 350 m</i>	0.122	0.128	0.134	0.211	0.259	0.171
<i>De 350 m a 500 m</i>	0.082	0.064	0.045	0.070	0.185	0.089
<i>Mayor de 500 m</i>	0.061	0.043	0.019	0.014	0.037	0.035

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 75
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Distancia a un botadero de residuos sólido

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.075
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)	RC	0.067

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

a. Parámetro: Disposición final de Residuos Sólidos

Cuadro 76
Matriz de comparación de pares del parámetro disposición final de residuos sólidos

<i>Disposición final de Residuos Sólidos</i>	<i>Desechar en río</i>	<i>Quema de residuos sólidos</i>	<i>Desechar en vías y calles</i>	<i>Desechar en botaderos</i>	<i>Carro recolector</i>
<i>Desechar en río</i>	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
<i>Quema de residuos sólidos</i>	0.50	1.00	3.00	5.00	6.00
<i>Desechar en vías y calles</i>	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
<i>Desechar en botaderos</i>	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
<i>Carro recolector</i>	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.97	3.70	9.58	16.50	21.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.05

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 77
Matriz de normalización de pares del parámetro disposición final de residuos solidos

<i>Disposición final de Residuos Solidos</i>	<i>Desechar en rio</i>	<i>Quema de residuos solidos</i>	<i>Desechar en vías y calles</i>	<i>Desechar en botaderos</i>	<i>Carro recolector</i>	<i>Vector Priorización</i>
<i>Desechar en rio</i>	0.508	0.541	0.522	0.424	0.381	0.475
<i>Quema de residuos solidos</i>	0.254	0.270	0.313	0.303	0.286	0.285
<i>Desechar en vías y calles</i>	0.102	0.090	0.104	0.182	0.190	0.134
<i>Desechar en botaderos</i>	0.073	0.054	0.035	0.061	0.095	0.063
<i>Carro recolector</i>	0.064	0.045	0.026	0.030	0.048	0.043

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 78
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro disposición final de residuos solidos

<i>INDICE DE CONSISTENCIA</i>	<i>IC</i>	0.034
<i>RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)</i>	<i>RC</i>	0.031

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

b. Parámetro: Conservación y protección de áreas verdes

Cuadro 79
Matriz de comparación de pares del parámetro Conservación y protección de áreas verdes

<i>Conservación y protección de áreas verdes</i>	<i>Degrada el suelo para uso residencial</i>	<i>Conserva y protege el suelo</i>	<i>Ornamentación y jardinería</i>	<i>Revegetación y reforestación</i>	<i>Conservación de especies nativas</i>
<i>Degrada el suelo para uso residencial</i>	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
<i>Conserva y protege el suelo</i>	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
<i>Ornamentación y jardinería</i>	0.20	0.33	1.00	3.00	6.00
<i>Revegetación y reforestación</i>	0.14	0.20	0.33	1.00	4.00

<i>Conservación de especies nativas</i>	0.13	0.14	0.17	0.25	1.00
SUMA	1.97	3.68	9.50	16.25	26.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.11	0.06	0.04

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 80
Matriz de normalización de pares del parámetro Conservación y protección de áreas verdes

Conservación y protección de áreas verdes	<i>Degrada el suelo para uso residencial</i>	<i>Conservación y protege el suelo</i>	<i>Ornamentación y jardinería</i>	<i>Revegetación y reforestación</i>	<i>Conservación de especies nativas</i>	Vector Priorización
<i>Degrada el suelo para uso residencial</i>	0.508	0.544	0.526	0.431	0.308	0.463
<i>Conserva y protege el suelo</i>	0.254	0.272	0.316	0.308	0.269	0.284
<i>Ornamentación y jardinería</i>	0.102	0.091	0.105	0.185	0.231	0.143
<i>Revegetación y reforestación</i>	0.073	0.054	0.035	0.062	0.154	0.075
<i>Conservación de especies nativas</i>	0.064	0.039	0.018	0.015	0.038	0.035

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Cuadro 81
Índice (IC) y Relación de consistencia (RC) del parámetro Conservación y protección de áreas verdes

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.077
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (+)	RC	0.069

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.5. ESTRATIFICACION DE LA VULNERABILIDAD

Cuadro 82
Cuadro de estratificación de la vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Muy Alta	<p>DIMENSION SOCIAL: Exposición: <20m de la faja marginal que habita. Fragilidad: Es vulnerable el grupo etario de menores a 20 y mayores a 60 años de la comunidad educativa. Resiliencia: Son vulnerables la población dentro de la infraestructura con una actitud fatalista frente al peligro, así mismo un desconocimiento de la ruta de evacuación.</p> <p>DIMENSION ECONOMICA: Exposición: La localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro se encuentra muy cercano. Fragilidad: En la infraestructura el material predominante de las paredes es de vidrio, el estado de conservación de la infraestructura es mala. Resiliencia: No cumple el reglamento nacional de edificaciones RNE.</p> <p>DIMENSION AMBIENTAL: Exposición: La infraestructura se encuentra a una distancia menor de 50 metros frente a un botadero de residuos sólidos. Fragilidad: La disposición final de residuos sólidos que genera la comunidad educativa es al río. Resiliencia: En la conservación y protección de áreas verdes se degradada el suelo para uso residencial.</p>	$0.261 \leq V \leq 0.480$
Alta	<p>DIMENSION SOCIAL: Exposición: 20m - 30m de la faja marginal que habita. Fragilidad: Es vulnerable el grupo etario de 50 a 60 años de la comunidad educativa. Resiliencia: Son vulnerables la población dentro de la infraestructura con una actitud escasamente previsora frente al peligro, así mismo un básico conocimiento de la ruta de evacuación.</p> <p>DIMENSION ECONOMICA: Exposición: La localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro se encuentra cerca. Fragilidad: En la infraestructura el material predominante de las paredes es drywall, el estado de conservación de la infraestructura es regular. Resiliencia: Cumplimiento escaso del reglamento nacional de edificaciones RNE.</p> <p>DIMENSION AMBIENTAL: Exposición: la infraestructura se encuentra a una distancia de 50 a 150 metros a un botadero de residuos sólidos. Fragilidad: la disposición final de residuos sólidos que genera la comunidad educativa es quemada. Resiliencia: En la conservación y protección de áreas verdes se conserva y protege el suelo.</p>	$0.138 \leq V < 0.261$
Media	<p>DIMENSION SOCIAL: Exposición: 30m - 40m de la faja marginal que habita. Fragilidad: Es vulnerable el grupo etario de 40 a 50 años de la comunidad educativa. Resiliencia: Son vulnerables la población dentro de la infraestructura con una actitud parcialmente previsora con medidas para prevenir frente al peligro, así mismo un intermedio conocimiento de las rutas de evacuación.</p> <p>DIMENSION ECONOMICA: Exposición: La localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro se encuentra alejado. Fragilidad: En la infraestructura el material predominante de las paredes es de ladrillo y bloque de cemento, el estado de conservación de la infraestructura es bueno. Resiliencia: Cumple con casi todo el reglamento nacional de edificaciones RNE.</p>	$0.084 \leq V < 0.138$

	<p>DIMENSION AMBIENTAL: Exposición: La infraestructura se encuentra a una distancia entre 150 a 350 metros a un botadero de residuos sólidos. Fragilidad: La disposición final de residuos sólidos que genera la comunidad educativa es en vías y calles. Resiliencia: En la conservación y protección de áreas verdes se tiene ornamentación y jardinería en la infraestructura.</p>	
Baja	<p>DIMENSION SOCIAL: Exposición: 40m - 50m de la faja marginal que habita. Fragilidad: Es vulnerable el grupo etario menor de 40 y mayor de 20 años de la comunidad educativa. Resiliencia: Son vulnerables la población dentro de la infraestructura con una actitud previsoras frente al peligro, así mismo un avanzado conocimiento de las rutas de evacuación y lo aplica.</p> <p>DIMENSION ECONOMICA: Exposición: La localización de la infraestructura respecto al área de impacto del peligro se encuentra muy alejado. Fragilidad: En la infraestructura el material predominante de las paredes es de concreto armado, el estado de conservación de la infraestructura es muy bueno. Resiliencia: Cumplimiento total con el reglamento nacional de edificaciones RNE.</p> <p>DIMENSION AMBIENTAL: Exposición: La infraestructura se encuentra a una distancia mayor a 500 metros a un botadero de residuos sólidos. Fragilidad: La disposición final de residuos sólidos que genera la comunidad educativa es en el carro recolector. Resiliencia: En la conservación y protección de áreas verdes se realiza reforestación.</p>	<p>0.037 ≤ V < 0.084</p>

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

8.6. NIVELES DE LA VULNERABILIDAD

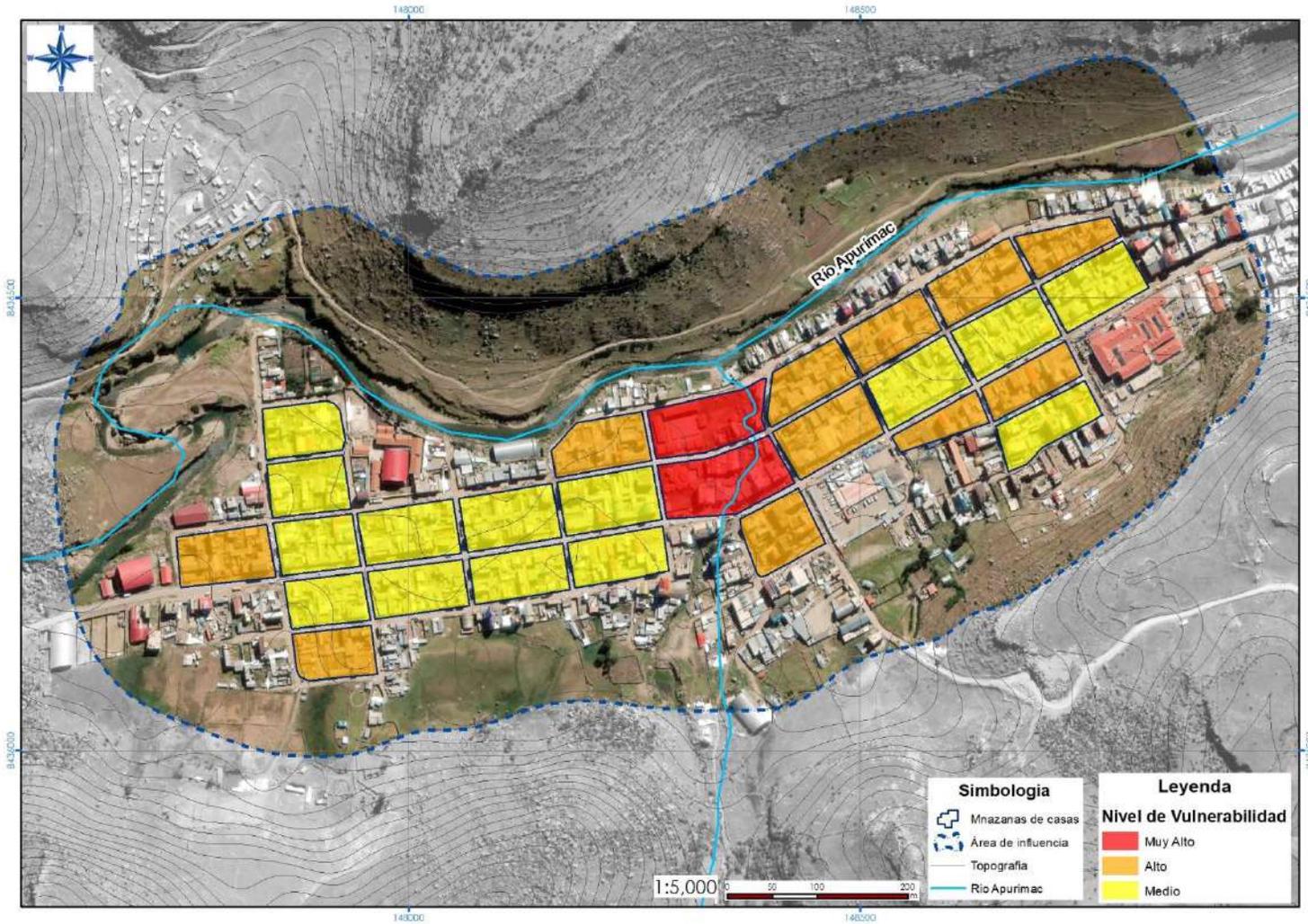
En el siguiente Cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 83
Matriz de niveles de vulnerabilidad

NIVEL	RANGO		
MUY ALTA	0.261	≤ V ≤	0.480
ALTA	0.138	≤ V <	0.261
MEDIA	0.084	≤ V <	0.138
BAJA	0.037	≤ V <	0.084

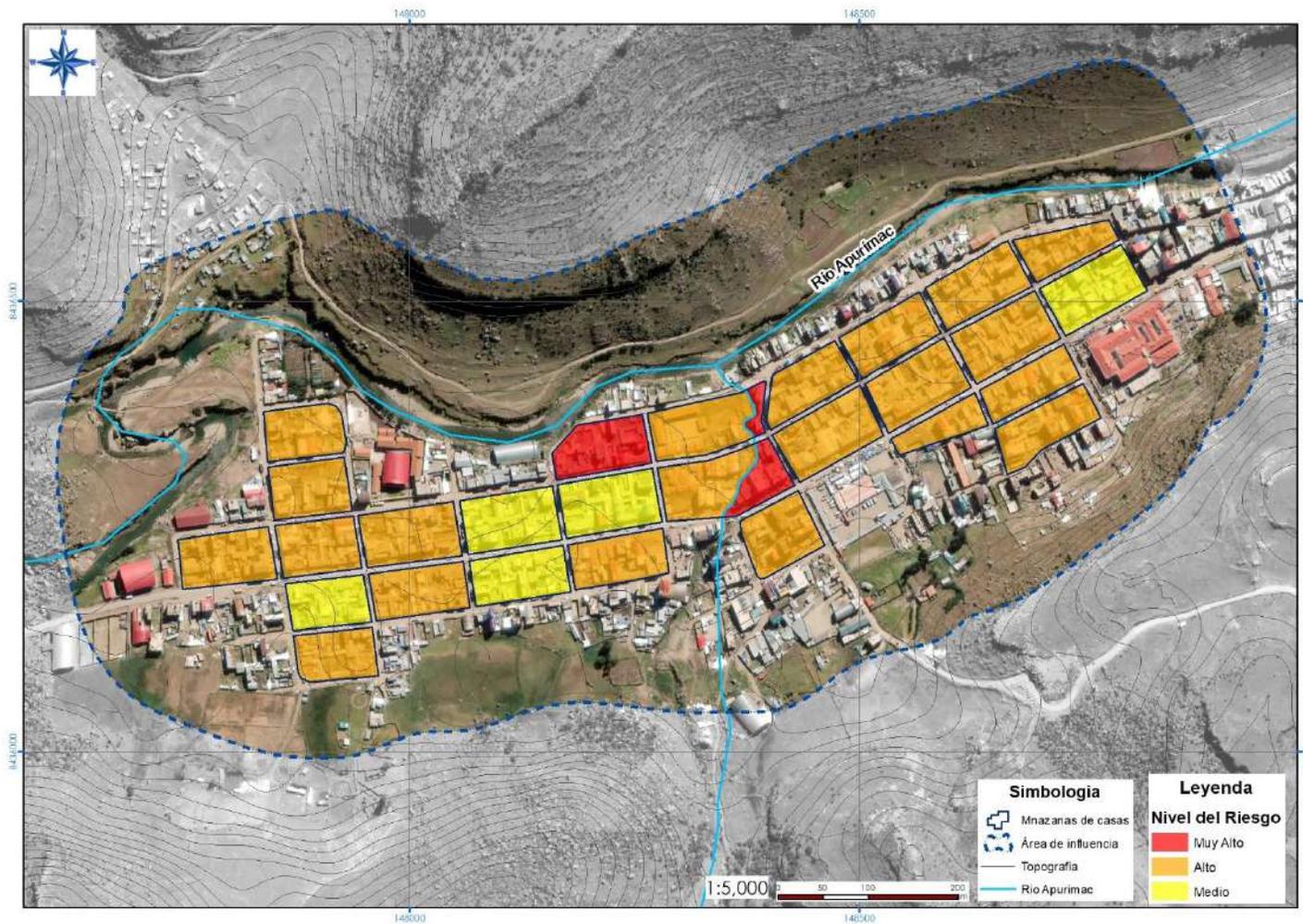
Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Figura 19: Mapa de vulnerabilidad



Nota: elaboración propia

Figura 20: Mapa de Riesgo



Nota: elaboración propia

CAPITULO IX: CONTROL DEL RIESGO

9.1. COSTO EFECTIVIDAD

Según la información determinada por el equipo consultor y el análisis del equipo técnico del proyecto se determinó el cuadro donde se muestra el costo de **perdidas probables** de **S/.12'084 094.00 soles** y el costo de **medidas de reducción** de **S/. 25,500.00 soles**, por lo tanto, los proyectos de medidas estructurales y no estructurales para la reducción de riesgos del proyecto es **viable**.

9.2. CONTROL DE RIESGOS

9.2.1 PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN

Cuadro 84
Prioridad de intervención

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

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Se ha determinado nivel de riesgo es **MEDIO** ante Erosión Fluvial en el área de influencia de Wichaypampa, el nivel de aceptabilidad y tolerancia del riesgo identificado es tolerable de lo cual se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos ante Erosión Fluvial. Se obtiene que el nivel de priorización es de II (tolerable), de lo cual constituye el soporte para el manejo de

actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la prevención y/o reducción del riesgo de desastres.

9.3 ACEPTABILIDAD / TOLERABILIDAD

9.3.1 VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS

Cuadro 85
Valoración de consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alto	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alto	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo, (La emergencia debe ser gestionada con INDECI a través de su DDI para tener acceso a herramientas y recursos para poder atender la emergencia).
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Del cuadro anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles, posee el nivel 2 – Medio

9.4. VALORACIÓN DE FRECUENCIA

El historial de precipitaciones según los datos meteorológicos, el cual indica una precipitación muy lluviosa, **siendo esta anomalía de periodo de tiempo largo.**

Cuadro 86
Valoración de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alto	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alto	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias. (Según la consulta de campo, las precipitaciones extremas no se han dado hasta la actualidad, pero se estima que se podría dar en tiempos largos)
1	Bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

Del cuadro anterior, se obtiene que el evento de inundación fluvial, puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias, posee el nivel 2 - Medio.

9.5. NIVEL DE CONSECUENCIA Y DAÑOS

Cuadro 87
Nivel de consecuencia y daños

NIVEL DE CONSECUENCIA Y DAÑOS					
CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy Alta	4	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Alta	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: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de **MEDIA**.

9.6. ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA

Cuadro 88
Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos. (Es necesario intervenir con obras de orden estructural () y no estructurales (Capacitaciones en GRD).
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

En base a los ajustes en los puntos anteriores se concluye **TOLERABLE** el riesgo por Erosión Fluvial en el área del sector de Wichaypampa, en vista que se deben desarrollar actividades para el manejo y reducción de riesgos.

La matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo se indica a continuación:

Cuadro 89
Nivel de matriz de consecuencia y tolerancia del riesgo

Matriz de consecuencias y tolerancia del riesgo			
Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Nota: elaboración propia, adaptado del CENEPRED

CONCLUSIONES

- Debido a la condición de cercanía a la faja marginal, pendiente, unidades geológicas y unidades geomorfológicas a causa de las crecidas de los ríos con caudales máximos genera estos fenómenos de erosión fluvial dentro de área de estudio, en mayor parte está en PELIGRO ALTO en el área de influencia del río Challhuahuacho y sus afluentes en el sector comprendido entre la Av. Sulfubamba y la Av. 18 De Julio I centro recreacional en el anexo unión lomas. Las 7 manzanas que se ubican en la faja marginal se encuentran en zona intangible, en la cual está prohibida la ocupación poblacional, de acuerdo a lo establecido en la Ley. N°30556: Aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del Gobierno Nacional frente a desastres y que dispone la creación de la autoridad para la reconstrucción con cambios y en el Decreto Supremo. N°094 2018-PCM: Texto Único Ordenado de la Ley N° 30556 - Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del Gobierno Nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios
- El área de influencia del Del Río Challhuahuacho Y Sus Afluentes En El Sector Comprendido Entre La Av. Sulfubamba Y La Av. 18 De Julio, distrito de Challhuahuacho, se encuentra expuesto a un nivel alto y medio frente al peligro erosión fluvial. Las 7 viviendas ubicadas en la faja marginal se encuentran en zona de riesgo no mitigable, según lo establecido en la Resolución ministerial 061-2018 VIVIENDA y en el SIGRID.
El análisis de las fuentes de información primaria (encuestas hechas en campo referente a las infraestructuras que se construirán), han permitido concluir que la vulnerabilidad en el área de estudio de 27 manzanas, presenta 2 manzanas en un nivel de VULNERABILIDAD

MUY ALTA, 11 manzanas en un nivel de VULNERABILIDAD ALTA y 14 manzanas con VULNERABILIDAD MEDIA

- Se propone enfatizar en el proyecto de inversión el componente Defensa Ribereña para el sector de wichaypampa. Las dimensiones se realizarán respetando las normativas vigentes del RNE IS.010, esta acción hará que el Nivel de Riesgo disminuya enfatizando en la Descolmatación en la margen izquierda Crear el proyecto de prevención y disminución de los riesgos de desastre frente a los diferentes fenómenos naturales que se puedan identificar en el sector de wichaypampa e implementar actividades de reforzamiento de competencias organizativas en asunto de gestión prospectiva, correctiva y reactiva de los riesgos de desastre.

RECOMENDACIONES

- Organizar y socializar con la municipalidad de Challhuahuacho acciones de priorización y la asignación de medios presupuestales donde se concreten las medidas de naturaleza estructural y no estructural de prevención y disminución de los riesgos
- Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la población involucrada y que pueda realizarse la evacuación de las posibles zonas que pueden resultar afectadas.
- Organizar y realizar simulacros de evacuación ante dicho evento, a fin de incrementar acciones de respuesta en la población presente en las riberas del río Challhuahuacho

BIBLIOGRAFIA

CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE DESASTRES. (2017).

Manual para la evaluación de riesgos por sismos. Lima. (1era edición). Lima.

CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE DESASTRES (2017).

Escenario de Riesgo por Sismo y Tsunami para Lima Metropolitana y la Provincia constitucional del Callao. Lima.

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRESCISMID (2005). Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en 42 distritos de Lima y Callao: Ayuda Memoria. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de ingeniería Civil. Lima.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2020). Sismos (terremotos y temblores). Lima. CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.*

Versión 02. | SIGRID. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigriv3/documento/257>

Abaurrea, J., Lamata, E. Á., & Asín, J. (2020). Evaluación, frente a Hirlam-02, de las predicciones de ocurrencia de lluvia de un modelo estadístico de precipitación diaria. *Undefined.*

INGEMMET Mapa geológico a escala 1: 50 000, del cuadrángulo de Santo Tomas (29r- 4).

Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED), 2014. Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión.

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: Terrazas de depósitos aluviales, con depósitos fluviales muestran la altura donde llega el río en temporada de lluvia margen izquierda (fotografía tomada en tiempo de estiaje).



Fotografía 2: Parte de la geomorfología de la zona de estudio, terrazas aluviales, con evidencias del flujo piroclástico.



Fotografía 3: Depósitos aluviales y fluviales, en afluente del río Apurímac, causando erosión fluvial en las casas aledañas, margen derecha.



Fotografía 4: Viviendas expuestas en afluente del río Apurímac.



Fotografía 5: Depósitos fluvio-aluviales sobre los cuales se encuentran construidas las viviendas en Wichaypampa.



Fotografía 6: Erosión fluvial en la ribera del río Apurímac comprometiendo severamente a las viviendas cercanas al río margen derecha.



Fotografía 7: Erosión fluvial en la ribera del río Apurímac comprometiendo severamente a las viviendas cercanas al río margen derecha.



Fotografía 8: Erosión fluvial en la ribera del río Apurímac comprometiendo severamente a las viviendas cercanas al río margen derecha.
