



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO**  
**AZOGUINI – REGIÓN PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. EVELYN GINA LOPEZ FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*Este trabajo va dedicado de manera especial:*

*Dios:*

*Por ser mi padre y confidente y regalarme cada día de vida para cumplir cada una de mis metas.*

*A mis Padres; Elsa FLORES CHURATA, que es una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte todo lo que me has ofrecido, y no sé dónde me encontraría de no ser por tus ayudas, compañía y tu amor; Santos Domingo LOPEZ ESCOBAR, aunque mi padre no este físicamente con nosotros pero su recuerdo a un vive en mí, por inculcarme lo valores y principios haber confiado en mí siempre; a la vez haber sido un gran ejemplo, gracias a ello he alcanzado mis metas con mucho orgullo les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su gran apoyo, respeto, amor y cariño.*

*A mi hermana, Miriam, mi sobrino Aarón, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.*

*De igual forma, agradezco a mi Director de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.*

***Evelyn Gina LOPEZ FLORES.***



## AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

A mi Alma Mater, “**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**”, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica; por la formación Académico Profesional brindada.

A mi asesor el M. Sc. Georges Florencio LLERENA PEREDO , asesor externo el Ing. Newton V. MACHACA CUSILAYME; a los miembros del respetable Jurado de este Proyecto de Tesis M. Sc. JAIME CESAR RODRIGO MARTINEZ, Ing. DANY EVANGELINA ALAVE CHATA, Ing. RONALD QUIZA VILCA por su predisposición, observaciones, correcciones, sugerencias, críticas y demás, para la realización de este proyecto de tesis, por el preciado aporte en el ANÁLISIS DE RESULTADOS ya que sin ellos no hubiera sido posible la realización del mismo.

*Evelyn Gina LOPEZ FLORES.*



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABLAS**

**ACRÓNIMOS**

**RESUMEN .....16**

**ABSTRACT.....17**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 GENERALIDADES.....18**

1.2 Planteamiento Del Problema .....20

1.2.1 Identificación Del Problema .....20

1.2.2 Formulación Del Problema.....20

1.3 Antecedentes .....22

**1.4 HIPÓTESIS.....23**

1.4.1 Hipótesis General.....23

1.4.2 Hipótesis Específicas .....23

**1.5 OBJETIVOS.....23**

1.5.1 Objetivo General.....23

1.6.2 Objetivos Especificos. ....23

**1.6 JUSTIFICACIÓN.....24**

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1 Riesgos Geológicos.....25

2.2 Importancia De La Evaluación De Riesgos .....26

2.2.1 Evaluación Cuantitativa Y Cualitativa .....27

2.2.2 Estimación De Riesgos .....29

2.3 Peligros Generados Por Fenomenos De Geodinamica Externa.....31

2.3.1 Movimientos De Masa.....31



2.3.2 Tipos De Movimientos En Masa .....	31
2.3.3 Erosión De Suelos.....	39
2.3.4 Erosión Hídrica .....	40
2.4 Peligros Generados Por Fenomenos De Geodinamica Interna.....	41
2.4.1 Sismicidad.....	41
2.4.2 El Peligro De Los Sismos .....	41
2.4.3 Sismicidad En La Región Puno .....	41
2.5 Parámetros De Evaluación.....	44
2.5.1 Peligro.....	44
2.5.2 Matriz De Riesgo .....	46
2.5.3 Susceptibilidad.....	49
2.5.3.1 Factores Condicionantes .....	49
2.5.4 Vulnerabilidad .....	50
2.5.5 Análisis De Los Factores De La Vulnerabilidad .....	50
2.5.5.1 Factores De La Vulnerabilidad: Exposición, Fragilidad Y Resiliencia.....	50
2.5.5.2 Exposición .....	50
2.5.5.3 Fragilidad.....	50
2.5.5.4 Resiliencia.....	51
2.6 Terminología.....	52

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 Metodología De La Investigacion.....	55
3.2 Recopilación Y Revisión De Información Bibliográfica.....	55
3.3 Trabajo De Campo.....	55
3.4 Trabajo De Gabinete .....	56
3.4.1 Evaluación De Mapas.....	56
3.4.2 Redacción Del Documento Final.....	56
3.5 Instrumentos Equipos Y Materiales.....	56
3.6 Metodología De Análisis Jerárquico.....	57

### **CAPÍTULO IV**

#### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

4.1 Ubicación Y Accesibilidad .....	59
-------------------------------------	----



4.1.1	Clima.....	60
4.1.2	Flora.....	62
4.1.3	Fauna.....	63
4.1.4	Población.....	63
4.2	Geología Regional.....	65
4.2.1	Estratigrafía.....	65
4.2.2	Paleozoico.....	66
4.2.2.1	Grupo Cabanillas.....	66
4.2.2.2	Grupo Ambo.....	66
4.2.2.3	Grupo Tarma.....	67
4.2.2.4	Grupo Copacabana.....	67
4.2.2.5	Grupo Mitú.....	67
4.2.3	Mesozoica.....	68
4.2.3.1	Formación Muni.....	68
4.2.3.2	Formación Sipín.....	68
4.2.3.3	Grupo Moho.....	69
4.2.3.4	Formación Huancané.....	69
4.2.3.5	Grupo Cotacucho.....	70
4.2.3.6	Formación Vilquechico.....	70
4.2.3.7	Formación Muñani.....	70
4.2.4	Cenozoica.....	71
4.2.4.1	Grupo Puno.....	71
4.2.4.2	Formación Azángaro.....	71
4.2.4.3	Depósitos Aluviales.....	71
4.2.4.4	Depósitos Lacustres.....	72
4.3	Geología Local.....	74
4.3.1	Formación Ayabacas (Kis-Ay).....	74
4.3.2	Grupo Puno (P-Pu).....	76
4.3.3	Grupo Tacaza (Pn-Ta).....	78
4.3.4	Formación Vilquechico (Ks-Vi).....	79
4.3.5	Cuaternario Aluviales (Qh-Al).....	80
4.4	Geomorfología Regional.....	82



4.5 Geomorfología Local.....	82
4.6 Topografía.....	82
4.7 Relieve Y Pendientes.....	82
4.7.1 Relieve.....	83
4.7.2 Terrazas.....	84
4.7.3 Sistema Montañoso.....	84
4.7.3.1 Colinas.....	85
4.8 Hidrogeología.....	87
4.9 Sistema Antrópico.....	87
4.10 Geología Estructural.....	88
4.10.1 Tectónica Regional.....	88
4.10.2 Tectónica.....	89
4.10.2.1 Tectónica Local.....	89
4.10.3 Sistema De Estructurales.....	89
4.10.3.1 Diaclasamiento.....	90
4.10.3.2 Discordancia.....	90
4.10.3.3 Contactos.....	90
4.11 Geotecnia.....	91
4.11.1 Mecánica De Suelos.....	91
4.11.2 Clasificación De Los Suelos.....	92
4.11.3 Macizos Rocosos.....	92
4.11.3.1 Clasificación Rmr (Bieniawski, 1973).....	93
4.11.3.2 Índice De Calidad De La Roca Rqd.....	95

## **CAPITULO V**

### **EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS EXISTENTES ENTRE LOS RIESGOS**

##### **GEOLÓGICOS Y LOS DESASTRES EN EL CERRO AZOGUINI.....96**

5.1.1 Identificación Factores Condicionantes Y Desencadenantes De Riesgo Geológico.96

5.1.2 Identificación De Factores De Deslizamientos Y/O Riesgo Geológico. ....98

#### **5.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA ZONA**

##### **POBLACIONAL Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS FENÓMENOS**

**NATURALES.....99**



5.2.1 Peligros Por Fenómeno Natural .....	99
5.2.2 Peligros Generados Por Fenómeno De Geodinámica Externa .....	102
5.2.3 Evaluación Por Descenso De Temperatura .....	104
5.2.4 Susceptibilidad.....	106
5.2.5 Factores Condicionantes .....	109
5.2.6 Factores Desencadenantes .....	110
5.2.7 Definición De La Zonas De Peligro .....	111
5.2.7.1 Nivel De Peligrosidad Social .....	111
5.2.7.2 Nivel De Peligrosidad Económico.....	112
5.2.8 Niveles De Peligrosidad.....	113
5.2.9 Análisis De Vulnerabilidad.....	115
5.2.10 Análisis De Los Factores De La Vulnerabilidad .....	115
5.2.10.1 Exposición .....	115
5.2.10.2 Fragilidad .....	116
5.2.10.3 Resiliencia.....	116
5.2.11 Análisis De Los Elementos Expuestos Sociales Económicos Y Ambientales .....	116
5.2.11.1 Elementos Expuestos Sociales, Económicos Y Ambientales.....	116
5.2.11.2 Análisis De La Dimensión Social.....	117
5.2.11.2.1 Exposición Social .....	117
5.2.11.2.2 Fragilidad Social .....	117
5.2.11.2.3 Resiliencia Social.....	118
5.2.12 Análisis De La Dimensión Económica.....	118
5.2.12.1 Exposición Económica .....	118
5.2.12.2. Fragilidad Económica .....	119
5.2.12.3. Resiliencia Económica.....	120
5.2.13. Análisis De La Dimensión Ambiental .....	120
5.2.13.1. Exposición Ambiental.....	121
5.2.13.2. Fragilidad Ambiental .....	121
5.2.13.3. Resiliencia Ambiental.....	122
5.2.14. Determinación De Los Niveles De Vulnerabilidad .....	122
5.2.15 Identificación De Zonas De Riesgo Potencial Significativo .....	123
5.2.15.1 Matriz De Riesgo .....	123





5.2.16. Interpretación .....	124
5.2.17. Medidas De Control Y Prevención .....	127
5.2.18 Medidas De Control Y Preventivas Ante Desastres .....	128
5.2.18.1 Caída De Rocas.....	128
5.2.20 Erosion De Laderas.....	136
5.2.20.1 Principales Zonas De Peligro.....	136
5.2.21 Interpretación Evaluación De Riesgo .....	137
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>139</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>141</b>
<b>VIII.REFERENCIAS .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>148</b>

**Área:** Seguridad y Medio Ambiente.

**Tema:** Riesgos Geológicos.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 13 de enero del 2020.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Descripción	Pag.
<b>Figura 1:</b>	Plano Cartesiano en el Eje X y el Eje Y. ....	30
<b>Figura 2:</b>	Tipos de Caída de Rocas.....	33
<b>Figura 3:</b>	Esquema de los Tipos de Movimientos de los Bloques Realiza Sobre el Talud Dependiendo de su Pendiente y su Origen. ....	33
<b>Figura 4:</b>	(A Y B) Esquema del Vuelco en Bloque (de Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976) (C) Esquema de Vuelco por Flexión Según Corominas y Yagué (1997). ....	34
<b>Figura 5:</b>	Esquema de un Deslizamiento Traslacional, Llamado Resbalamiento y Corrimiento.....	35
<b>Figura 6:</b>	Erosión del Suelo por Efecto de las Lluvias. (Derpsch, 1991). ....	39
<b>Figura 7:</b>	Mapa de Zonificación de Acuerdo a la Norma E-030. ....	42
<b>Figura 8:</b>	Mapa Sísmico y Tectónico de la Región Puno. ....	43
<b>Figura 9:</b>	Clasificación de Peligros.....	44
<b>Figura 10:</b>	Clasificación de Peligros Originados por Fenómenos Naturales.....	45
<b>Figura 11:</b>	Factores que Explican la Vulnerabilidad (Von Hesse, 2010). ....	51
<b>Figura 12:</b>	Ciclograma de la Ciudad de Puno.....	61
<b>Figura 13:</b>	Parámetros Climáticos Promedios de la Ciudad de Puno.....	61
<b>Figura 14:</b>	Flora de la Zona. ....	62
<b>Figura 15:</b>	Fauna Silvestre (Lagidium Viscacia).....	63
<b>Figura 16:</b>	Número de Habitantes de la Región Puno. ....	64
<b>Figura 17:</b>	Clasificación de Población Según el Sexo.....	64
<b>Figura 18:</b>	Columna Estratigráfica Regional de Puno.....	73
<b>Figura 19:</b>	Formación Ayabacas.....	75



<b>Figura 20:</b> Grupo Puno. ....	77
<b>Figura 21:</b> Grupo Tacaza. ....	78
<b>Figura 22:</b> Formación Vilquechico.....	79
<b>Figura 23:</b> Terraza Volcánica.....	84
<b>Figura 24:</b> Zona de Contacto. ....	91
<b>Figura 25:</b> Estimación del Rqd a Partir de la Separación de las Fracturas en el Macizo Rocos.....	95
<b>Figura 26:</b> Peligrosidad Social. (Caída de Bloques de Rocas. Servicios Educativos Expuestos).....	111
<b>Figura 27:</b> Caída de Bloques de Rocas. Servicios de Edificaciones Expuestos.....	112
<b>Figura 28:</b> Caída de Bloques de Rocas. Servicios de Edificaciones Expuestos.....	112
<b>Figura 29:</b> En la Figura se Muestra los 350 Puntos Ploteados, Hemisferio Inferior, Proyección Ángulo Igual .....	130
<b>Figura 30:</b> Se Encontraron Cuatro Puntos o Etiquetas con una Agrupación, se Obtiene la Orientación de los Polos. ....	131
<b>Figura 31:</b> Análisis Cinemático Deslizamiento Plano con Pendiente $70^\circ$ .....	131
<b>Figura 32:</b> Plano de Roseta.....	132
<b>Figura 33:</b> Esquema de las Partes de un Anclaje.....	133
<b>Figura 34:</b> Geomallas. ....	134
<b>Figura 35:</b> Métodos de Estabilidad de Talud en Rocas (Mallas o Redes Metálicas). .	135



## ÍNDICE DE TABLAS

Número	Descripción	Pag.
<b>Tabla 1:</b>	Tipos de Análisis Cuantitativos de Peligros.....	28
<b>Tabla 2:</b>	Tipos de Movimiento en Masa.....	32
<b>Tabla 3:</b>	Escala de Clases de Velocidades para Movimientos en Masa.....	36
<b>Tabla 4:</b>	Importancia Destructiva Probable de los Movimientos en Masa.....	36
<b>Tabla 5:</b>	Términos Descriptivos de su Actividad.....	39
<b>Tabla 6:</b>	Método Simplificado para la Determinación del Nivel de Riesgo.....	46
<b>Tabla 7:</b>	Niveles de Riesgo.....	46
<b>Tabla 8:</b>	Matriz de Riesgo.....	47
<b>Tabla 9:</b>	Factores Condicionantes del Peligro.....	49
<b>Tabla 10:</b>	Ubicación Política del Área de Investigación.....	59
<b>Tabla 11:</b>	Vértices del Área de Investigación.....	59
<b>Tabla 12:</b>	Columna Estratigráfica Local de la Región Puno.....	81
<b>Tabla 13:</b>	Rango de Pendientes.....	83
<b>Tabla 14:</b>	Sistema y Unidades Geomorfológicas.....	86
<b>Tabla 15:</b>	Clasificación Rm.....	94
<b>Tabla 16:</b>	Escala de Intensidad de Mercalli Modificada, 1999.....	101
<b>Tabla 17:</b>	Parámetros de Erosión de Suelo.....	104
<b>Tabla 18:</b>	Evaluación por Descenso de Temperatura.....	105
<b>Tabla 19:</b>	Parámetros de Evaluación General.....	106
<b>Tabla 20:</b>	Matriz de Peligro.....	113
<b>Tabla 21:</b>	Exposición Social.....	117



<b>Tabla 22:</b> Fragilidad Social.....	117
<b>Tabla 23:</b> Resiliencia Social. ....	118
<b>Tabla 24:</b> Exposición Económica. ....	119
<b>Tabla 25:</b> Exposición Económica. ....	119
<b>Tabla 26:</b> Resiliencia Económica. ....	120
<b>Tabla 27:</b> Exposición Ambiental. ....	121
<b>Tabla 28:</b> Fragilidad Ambiental. ....	121
<b>Tabla 29:</b> Resiliencia Ambiental. ....	122
<b>Tabla 30:</b> Método Simplificado para la Determinación del Nivel de Riesgo.....	123
<b>Tabla 31:</b> Identificación del Peligro del Barrio Huáscar. ....	124
<b>Tabla 32:</b> Identificación del Peligro del Barrio las Cruces.....	125
<b>Tabla 33:</b> Identificación del Peligro del Barrio Miraflores. ....	126
<b>Tabla 34:</b> Principales Zonas de Peligros.....	136
<b>Tabla 35:</b> Evaluación de Riesgo. ....	137
<b>Tabla 36:</b> Descripción de Riesgos .....	137



## ACRÓNIMOS

### SIGLAS

<b>CENEPRED</b>	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de desastres.
<b>EIA</b>	: Evaluación de Impacto Ambiental.
<b>EPP</b>	: Equipo de protección personal.
<b>INGEMMET</b>	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
<b>MA</b>	: Millones de años.
<b>GPS</b>	: Sistema americano de navegación y localización mediante Satélites.
<b>GSI</b>	: Índice Geológico de Resistencia “Geological Strength Index”.
<b>INEI</b>	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
<b>INDECI</b>	: Instituto Nacional de Defensa Civil.
<b>IGP</b>	: Instituto Geofísico del Perú.
<b>IUGS</b>	: International Unión of Geological Sciences, Unión Internacional de Ciencias Geológicas.
<b>RQD</b>	: Índice de calidad de rocas “Rock Quality Designation”.
<b>SENAMHI</b>	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
<b>SINADECI</b>	: Sistema Nacional de Defensa Civil del Perú.
<b>SIGDA</b>	: Sistema de Información Geográfica de Arqueología.
<b>Cm</b>	: Centímetro.
<b>Km</b>	: Kilometro.
<b>M</b>	: Metros.
<b>Mm</b>	: Milímetros.
<b>m.s.n.m</b>	: Metros sobre el nivel del mar.
<b>L</b>	: Longitud.
<b>Seg</b>	: Segundos.
<b>Min</b>	: minutos.
<b>Hr</b>	: Hora.



## ABREVIATURAS

<b>Rie</b>	: Riesgo.
<b>F</b>	: En función.
<b>Pi</b>	: Peligro con la intensidad mayor o igual a $i$ durante un período de exposición $t$ .
<b>Ve</b>	: Vulnerabilidad de un elemento expuesto $e$ .
<b>V-C</b>	: Colinas.
<b>V- E</b>	: Escarpas.
<b>D – ca</b>	: Grupo Cabanillas.
<b>Ci – a</b>	: Grupo Ambo.
<b>Cs – t</b>	: Grupo Tarma.
<b>Pi – co</b>	: Grupo Copacabana.
<b>Pst – mi</b>	: Grupo Mitú.
<b>Jski – mu</b>	: Formación Muni.
<b>Js – si</b>	: Formación Sipin.
<b>Kis – mo</b>	: Grupo Moho.
<b>Ki – hn</b>	: Formación Huancané.
<b>Ks – vi</b>	: Formación Vilquechico.
<b>P – mu</b>	: Formación Muñani.
<b>Kis – ay</b>	: Formación Ayabacas.
<b>PN – ta</b>	: Grupo Tacaza.
<b>NQ- ba</b>	: Grupo Barroso.
<b>Qh – al</b>	: Depósitos Aluviales



## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal la búsqueda de evidencias de zonas vulnerables y de riesgos geológicos, este se encuentra ubicado en el distrito, provincia y Región Puno, principalmente en los barrios: Las Cruces, Miraflores y Huáscar. Dado que la inseguridad que enmarca estas zonas vulnerables y a los que está expuesta la población, el objetivo específico es evaluar el nivel de riesgo geológico como los movimientos en masa, así mismo poder establecer los desastres naturales evitando pérdidas materiales y sobre todo humanas. En la evaluación de riesgos se identificó la vulnerabilidad y peligro, basada en el método estadístico cualitativo para lo cual se realizó trabajos de campo y gabinete, en los que constan el cartografiado geológico, levantamiento topográfico, caracterizaciones del macizo rocoso, toma de muestras de roca y suelo para la realización de ensayos de laboratorio. El cual nos ayudó a definir el área como de vulnerabilidad alta muy alta, y peligro alto a muy alto por estar en una zona geológicamente inestable, Debido a esta problemática es que se plantea encontrar la relación que existe entre los fenómenos naturales y desastres que puedan ocurrir. Los riesgos geológicos fueron definidos como deslizamientos de rocas, de moderada a alta peligrosidad, llevando a cabo diferentes monitoreos y generando una base de datos de deslizamientos con sus evaluaciones de riesgo respectivos.

### **Palabras Claves**

Evaluación, mitigación, prevención, riesgos, vulnerabilidad.





## ABSTRACT

The main objective of this project is to search for evidence of vulnerable areas and geological risks. It is located in the district, province and region of Puno, mainly in the neighborhoods: Las Cruces, Miraflores and Huáscar. Given the insecurity that frames these vulnerable areas and to which the population is exposed, the specific objective is to evaluate the level of geological risk as mass movements, as well as to be able to establish natural disasters avoiding material losses and especially human ones. In the evaluation of risks the vulnerability and danger were identified, based on the qualitative statistical method for which field and cabinet works were carried out, in which the geological cartography, topographical survey, characterizations of the rocky mass, taking of rock and ground samples for the accomplishment of laboratory tests consist. This helped us to define the area as highly vulnerable, and high to very high danger for being in a geologically unstable area. Due to this problem is that it is proposed to find the relationship between natural phenomena and disasters that may occur. The geological risks were defined as rock slides, of moderate to high danger, carrying out different monitoring and generating a database of slides with their respective risk assessments.

### **Keywords**

Evaluation, mitigation, prevention, risks, vulnerability.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

Los fenómenos naturales en el Perú y a nivel mundial, tienen una amplia manifestación a lo largo y ancho del territorio debido a las características geológicas, geomorfológicas, climatológicas, etc., que determinan un comportamiento geodinámico muy activo: sismos, huaycos, deslizamientos, inundaciones, etc. La ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas son fenómenos sujetos a diferentes tipos de movimientos, velocidades, fallamientos, tipos de materiales, procesos geológicos, etc. Sin embargo en los últimos años la población ha cambiado su actitud en la forma de hacer frente a los desastres provocados por los riesgos naturales (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres - EIRD, 2004).

Los riesgos geológicos son fenómenos geodinámicas, componentes del geo-sistema natural, que en numerosas regiones de nuestro país que contribuyentes significativamente en la evolución del relieve y del paisaje.

Son por tanto procesos geomorfológicos naturales que ocurren en lugares caracterizados por unas condiciones medioambientales específicas. Son muy importantes en el ciclo de erosión - sedimentación, tanto en zonas montañosas (cordilleras, volcanes y cerros)

Como son procesos que tienen lugar en la superficie terrestre (lugar de ocupación y desarrollo de las principales actividades humanas) modificando más o menos bruscamente sus condiciones, están dentro los riesgos de origen geológico más extendidos en el mundo. Causan cada año miles de millones de soles de pérdidas y miles de muertos y heridos.

Los deslizamientos, flujos, desprendimientos, etc. Representan un componente importante en muchos grandes desastres y son los responsables de perdidas, así que el daño



producido por movimientos de ladera habitualmente sea incluido en los informes de pérdidas de los procesos que los desencadenaron. Estos son generalmente los terremotos, lluvias intensas o prolongadas.

Los niveles de riesgos no solo dependen de los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad y exposición de los centros urbanos y rurales, su localización en pie de cerro, cercanía a fallas geológicas, etc., así como la fragilidad del tipo de infraestructura de material utilizado en sus construcciones precario o noble utilizado como vivienda, y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural.

La valorización de los daños y pérdidas económicas y/o sociales debida a los movimientos de masa (deslizamientos, desprendimientos, flujos, etc.) se realiza generalmente a partir de los desastres ya ocurridos, una se han producido los daños. Esta situación es consecuencia de la gran dificultad que entraña, en comparación con otros tipos de riesgos geológicos, la evaluación de vulnerabilidad o grado de daño potencial que puedan causar los procesos según el tipo de característica de los elemento que puedan ser afectados (población, infraestructura, edificios ,personas, bienes, etc.). Por lo tanto aún no se ha desarrollado una metodología suficiente válida para el cálculo de los riesgos potenciales asociados a estos eventos.

Como resultado se obtuvo una carta de riesgos naturales y se sugiere su aplicación en la preparación de planes y programas de prevención y corrección de riesgos naturales y en la organización de programas de gestión de las emergencias.

La zonificación de los riesgos servirá como un instrumento de gestión territorial por parte del Gobierno Regional, Provincial y Local para la elaboración e implementación del



plan de Acondicionamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Ordenamiento Territorial, etc., que ayudaran a un desarrollo sostenible.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Identificación Del Problema**

Nuestro país muchas veces ha sido y seguimos siendo afectados por los diferentes fenómenos y desastres naturales, los que han ocasionado innumerables pérdidas de vidas humanas, economía, agricultura y demás. Pese a las mejoras realizadas en el reconocimiento, la predicción, y medidas mitigación, de la implementación de los sistemas de alerta temprana, las pérdidas económicas y los accidentes producen un impacto negativo en diferentes zonas a lo largo del territorio causando la degradación ambiental. El incremento de la población en la zona de estudio y la mayor complejidad de nuestra sociedad comporta una mayor extensión de las áreas de altos riesgos naturales haciendo que cada vez más se ocupen áreas susceptibles de riesgos naturales. Este Proyecto de Investigación **Plantea encontrar la relación que existe entre los factores de riesgo y los desastres que puedan ocurrir en la zona de estudio**, el cual requerirá de dinamismo e impulso de la inversión estatal así como la privada, que sin duda es y será un factor preponderante en nuestras perspectivas de mejoramiento de conocimientos, crecimiento científico y otros, de acuerdo a lo ya mencionado.

### **1.2.2 Formulación del problema**

La búsqueda de conocimientos e implementación de estudios sobre estos temas, han incrementado la demanda por parte de inversión nacional y extranjera, así mismo la economía nacional se encuentra invirtiendo y tratando de resolver estos problemas que afectan principalmente a nuestra economía, cabe mencionar que anteriormente la crisis



económica que sufría nuestro país no ha permitido anteriormente que se desarrollen estudios geológicos sobre estos problemas que son muy frecuentes y que afectan en demasía a nuestro país.

Ahora y motivados por la necesidad, es que decidimos realizar estudios de esta índole a nivel nacional; este Proyecto de investigación se encuentra enmarcado dentro de la distrito, provincia y Región Puno.

Para el estudio de este Proyecto se requiere de comprobación y sustento de carácter científico, ya que entendemos que no es suficiente con información referencial, es por ello el motivo de estudio de este Proyecto. Este Proyecto nos ayudará a determinar, prevenir y mitigar la relación que existe entre los desprendimientos de rocas y los desastres que puedan causar en la zona de estudio; a la vez caracterizar y categorizar el tipo de riesgo que existe.

Los trabajos realizados dentro de la zona de estudio, han sido en su mayoría trabajos de campo, el que comprendió; cartografiado geológico, recolección de muestras para análisis geoquímico, recolección de datos estructurales, elaboración de mapas y elaboración de informes finales.

Para resolver el problema de la presente investigación nos formulamos la siguiente interrogante:

- ¿Cuáles son los niveles de riesgo existentes en el cerro Azoguini – Región Puno?
- ¿Cuáles son las circunstancias de vulnerabilidad a identificar zonas de áreas de riesgo y la expansión urbana y esto contribuirá a la prevención de eventos geológicos naturales?



### 1.3 ANTECEDENTES

Actualmente las fuentes de información pública no disponen de datos específicos del área de estudio a excepción de estudios regionales realizados por el instituto geológico minero metalúrgico **INGEMMET**: Desprendimiento y caída y de rocas en los años 1980 – 1981, en el barrio Miraflores específicamente en los jirones Agustín Gamarra con Circunvalación, Piura y por último Circunvalación, afectando viviendas y causando pérdidas materiales. (*Fuente* testimonios de los damnificados). **Sr. José CHOQUE RIOS.DNI. 01221988, Sra. Honorata ESCOBAR CALCINA, Sr. Clemente FLORES LLANOS DNI: 01200112.**

La Subgerencia Regional de Defensa Nacional lanza alerta de peligro sobre deslizamiento de rocas y tierra en los barrios de Miraflores y Alto Bellavista Segunda Etapa de la ciudad de Puno. La causa son las continuas precipitaciones pluviales, convirtiéndose en un peligro inminente para las familias que viven en estos sectores.

**10 de Marzo del 2017;** En el Barrio Miraflores el deslizamiento de rocas y tierra se registró entre el Jirón Piura y la Avenida Circunvalación, “Hemos encontrado rocas sueltas, una turba en la circunvalación norte, además de fallas en el muro de contención y material suelto en diferentes partes que han provocado el deslizamiento de tierras y rocas en esta temporada de lluvias”, declaró el responsable del Área de Operaciones de la Sub Gerencia de Defensa Nacional y Civil del Gobierno Regional de Puno Ing. José Marón Vásquez.



## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Para el desarrollo de la presente investigación nos planteamos la presente hipótesis:

- En la evaluación de riesgos geológicos se obtendrá la relación existente entre el entendimiento de los desastres naturales y el análisis de riesgo que nos apoyaran a evaluar el nivel de riesgo geológico y vulnerabilidad a la que está expuesta la población de Puno.

### **1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Con los estudios se identificarán los riesgos geológicos que afectan la zona de estudio, evaluando la tolerancia del peligro identificado.
- Al evaluar las posibles causas de vulnerabilidad de la zona poblacional e el comportamiento de los fenómenos naturales.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar los riesgos geológicos del cerro Azoguini – Región Puno que nos ayude a establecer las medidas de prevención y minimizar los desastres ocasionados por los fenómenos naturales.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Identificar los riesgos geológicos que afectan la zona de estudio, evaluando la tolerancia del peligro de acuerdo a cada peligro identificado.
- Evaluar la vulnerabilidad de la zona poblacional y el comportamiento de los fenómenos naturales.



## 1.6 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto nos ayudará a descifrar los aspectos geológicos y geotécnicos con el fin de determinar el grado y nivel de riesgos ocasionados por desastres naturales.

Este proyecto de investigación está basado en resolver problemas de información al ciudadano al momento del desarrollo del diseño urbanístico, por el Municipio de Puno al no contar con la evaluación de riesgos geológicos. La responsabilidad de la evaluación de riesgos está a cargo de organismos integrados de la función ejecutiva del sistema nacional de gestión de riesgos de desastres; así como la presidencia del consejo de ministros en su conducción de ente rector, ministerios, gobiernos regionales y locales, públicos y privados a nivel nacional.

Sin embargo sabemos que el interés por estas es mínimo casi nulo, es por ello la realización de este proyecto de investigación.





## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 RIESGOS GEOLÓGICOS

Un riesgo se refiere a las condiciones, procesos, fenómenos o eventos que debido a su localización y frecuencia pueden causar heridas, enfermedades o la muerte de seres humanos, y provocar daños al medio ambiente, daños materiales. Un riesgo geológico es aquel riesgo provocado por fenómenos naturales. Los riesgos geológicos son los que causan mayores catástrofes naturales y con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como de bienes, es necesario conocer su comportamiento y su distribución en el territorio. (Servicio Geológico Mexicano 2017).

Los riesgos geológicos se clasifican en tres grupos:

1. Los originados directamente por la dinámica de los procesos geológicos internos (volcanes, terremotos y tsunamis).
2. Los derivados directamente de la dinámica de los procesos geológicos externos (inundaciones y movimientos gravitacionales).
3. Los riesgos geológicos inducidos provocados por la intervención y modificación directa del ser humano sobre el medio geológico o la dinámica de diversos procesos geológicos naturales.

Cada uno de los riesgos se estudia con el propósito de determinar sus causas, su alcance y evaluar su peligrosidad; herramientas que permitirán efectuar una ordenación adecuada de las actividades a realizar en territorios afectados por estos fenómenos,



estableciendo medidas preventivas o correctivas para evitar y/o minimizar el riesgo. (Servicio Geológico Mexicano 2017).

## 2.2 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

La ejecución de los informes de evaluación de riesgo, adquiere especial importancia en nuestro país por las razones siguientes:

- Identificar actividades y acciones para prevenir la generación de nuevos riesgos o reducir los riesgos existentes, los cuales son incorporados en los Planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Adoptar medidas estructurales y no estructurales de prevención y reducción del riesgo de desastres, las cuales sustentan la formulación de los proyectos de inversión pública a cargo de los Sectores, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales (Municipalidad Provincial y Distrital).
- Incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la inversión pública y privada en los tres niveles de gobierno, permitiendo de ésta manera que los proyectos de inversión sean sostenibles en el tiempo.
- Sus resultados son el insumo básico y principal para la gestión ambiental, la planificación territorial, el ordenamiento y acondicionamiento territorial (Plan de Desarrollo Urbano, Zonificación Ecológica Económica, entre otros).
- Coadyuvar a la toma de decisiones de las autoridades, para proporcionar condiciones de vida adecuadas a la población en riesgo.
- Permitir racionalizar el potencial humano y los recursos financieros, en la prevención y reducción del riesgo de desastres. (Manual CENEPRED v 2).



### 2.2.1 EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA

Para la evaluación de riesgos originados por fenómenos de origen natural se identifican tres (03) tipos de informe que están en función de la información sobre el ámbito geográfico del área evaluada, estos son:

- Informe Cualitativo de evaluación de riesgos: Para la evaluación de riesgos implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en la experiencia y observaciones de campo debido a la inexistencia de información (registros históricos, estadísticos, estudios técnicos, etc.) del fenómeno de origen natural sobre el área geográfica de estudio.
- Informe Semi Cuantitativo de evaluación de riesgos: Para la evaluación de riesgos implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en estudios técnicos anteriores (estudio de suelos, estudio de los ecosistemas, etc.) que tienen relación directa o indirecta con el fenómeno de origen natural y/o el área geográfica de estudio, así como su escala de trabajo (no detallada) que pueden ser incorporados en el informe de evaluación de riesgos por su utilidad.
- Informe Cuantitativo de evaluación de riesgos: Para la evaluación de riesgos implica el conocimiento preciso de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en información del ámbito geográfico de estudio (escala de trabajo adecuada) debido a la ejecución de diversos estudios técnicos in situ (estudios de suelos, inventarios de fenómenos, estudios geológicos, estudios hidrometeorológicos, mediciones instrumentales de campo, etc.) que genera información actualizada (uso de análisis estadísticos y probabilísticos, etc.) que



ayuda al conocimiento de los peligros, las vulnerabilidades y los riesgos. (Manual CENEPRED v 2).

En el tabla 1 mostramos algunos ejemplos:

**Tabla 1:** Tipos de análisis cuantitativos de peligros.

<u>Recurrencia Y Variabilidad Espacial Del Fenómeno</u>	<u>Tipo De Fenómeno</u>	<u>Magnitud</u>
<b>Impactan siempre en la misma área</b>	Análisis de frecuencia en función o no de la magnitud. Simulaciones a través de métodos probabilísticos o determinísticos.	Inundaciones Deslizamientos Tsunamis
<b>Impactan en áreas diferentes</b>	Espacial en función o no de la magnitud. Espacial y frecuencia en función o no de la magnitud. Simulación/modelización con métodos determinísticos y/o probabilísticos.	Lahares Terremotos Flujos de lava
<b>Impactan una vez solamente</b>	Simulación/modelización con métodos determinísticos y/o probabilísticos.	Desastres

**Fuente:** Adaptado por SNL-CENEPRED de: SNET (2014)

## 2.2.2 ESTIMACIÓN DE RIESGOS

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada (Cardona ,1985).

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función ( $f$ ) del peligro y la vulnerabilidad. (Manual CENEPRED v 2).

$$Rie | t = f(Pi, Ve) | t$$

Dónde:

Rie = Riesgo.

$f$  = En función.

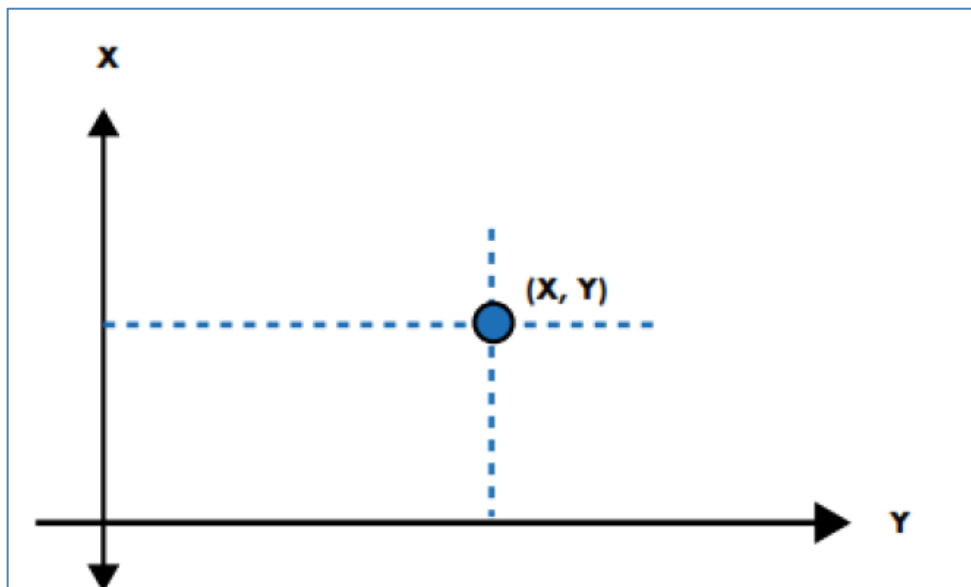
Pi = Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$ .

Ve = Vulnerabilidad de un elemento expuesto  $e$ .

Para el análisis de peligros se identifican y caracterizan los fenómenos de origen natural mediante el análisis de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad. Asimismo, deberán analizar los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de

daños que se puedan presentar. (Manual Básico de Estimación de Riesgo 2006). Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se haya determinado los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente (Manual CENEPRED v 2).

Es decir, es el valor  $(X, Y)$ , en un plano cartesiano. Donde en el eje de la Y están los niveles del Peligro y en eje de la X están las Vulnerabilidades.



**Figura 1:** Plano cartesiano en el eje X y el eje Y.

**Fuente:** Manual de CENEPRED.

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el grado de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo del área en estudio. (Manual CENEPRED v 2).



## **2.3 PELIGROS GENERADOS POR FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA**

### **2.3.1 MOVIMIENTOS DE MASA**

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999, Glade y Crozier, 2005).

En la literatura científica se encuentran muchas clasificaciones de movimientos en masa; la mayoría de ellas se basan en el tipo de materiales, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación. Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) , hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana, Hutchinson (1968, 1988).

Según Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta manera, presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material.

### **2.3.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA**

En esta sección se presentan definiciones para las siguientes clases de movimientos en masa:

**Tabla 2:** Tipos de movimiento en masa.

<b>CAÍDAS</b>	Desprendimientos de rocas, Derrumbes, avalanchas de nieve.
<b>VOLCAMIENTO</b>	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso.
<b>DESLIZAMIENTOS DE ROCA O SUELO PROPAGACIÓN LATERAL</b>	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña. Deslizamiento rotacional. Propagación lateral lenta. Propagación lateral por licuación(rápida)
<b>FLUJO</b>	Flujo de detritos. Crecida de detritos Flujo de lodos. Flujo de tierra. Flujo de turba. Avalancha de detritos. Avalancha de rocas. Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fragmentada.)
<b>REPTACIÓN</b>	Reptación de suelos. Solifluxión.

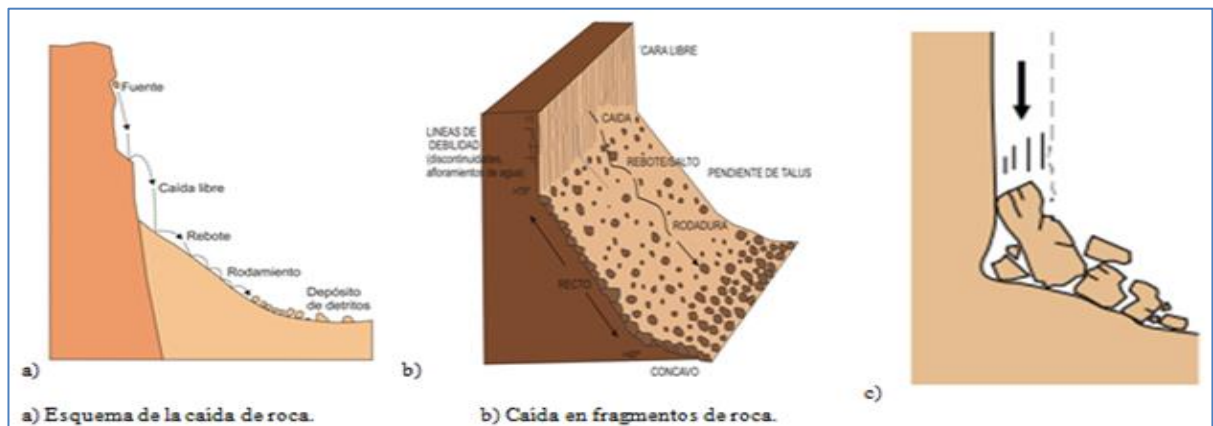
*Fuente:* Varnes (1958)

1) **Caídas.** Consiste de un movimiento en caída libre del material desprendido de una superficie muy inclinada (vertical o semi vertical), que al impactarse en el pie del talud desarrolla una serie de rebotes y rodamientos para, posteriormente, ser depositado en el pie del mismo talud. (Braja M., 2001).

En general es condicionado por discontinuidades en el macizo rocoso que favorecen la separación y funcionan como planos donde se desarrolla el desprendimiento, lo que impone este fenómeno una amenaza. (Centeno, 2007).

2) **Caídas o desprendimientos de rocas:** Cuando se separa una masa, fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando (Centeno, 2007).

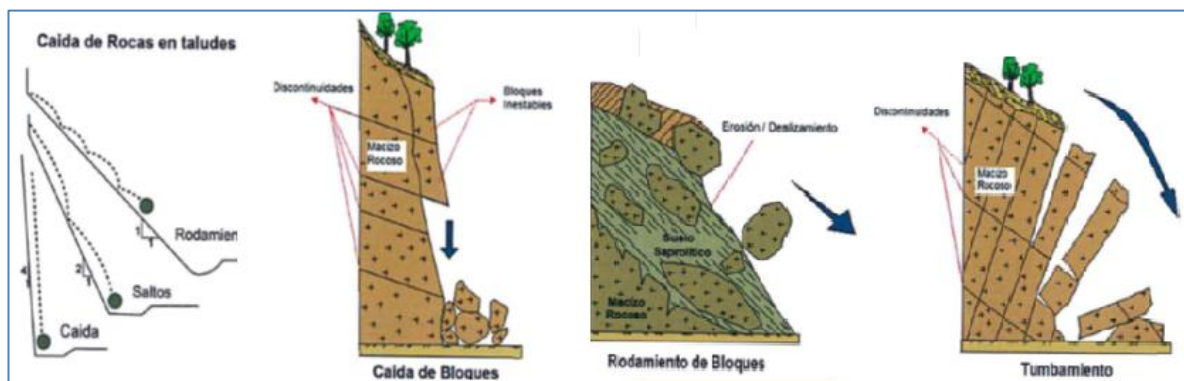




**Figura 2:** tipos de caída de rocas

**Nota:** a) Esquema de caída de rocas, b) Caída de fragmento de roca, c) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

Según Varnes (1978) son de movimiento que consiste en el desplazamiento de bloques de roca por efecto de la gravedad a lo largo de pendientes empinadas, cuyos movimientos dependiendo de la pendiente del talud pueden ser del tipo de caída libre, salto, rodamiento o deslizamiento (figura 03).



**Figura 3:** Esquema de los tipos de movimientos de los bloques realiza sobre el talud dependiendo de su pendiente y su origen.

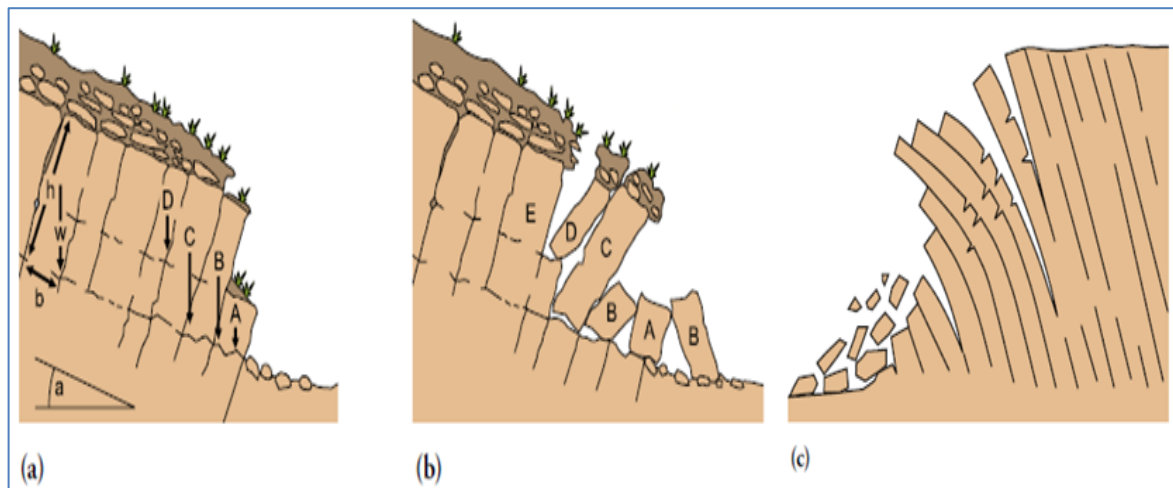
**Fuente:** Modificado Pimentel, 2011.

3) **Volcamiento.** Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de

la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas el volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación (Varnes, 1978).

Según Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El primero involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante (Figura 04).

El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas, el vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales, Goodman y Bray (1976).

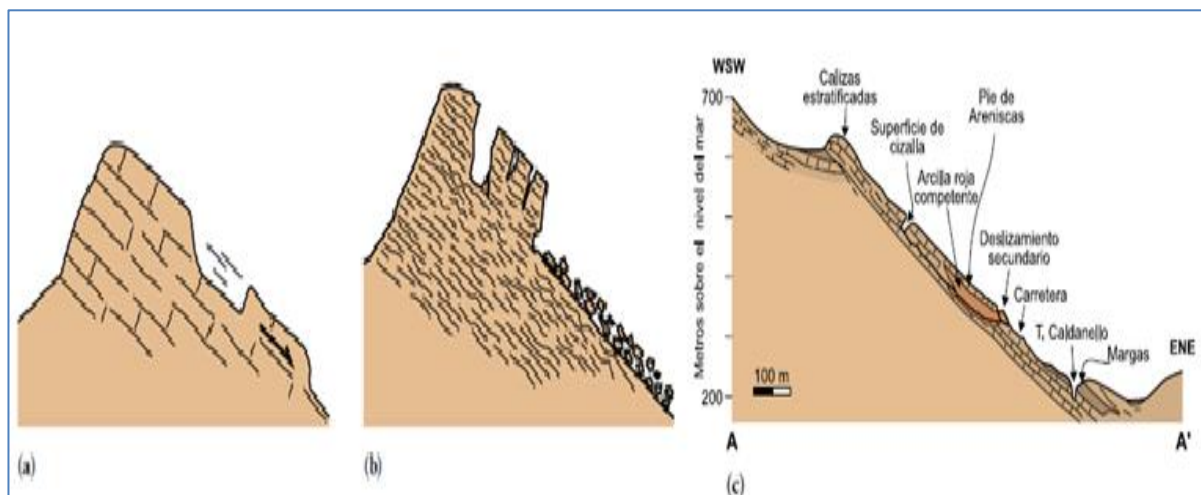


**Figura 4:** (a y b) Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976) (c) Esquema De Vuelco Por Flexión Según Corominas Y Yagué (1997).

**4) Deslizamiento.** Es un movimiento lateral abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

#### 4.1) Deslizamiento traslacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).



**Figura 5:** Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento.

**Nota:** (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca en Cerchiarria di Calabria, sur de Italia (la disgregación del material no puede observarse debido a la escala de la figura). Según Antronico, 1993y Dikau (1996).

### 2.3.2.1 TASA DE MOVIMIENTO EN LOS MOVIMIENTOS EN MASA (CRUDEN Y VARNES, 1996)

El cuadro 03, muestra una escala de clases de velocidades para movimientos en masa. La velocidad para los movimientos en masa es un parámetro cuya importancia destructiva requiere de una definición independiente como en la tabla 3.

**Tabla 3:** Escala de clases de velocidades para movimientos en masa.

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	$5 \cdot 10^3$	5 m/seg
6	Muy rápido	$5 \cdot 10^1$	3 m/min
5	Rápido	$5 \cdot 10^{-1}$	1.8 m/hr
4	Moderado	$5 \cdot 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lento	$5 \cdot 10^{-5}$	1.6 m/año
2	Muy Lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año

*Fuente:* Cruden y Varnes, 1996.

**Tabla 4:** Importancia destructiva probable de los movimientos en masa.

CLASE DE VELOCIDAD	IMPORTANCIA DESTRUCTIVA PROBABLE
7	Catástrofe de gran violencia; construcciones destruidas por el impacto del material desplazado; muchos muertos
6	Algunas vidas perdidas; velocidad muy grande para permitir que todos escapen.
5	Evacuación de escape posible; estructuras, posesiones y equipos destrozados.
4	Algunas estructuras resistentes pueden mantenerse temporalmente.
3	Pueden realizarse estructuras preventivas durante el movimiento; estructuras resistentes pueden ser mantenidas con trabajo frecuente si el movimiento no es tan grande durante fases de aceleración particulares.
2	Algunas estructuras no son dañadas por el movimiento.
1	El movimiento es imperceptible sin instrumentos; las construcciones son posibles con precaución.

*Fuente:* Cruden y Varnes, 1996.



### **2.3.2.2 ACTIVIDADES DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA (CRUDEN Y VARNES, 1996).**

#### **1.- Estado de Actividad**

- Movimientos en masa activas: Aquellas que están actualmente moviéndose.
- Movimientos en masa reactivadas: Aquellas que son nuevamente activas después de permanecer inactivas.
- Movimientos en masa suspendidas: Aquellas que se han movido durante el último ciclo anual de la estación del año, pero que actualmente no lo hacen.
- Movimientos en masa inactivas: Aquellas cuyo último movimiento fue hace más de un ciclo anual de la estación. Se subdividen en:
  - a) Latentes: cuando las causas del movimiento permanecen aparentes.
  - b) Abandonadas: Si el río que erosiona el dedo de la ladera que se mueve cambia de rumbo.
  - c) Estables: Si el dedo de la ladera ha estado protegido de la erosión.
  - d) Relictas: Son aquellas que han desarrollado claramente bajo diferentes condiciones geomorfológicas o climáticas, quizás hace miles de años.

#### **2.- Distribución de la actividad**

- Movimientos en masa avanzantes: cuando la superficie de ruptura se extiende en la dirección del movimiento.
- Movimientos en masa retrogradadas: si la superficie de ruptura se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado.
- Movimientos en masa widening: si la superficie de ruptura se extiende en uno o ambos márgenes laterales.



- Movimientos en masa enlarging (crecientes): cuando el movimiento del material desplazado es escaso o cuando la superficie de ruptura está creciendo, añadiendo continuamente material al volumen de material desplazado.
- Movimientos en masa decrecientes: cuando el volumen del material que está siendo desplazado en un movimiento en masa activa, disminuye con el tiempo.
- Movimientos en masa moving (en movimiento): el material desplazado continúa en movimiento, pero la superficie de ruptura no muestra cambios visibles.

**3.- Se refiere a la forma en que los diferentes movimientos contribuyen a los movimientos en masa.**

- Movimientos en Masa compleja: Son aquellas que tienen un mínimo de dos tipos de movimiento, sin embargo, se sugiere que este término se limite a casos en que los distintos movimientos ocurran en secuencia.
- Movimientos en Masa Compuestas: Se utilizan para describir movimientos en masa en que los diferentes tipos de movimientos ocurren en diferentes áreas de la masa desplazada, a veces en forma simultánea. Sin embargo las diferentes áreas de la masa desplazada muestran diferentes secuencias de movimientos.
- Movimientos en Masa Múltiples: Son aquellos que muestran movimientos repetidos del mismo tipo, por lo general siguiendo un agrandamiento de la superficie de ruptura. La masa recién desplazada está en contacto con la masa que se desplazó previamente, compartiendo muchas veces una superficie de ruptura.
- Movimientos en Masa Sucesivas: Cuando el movimiento es idéntico en tipo al movimiento precedente, pero en contraste con movimientos múltiples, no comparte el material desplazado ni la superficie de ruptura.

- **Movimientos en Masa Únicas:** Consisten de un único tipo de movimiento de material, a menudo como un bloque intacto. Este tipo de movimientos difiere de los otros estilos en que estos últimos requieren de una interrupción de la masa desplazada o de movimientos independientes de porciones de masa.

**Tabla 5: Términos descriptivos de su actividad.**

MOVIMIENTO EN MASA	ESTADO	DISTRIBUCIÓN	ESTILO
<b>Desprendimiento</b>	Activo	Avanzantes	Complejo
<b>Desplome</b>	Reactivad	Retrógrado	Compuesto
<b>Deslizamiento</b>	Suspendido	Widening	Múltiple
<b>Flujo</b>	Latente Abandonado Estable Relicto	Confinado Decreciente En movimiento	Único

*Fuente:* Varnes y Cruden, 1996.

### 2.3.3 EROSIÓN DE SUELOS

Entre los peligros por geodinámica externa, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la erodabilidad o vulnerabilidad de los factores condicionantes. (Derpsch, 1991).



**Figura 6:** Erosión del suelo por efecto de las lluvias. (Derpsch, 1991).



### **2.3.4 EROSIÓN HÍDRICA**

Es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma. El agua tiene la capacidad de erosionar el sustrato por el que discurre. Su fuerza erosiva es proporcional a la aceleración que adquiere en las pendientes. (Blanco, Humberto y Lal, Rattan, 2010).

Por lo que se produce el desgaste de una superficie rocosa o parte del suelo provocada por el agua. En la naturaleza este es un fenómeno muy común que provoca el nivelamiento de las montañas y la formación de mesetas, llanuras, valles y deltas. (Toy, Terrence. 2002).

#### **2.3.4.1 Tipos de erosión hídrica según (Toy, Terrence. 2002).**

- a) Erosión laminar: la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica).
- b) Erosión por arroyamiento: tiene lugar cuando el agua concentra el poder erosivo a lo largo de un canal, en función de su energía cinética.
- c) Regueros o canales de menor tamaño. Pueden cruzarse y suavizarse con operaciones normales de laboreo. El efecto es parecido al de la erosión laminar.
- d) Cárcavas y barrancos que se forman donde se concentra el agua que fluye descendiendo por una pendiente.
- e) Erosión de depósitos fluviales: tiene lugar cuando el canal principal de una corriente establecida incide contra sus propios sedimentos
- f) Coladas de lodo: desplazamientos de tierra en forma de fluido viscoso por efecto de la gran cantidad de agua embebida en el suelo.





## **2.4 PELIGROS GENERADOS POR FENOMENOS DE GEODINAMICA INTERNA**

### **2.4.1 SISMICIDAD**

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre. Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla. Su efecto inmediato es la transmisión de esa energía mecánica liberada mediante vibración del terreno aledaño al foco y de su difusión posterior mediante ondas sísmicas corpóreas y superficiales (Manual CENEPRED v 2).

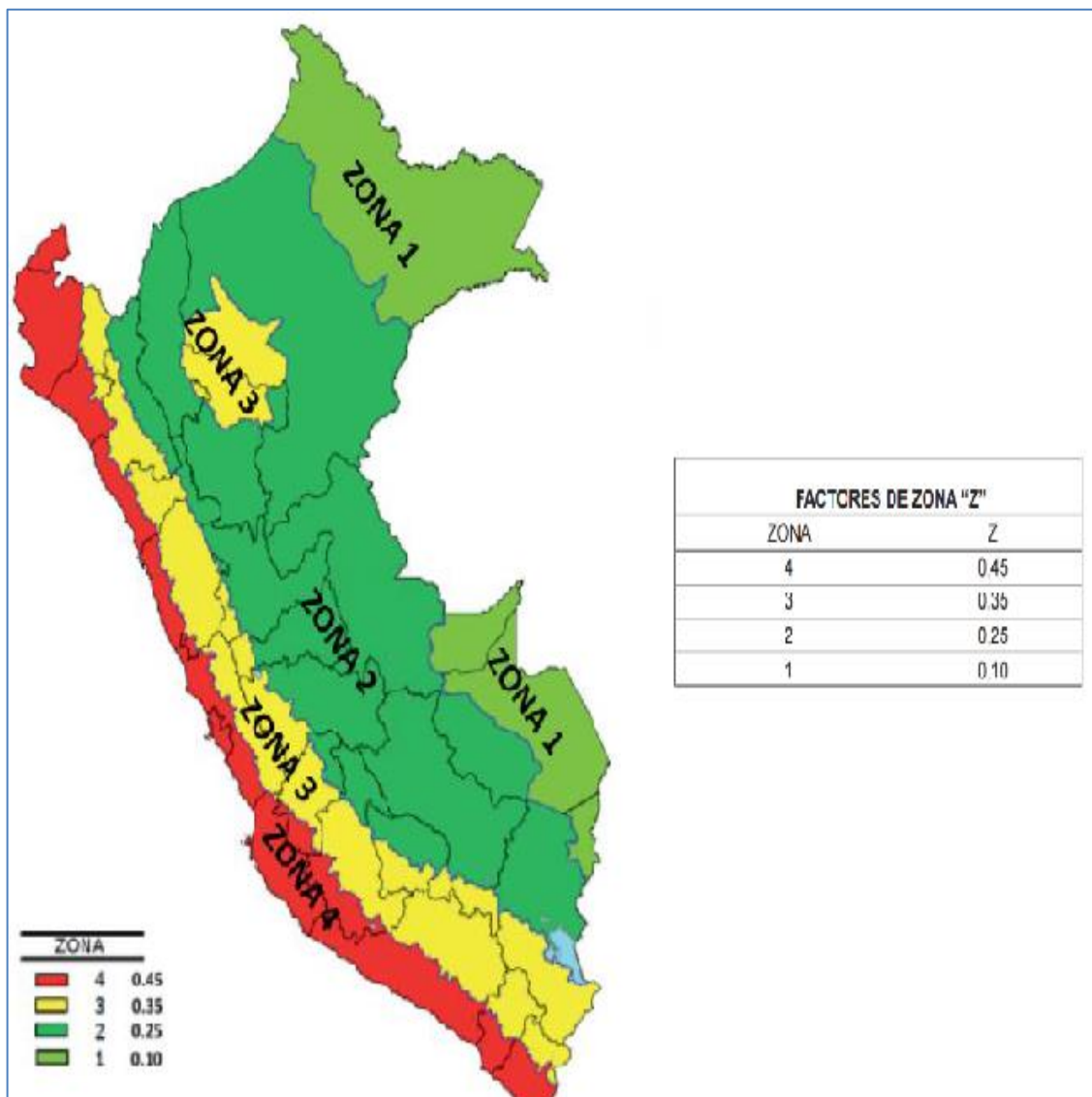
### **2.4.2 EL PELIGRO DE LOS SISMOS**

### **2.4.3 SISMICIDAD EN LA REGIÓN PUNO**

Los sismos en la región Puno, no es un fenómeno recurrente, sin embargo no está ajena a este fenómeno natural por lo que los peligros relacionados con los procesos de geodinámica interna y externa, que son eventos que pueden ocasionar daños a las personas, bienes o al entorno ambiental, Los principales peligros geológicos son sismos, vulcanismos, deslizamientos, movimientos de masa, entre otros.

De acuerdo a la Norma Peruana E-030, la zonificación sísmica se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. En este sentido, la Región de Puno se ubica en las Zona 2 y Zona 3. Esto debido a la presencia de sismicidad concentrada principalmente en la parte sur de esta región la misma que se encontraría asociada a los sistemas de fallas presentes como el

sistema de fallas Urcos, Sicuani, Ayaviri y al sistema Cusco, Lagunillas, Mañazo. De acuerdo a esta clasificación, la Zona presenta aceleraciones del orden de 0.35 y la Zona 2 de aceleraciones del orden de 0.25. Estas características deben ser consideradas en la planificación y ejecución de viviendas, infraestructuras y obras de ingeniería (Plan De Contingencia Por Sismos Región Puno 2016).



**Figura 7:** Mapa de zonificación de acuerdo a la Norma E-030.

**Fuente:** (Reglamento Nacional de Construcciones 2017).

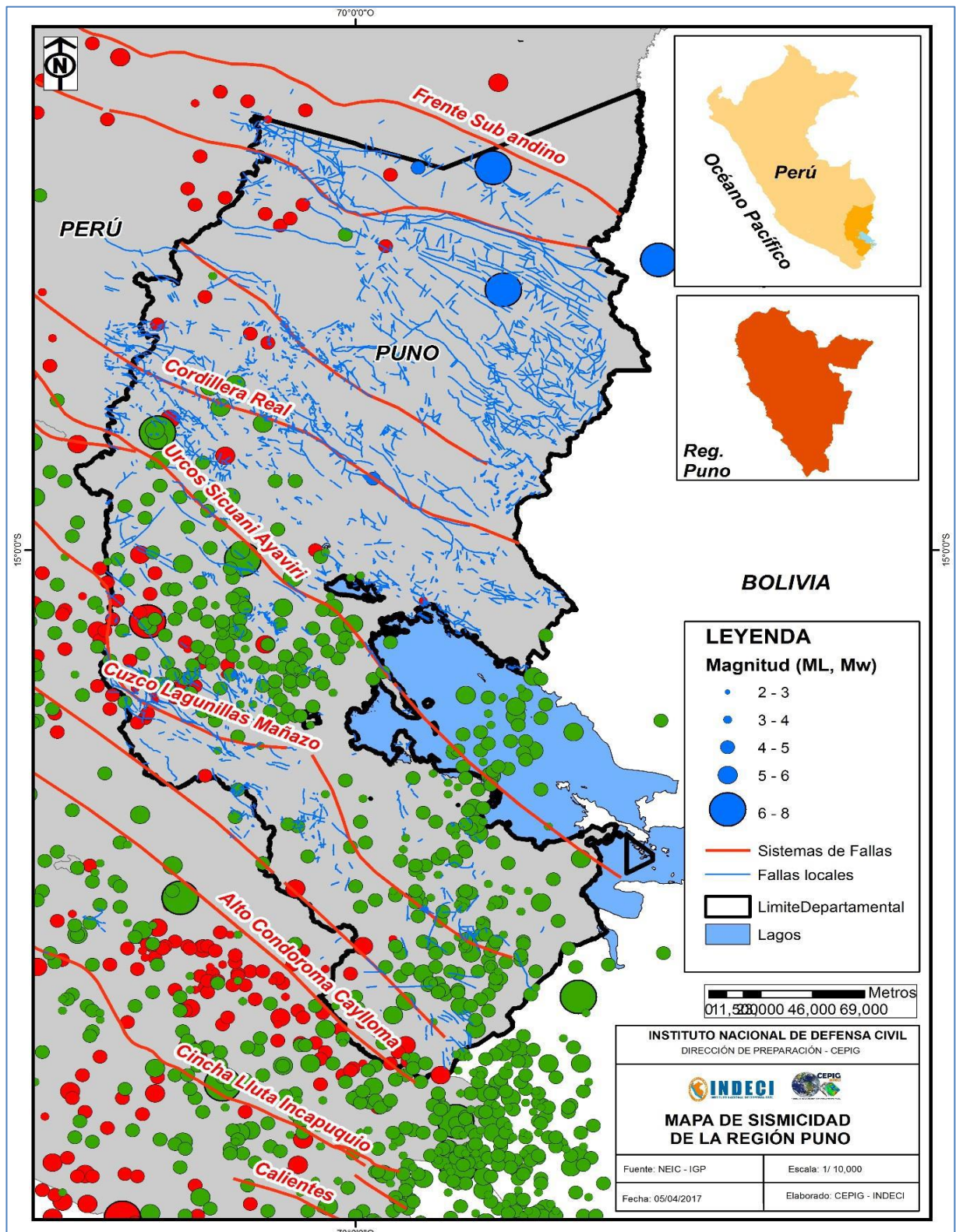


Figura 8: Mapa sísmico y tectónico de la Región Puno.

Fuente: (Indeci 2017).

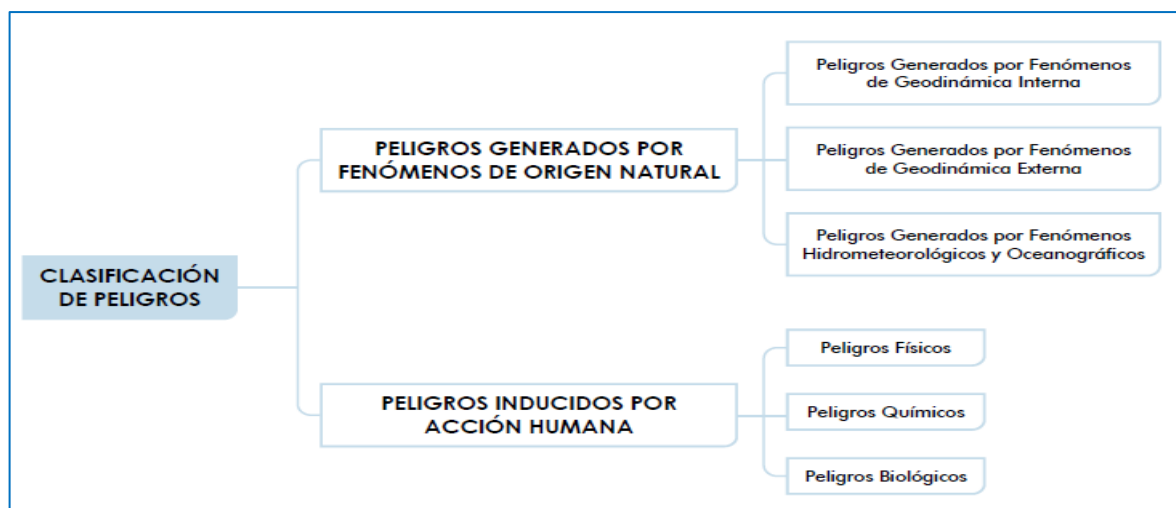
## 2.5 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

La caracterización de los fenómenos naturales nos muestra un panorama general de las formas particulares en las que estos se manifiestan en los ámbitos nacional, regional o local. Sin embargo, es de vital importancia el conocimiento de la recurrencia con las que se presentan para generar estrategias para la prevención y/o reducción de los impactos negativos que puedan ocasionar. (Manual CENEPRED v 2).

### 2.5.1 PELIGRO.

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos, pero también se puede expresar a partir del periodo de retorno.

En base al manual de CENEPRED, el peligro según su origen, puede ser de dos clases, los generados por fenómenos de origen natural y los inducidos por la acción humana. Para el presente estudio solo se han considerado los peligros originados por fenómenos de origen natural.

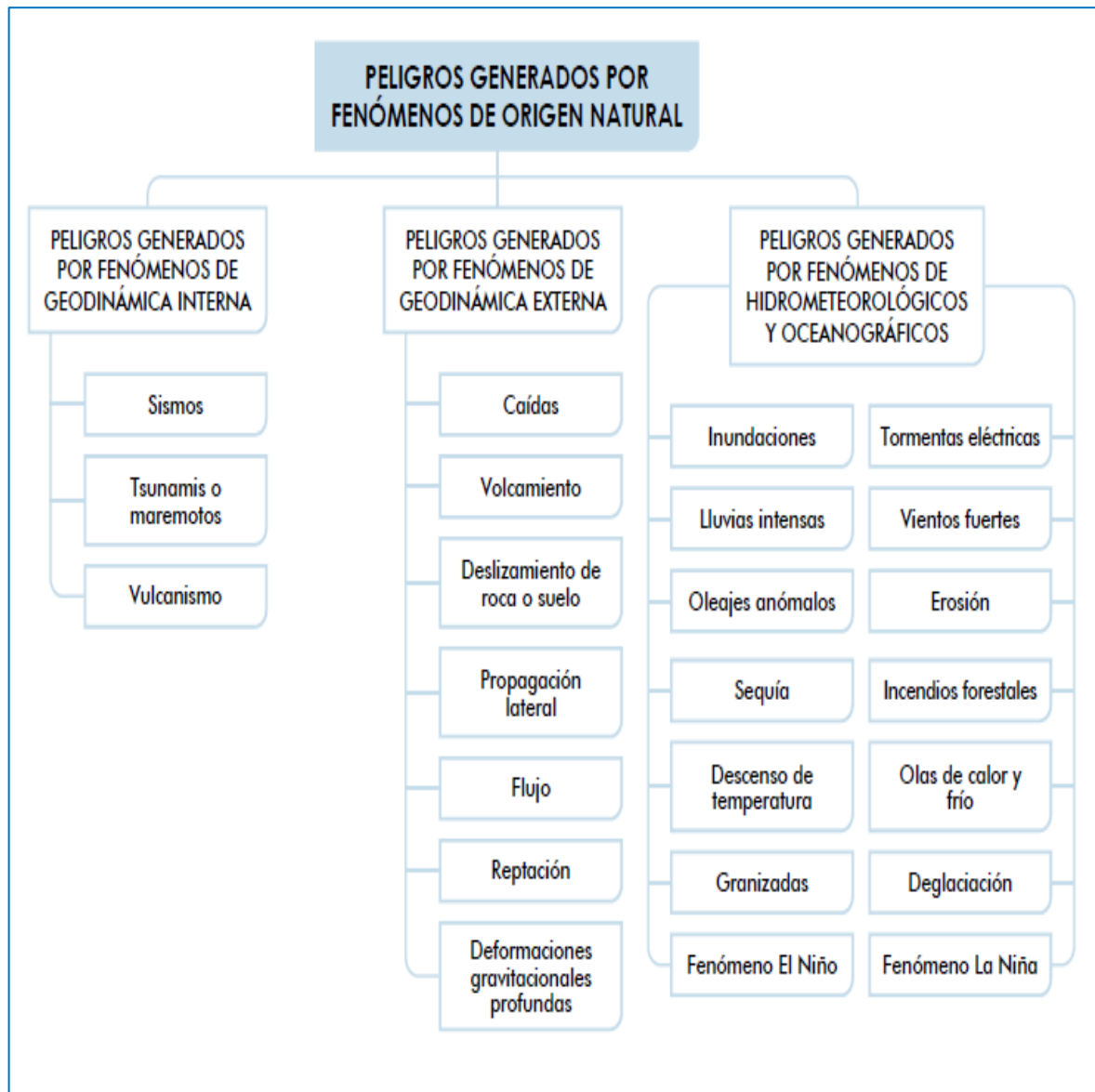


**Figura 9:** Clasificación De Peligros.

**Fuente:** (Manual CENEPRED v 2).

Esta clasificación ha permitido ordenar los fenómenos de origen natural en tres grupos:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna.
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa.
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos.



**Figura 10:** Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales.

**Fuente:** Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da Versión (CENEPRED).

## 2.5.2 MATRIZ DE RIESGO

Este cuadro de doble entrada nos permite determinar el nivel del riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de las vulnerabilidades. (Manual de CENEPRED).

**Tabla 6:** Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo.

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.26	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.26	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Se han establecido los siguientes rangos para cada uno de los niveles de riesgo:

**Tabla 7:** Niveles de riesgo.

<b>RIESGO BAJO</b>	$0.001 \leq R < 0.005$
<b>RIESGO MEDIO</b>	$0.005 \leq R < 0.018$
<b>RIESGO ALTO</b>	$0.018 \leq R < 0.068$
<b>RIESGO MUY ALTO</b>	$0.068 \leq R < 0.253$

### Mapa de niveles de riesgo

El conocimiento de las zonas con diferentes niveles de riesgo (Nivel de Peligrosidad y Vulnerabilidad), es utilizado en los procesos de ordenamiento y planificación territorial, por lo que estos deben representar el uso que se le puede dar y los daños potenciales a que este uso estaría expuesto. El mapa de riesgo se genera del análisis de los mapas de peligro y vulnerabilidad.

**Tabla 8: Matriz de Riesgo**

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO NO MITIGABLE	Indica que las medidas de reducción del riesgo son de muy alto costo o el proceso del fenómeno es indetenible, el cual debe ser sustentado en informes técnicos en donde se determine el nivel de peligrosidad elaborado por las instituciones técnicas científica respectiva. Población en extrema pobreza. Muy alto porcentaje de deserción escolar. Geología del suelo: zona muy fracturada, falla, etc. Organización poblacional nula. Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas). No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre Gestión del Riesgo.	
RIESGO MUY ALTO	Grupo Etario: De 0 a 5 años y mayor a 65 años (hombres y mujeres). Escaso acceso y no permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional nula. Ingreso familiar promedio mensual menor a 149 soles. Población en extrema pobreza. Muy alto porcentaje de deserción escolar. No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre Gestión del Riesgo. Edificaciones en muy mal estado. Estructura de quincha, caña y otros de menor resistencia, en estado precario. Edificaciones con más de 31 años. Viviendas sin abastecimiento de agua ni desagüe. Sistema de producción basada en actividad primaria extractiva sin tecnificación. Ambiental: terrenos sin vegetación. Erosión provocada por lluvias con pendientes pronunciadas. Demanda agrícola y pérdida por contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Geología del suelo: zona muy fracturada, falla, etc. Localización de centros poblados muy cercana de 0 a 0.20km. Actitud fatalista y conformista de la población. No existen instrumentos legales locales que apoyen la reducción del riesgo Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1 000 000 000 m <sup>3</sup> , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.068 ≤ R < 0.253
RIESGO ALTO	Grupo Etario: De 5 a 12 años y de 60 a 65 años (hombres y mujeres). Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Organización poblacional efímera. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 149 y menor a 264 soles. Población en condición de pobreza. Alto porcentaje de deserción educativa. Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión de Riesgo. Edificaciones en mal estado. Estructuras de madera, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 21 a 30 años. Viviendas con abastecimiento solo de desagüe. Sistema de producción bajo con muy pocas posibilidades de insertarse a un mercado competitivo. Ambiental: áreas de cultivo. Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos. Prácticas de consumo poblacional uso indiscriminado de riesgo. Geología del suelo: zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. Localización de centros poblados cercana de 0.20 a 1km. Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población. Existe poco interés en el desarrollo planificado del territorio del área en estudio que se presenta en casi todo el territorio. El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100 000 000 m <sup>3</sup> , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.018 ≤ R < 0.068

<b>RIESGO MEDIO</b>	<p>Grupo Etario: De 12 a 15 años y de 50 a 60 años (hombres y mujeres). Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social limitada. Ingreso familiar promedio mensual entre 264 y 1200 soles. Población de clase media baja. Mediano porcentaje de deserción educativa. Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo. Edificaciones en regular estado. Estructura de adobe y piedra, sin refuerzos estructurales. Edificaciones de 16 a 20 años. Vivienda con solo abastecimiento de agua. Sistema de producción con algunos puntos que presentan competitividad. Ambiental: tierras dedicadas al cultivo de pastos. Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua. Consumo industrial y minero, pérdidas de evaporación y otros. Geología del suelo: zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante. Localización de centros poblados medianamente cercana de 1 a 3km. Actitud parcialmente provisoria de la mayoría de la población. Existe un interés tenue en el desarrollo planificado del territorio. Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10 000 000 m<sup>3</sup>, alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.</p>	$0.005 \leq R < 0.018$
<b>RIESGO BAJO</b>	<p>Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m<sup>3</sup>, alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados. Grupo Etario: De 15 a 50 años (hombres y mujeres). Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Organización social activa. Ingreso familiar promedio mensual mayor a 1200 soles. Población económicamente sostenible. Escaso porcentaje de deserción educativa. Difusión masiva y frecuente en medios de comunicación en temas de Gestión del Riesgo. Edificaciones en buen estado. Estructura de concreto armado y acero, con adecuadas técnicas de construcción. Edificaciones menores a 15 años. Viviendas con abastecimiento de agua y desagüe. Sistema de producción del área en estudio presenta importante inserción a la competitividad. Ambiental: áreas de bosques. Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación. Geología del suelo: zona sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas. Localización de centros poblados muy alejada mayor a 5km. Actitud previsora de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo. El desarrollo planificado del territorio, es un eje estratégico de desarrollo.</p>	$0.001 \leq R < 0.005$

**Fuente:** Manual de CENEPRED.



### 2.5.3 SUSCEPTIBILIDAD

Cuando se habla de susceptibilidad se quiere abordar la posibilidad de que se genere en un territorio, un determinado proceso geológico (Cartaya 2006; Roa, 2006 y Villacorta, 2012).

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico). Modificado EIRD/ONU (2009).

#### 2.5.3.1 FACTORES CONDICIONANTES

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial.

**Tabla 9:** Factores condicionantes del peligro.

FACTORES CONDICIONANTES	
<b>GEOLOGIA</b>	Estudia la forma exterior e interior terrestre, la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	Estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndola, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo
<b>FISIOGRAFIA</b>	Descripción de los aspectos naturales del paisaje terrestre; relieve, modelado, vegetación, suelos, etc.
<b>HIDROLOGIA</b>	Estudia la distribución espacial y temporal, y las propiedades del agua: Incluyendo escorrentía, humedad del suelo, evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.
<b>EDAFOLOGIA</b>	Estudia la naturaleza y condiciones de los suelos en su relación con los seres vivos.

*Fuente:* Manual de CENEPRED.



## **2.5.4 VULNERABILIDAD**

Situación de incapacidad de una sociedad para anticiparse, resistir y recuperarse de los efectos adversos de un peligro, así como también en las condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales, que incrementan la susceptibilidad de una comunidad o sociedad frente a los peligros. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: exposición, fragilidad y resiliencia. (Von Hesse, 2010).

## **2.5.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD**

### **2.5.5.1 FACTORES DE LA VULNERABILIDAD: EXPOSICIÓN, FRAGILIDAD Y RESILIENCIA.**

#### **2.5.5.2 EXPOSICIÓN**

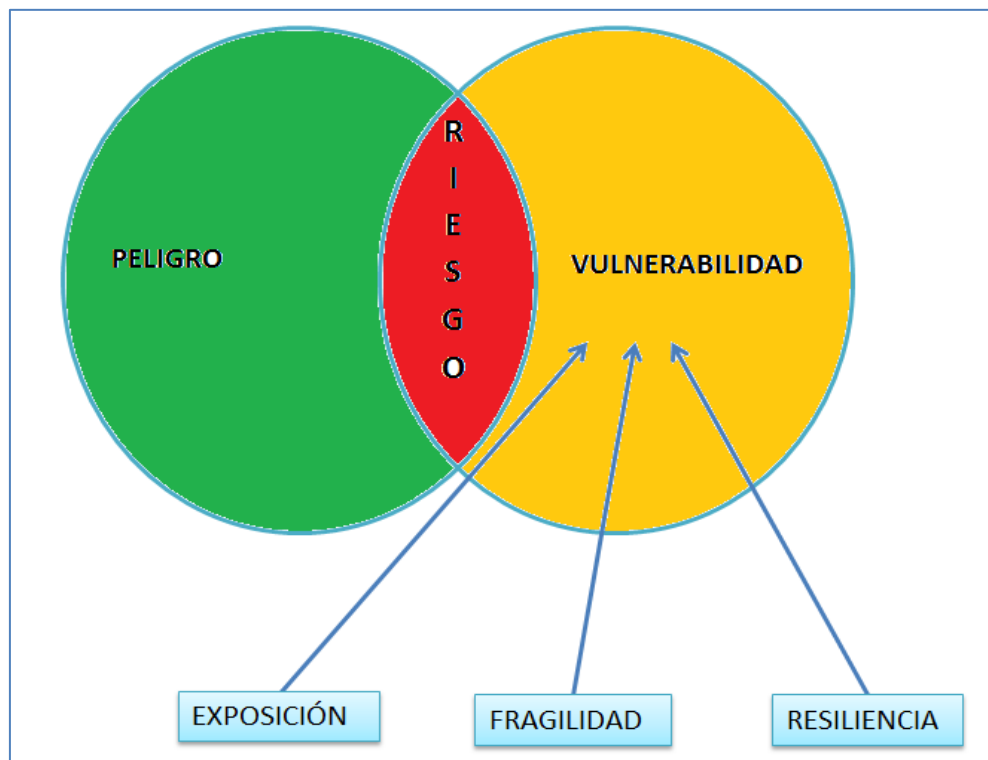
La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (Von Hesse, 2010).

#### **2.5.5.3 FRAGILIDAD**

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (Von Hesse, 2010).

#### 2.5.5.4 RESILIENCIA

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (Von Hesse, 2010).



*Figura 11:* Factores que explican la vulnerabilidad (Von Hesse, 2010).



## 2.6 TERMINOLOGÍA

En el estudio de riesgos geológicos se utiliza una terminología propia, asociada a definiciones como: peligro, amenaza, susceptibilidad y vulnerabilidad.

Las definiciones de estos términos han ido variando con el tiempo y según la disciplina que las enfoque.

A continuación, se mencionan algunos de estos conceptos:

### 1) **Peligro.**

Se define como los elementos del medio ambiente que son peligrosos al Hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él (Cardona A. 1993). Específicamente todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. (Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente 1991).

### 2) **Amenaza.**

Según (Varnes, 1984) se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de una intensidad determinada dentro de un periodo de tiempo y dentro de un área específica. Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un período de tiempo y un área dada. Es decir, que cuando se quiere analizar la amenaza, se debe especificar para cuál fenómeno en específico se está analizando, en qué momento y en qué área. Eso automáticamente induce a pensar



que se debe conocer el período de retorno o recurrencia de los fenómenos en estudio, si se quiere pensar en probabilidad de ocurrencia. (Cardona A.1993).

### **3) Susceptibilidad**

Es el grado de predisposición que posee un lugar en el que se genera un determinado fenómeno natural.

Según (Herbas J, Barredo 2001). Es definido como el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antrópico. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior.

### **4) Vulnerabilidad**

Es el grado de pérdida (de 0 a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino. Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, que pueden sufrir las consecuencias, directas o indirectas de un proceso geológico, en una determinada zona. (Von Hesse, 2010).



## 5) Riesgo

El término de riesgo puede ser definido como una situación de peligro, pérdida o daño, social o económico, en razón de la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural u económico resultantes de la acción humana o no. (Augusto F.1990).

Los procesos geológicos naturales de la dinámica externa e interna del planeta ocurren independientemente de la presencia del hombre. No obstante, con las actividades antrópicas en la superficie terrestre, muchos procesos geológicos pasaran a actuar con más frecuencia, de manera que pueden ser inducidos acelerados y potencializados por las alteraciones derivadas de la falta de planeamiento del uso de la ocupación del suelo y de las degradaciones al medio ambiente. (Cardona A. 1993).

La terminología de riesgo está relacionada a causas naturales con sus respectivos daños provocados o no, por la acción de hombre y que generan necesariamente un daño socio económico. (Augusto F.1990).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Para el presente estudio se tomó en cuenta una amplia variedad de fuentes de organismos oficiales para la obtención de los datos geoespaciales, así como la consulta de bibliografía de autores nacionales como internacionales.

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo al siguiente procedimiento metodológico:

#### 3.2 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Todo el material bibliográfico recopilado y disponible fue y sigue siendo analizado, la búsqueda de información consistió en recurrir a diversas fuentes tales como bibliotecas, hemerotecas, informes relacionados a la investigación, mapas geológicos, informes anteriores de la zona; así como la búsqueda de temas relacionados a la materia de investigación a través de los navegadores de red (internet).

#### 3.3 TRABAJO DE CAMPO

- Cartografiado del proyecto.
- Reconocimiento de rocas.
- Toma de muestras de roca y suelo.

Esta etapa fue fundamental para nuestra investigación ya que ella englobó todo el proceso de este Proyecto.



### **3.4 TRABAJO DE GABINETE**

#### **3.4.1 Evaluación de mapas.**

Procesamiento y depuración de datos según la comparación de la información obtenida en las etapas de trabajo en Campo.

- Generación de mapas.
- Generación de mapa de riesgo.
- Procesamiento de información, interpretación de imágenes satelitales.
- Preparación de información de mapas de peligros y otros a escala regional.
- Determinación de zonas críticas.

En base a los planos levantados y trabajos de campo conjuntamente con el cartografiado local, se determinó los diferentes tipos de litología, estructuras

#### **3.4.2 Redacción del documento final.**

Se llevó a cabo de acuerdo al esquema establecido de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

### **3.5 INSTRUMENTOS EQUIPOS Y MATERIALES**

Los materiales utilizados para el estudio y evaluación del proyecto, han sido cuidadosamente seleccionados, en cuanto a su exactitud y precisión, dichos materiales definieron los parámetros de cartografiado y obtención de muestras.

- GPS Garmin.
- Brújula tipo Brunton.
- Lupa.
- Libreta de campo.
- Lápiz rayador.





- Tablero.
- Martillo de geólogo.
- Protactor de diferentes escalas.
- Bases topográficas.
- Colores.
- Lápices HB-2H.
- Cámara fotográfica.
- Binoculares.
- Huincha métrica.
- Equipos de Protección Personal (EPP).

### **3.6 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS JERÁRQUICO**

El Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process - AHP) es una técnica bastante usada para la toma de decisiones con atributos múltiples (Saaty 1980). Permite la descomposición de un problema en una jerarquía y asegura que tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos de un problema sean incorporados en el proceso de evaluación, durante la cual la opinión es extraída sistemáticamente por medio de comparaciones entre pares. El Proceso de Análisis Jerárquico es una metodología de decisión compensatoria porque las alternativas que son eficientes con respecto a uno o más objetivos pueden compensarse mediante su desempeño con respecto a otros objetivos. El Proceso de Análisis Jerárquico permite la aplicación de datos, experiencia, conocimiento, e intuición de una forma lógica y profunda dentro de una jerarquía como un todo.

#### **Métodos de Decisión Multicriterio son:**

Presenta un sustento matemático

- Permite desglosar y analizar un problema por partes
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común



- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

El núcleo del Proceso de Análisis Jerárquico es una comparación de atributos entre pares ordinales, en los cuales enunciados de preferencia son identificados. Para un objetivo dado, las comparaciones son realizadas por pares de subindicadores, primero planteando la pregunta ¿Cuál de los dos es más importante? Y segundo ¿Por cuánto? La fortaleza de la preferencia es expresada en una escala semántica del 1 al 9, lo que permite la medida dentro del mismo orden de magnitud.

La preferencia de 1 indica igualdad entre dos subindicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un subindicador es 9 veces más importante que aquel con el que es comparado. De esta forma las comparaciones están siendo realizadas entre pares de subindicadores donde la percepción es lo suficientemente significativa para hacer una distinción.

Utilizando el Cuadro 4-1 propuesto por Saaty y Vargas (1991) para la asignación de importancias o preferencias se puede asignar un puntaje de importancia relativa por parejas de indicadores, teniendo como referencia que tanto, en forma comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El Proyecto, se encuentra ubicado políticamente, al Nor - Oeste de la ciudad, distrito de Puno, provincia de Puno, Región Puno (ver tabla N°9).

**Tabla 10:** Ubicación política del área de investigación.

REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR DEL PROYECTO
Puno	Puno	Puno	Azoguini

Geográficamente el área de estudio se localiza a altitudes 3.835 y 4140 msnm, enmarcadas dentro de las siguientes coordenadas (ver tabla N° 10).

**Tabla 11:** Vértices del área de investigación.

VÉRTICE	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
1	388250	8249750
2	388250	8248750
3	389750	8248750
4	389750	8249750

*Fuente:* Elaboración Propia.

#### 4.1.1 ÁREA DE EXTENSIÓN

El área donde se realizará el estudio de los niveles de riesgo es la zona urbana del cerro Azoguini con un área superficial de 50.6 km<sup>2</sup>.

Para acceder al área de estudio desde la ciudad de Lima por vía aérea hasta la ciudad de Juliaca la distancia es de (839 Km). De la ciudad de Juliaca hasta llegar a la

cuidad de Puno por carretera asfaltada es de (45 Km). De la ciudad de Puno hasta la zona del proyecto la distancia es de (2 Km).

El proyecto de evaluación de riesgos, es accesible por carretera desde la capital hasta el mismo lugar, el trayecto toma 2 horas aproximadamente de viaje en camioneta.

El acceso al proyecto se describe en el siguiente cuadro con la ruta referencial:

**Tabla 11:** Accesibilidad al área de estudio.

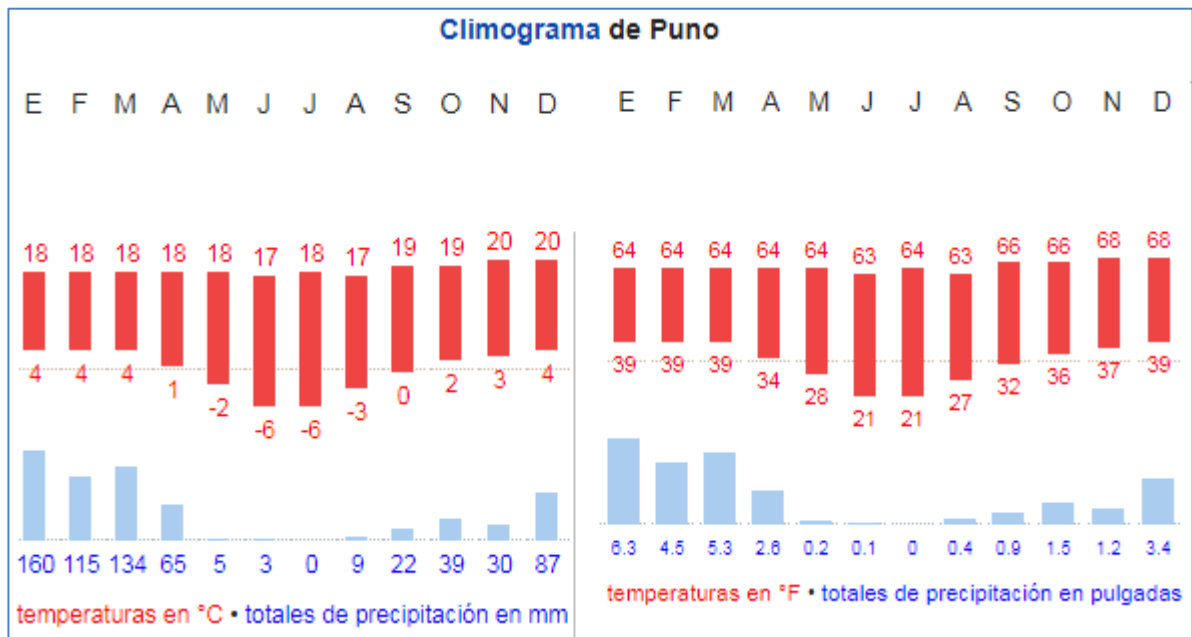
<b>RUTA</b>	<b>ACCESO</b>	<b>DISTANCIA Km.</b>	<b>TIEMPO Hr.</b>
<b>Lima - Juliaca</b>	Vía aérea	839	01:00
<b>Juliaca - Puno</b>	Asfaltada	45	00:45
<b>Puno - Proyecto</b>	Asfaltada	2	00:15
<b>TOTAL</b>		<b>886</b>	<b>02:00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.1.1 CLIMA

En general el clima de Puno es frío alpino, subhúmedo y de alta sequedad ambiental, al ubicarse a orillas del lago el clima es temperado por la influencia del lago. Las precipitaciones pluviales son anuales y duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías, también se originan raras y esporádicas caídas de nieve y aguanieve, generalmente las precipitaciones son menores a 700 mm. (Senamhi Puno).

La temperatura es muy digna, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 21 °C y una mínima de -22 °C. (Senamhi Puno)



**Figura 12:** Ciclograma de la ciudad de Puno.

**Fuente:** Senamhi Puno.

**Parámetros climáticos promedio de Puno**

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. media (°C)	15.8	15.3	15.0	15.3	14.7	14.3	14.2	15.3	15.9	17.2	17.2	16.2	15.5
Temp. media (°C)	9.7	9.6	9.2	8.7	7.5	6.1	5.9	6.9	8.2	9.5	9.8	9.7	8.4
Temp. mín. media (°C)	3.7	3.9	3.4	2.1	0.3	-2.0	-2.3	-1.4	0.6	1.8	2.4	3.3	1.3
Precipitación total (mm)	160	115	134	65	5	3	0	8	28	33	50	99	700
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	15	13	13	6	2	1	0	2	4	7	5	11	79
Días de nevadas (≥ 1 mm)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Humedad relativa (%)	59	59	58	56	51	51	48	52	53	54	55	55	54

**Figura 13:** Parámetros climáticos promedios de la ciudad de Puno.

**Fuente:** Senamhi Puno.

#### 4.1.2 FLORA

La flora está constituida por un sin número de plantaciones realizadas por el hombre.

En la zona de estudio se encontró plantación de:

- Eucalyptus (Eucalipto).- Por la zona de estudio se pudo observar que tenemos bastante de esta especie en las laderas de cerros también ayuda a no desprendan fácilmente el suelo o roca.
- Euphorbia.- Nombre común corona de espina. Se encuentra dentro de las rocas.
- Pajonal.- En la parte alta se identificó la especie stipa ichu (paja brava).
- La vegetación es variada, solo se pudieron encontrar platas (mala hierba) debido a su geomorfología.

La zona de estudio se encuentra cubierta generalmente de plantas silvestres y de pastos naturales también con presencia ahora con los agentes antrópicos una variada diversidad plantas y árboles.



**Figura 14:** Flora de la zona.

**Nota:** En la figura 14 se muestran A) Eucalyptus (Eucalipto), B) Euphorbia (Nombre común corona de espina). (Fuente: Propia).

### 4.1.3 FAUNA

En la zona la fauna es variada y además, dentro de la fauna se encuentran amínales como la vizcacha que habita entre las rocas, que se encuentra en peligro de extinción.



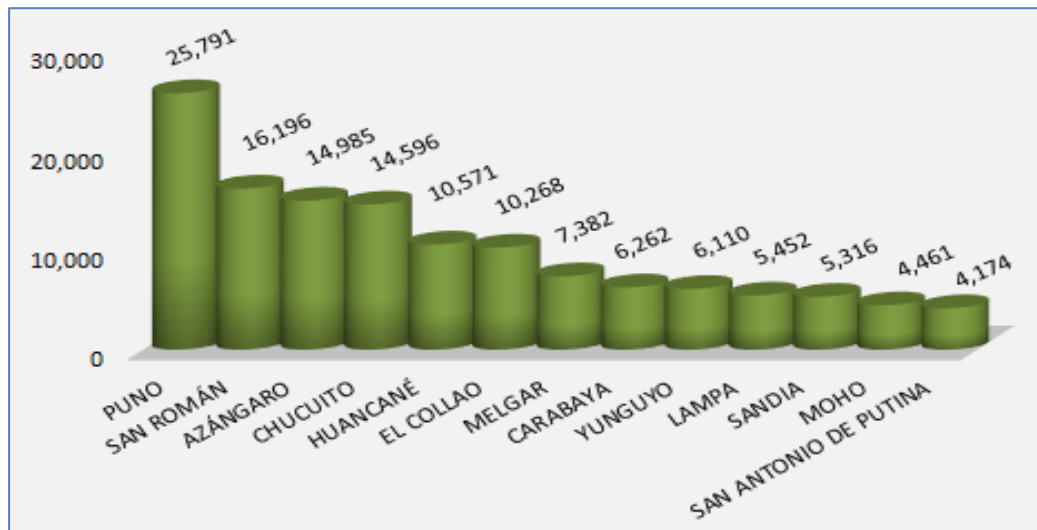
**Figura 15:** Fauna silvestre (*Lagidium viscacia*).  
Fuente: Propia.

### 4.1.4 POBLACIÓN

La ciudad de Puno según el Instituto Nacional de Estadística e Informática es la vigésima segunda ciudad más poblada del Perú y albergaba en el año 2017 una población de 1,173 millones habitantes aproximadamente. Su extensión abarca desde el centro poblado de Uros Chulluni al noreste, la zona urbana del distrito de Paucarcolla al norte, la urbanización Ciudad de la Humanidad Totorani al noroeste (carretera a Arequipa) y se extiende hasta el centro poblado de Ichu al sur y la comunidad Mi Perú al suroeste (carretera a Moquegua).

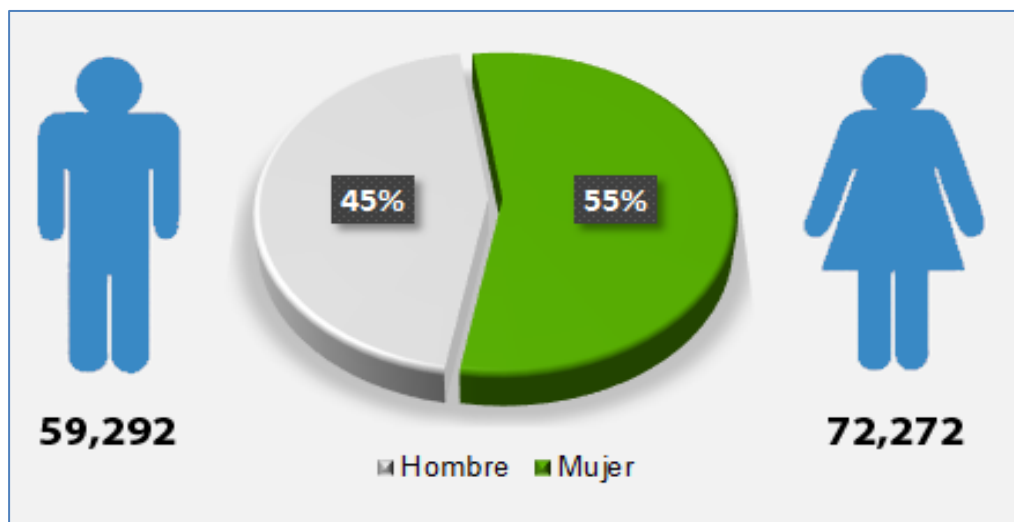
El espacio físico está comprendido desde la orilla oeste del lago Titicaca, en la bahía interior de Puno (antes Paucarcolla), sobre una superficie ligeramente ondulada (la parte céntrica), rodeada por cerros. La parte alta de la ciudad tiene una superficie semiplana

(Comunidad Mi Perú, Yanamayo). Oscilando entre los 3810 a 4050 msnm (entre las orillas del lago y las partes más altas). Puno es una de las ciudades más altas del Perú y la quinta del mundo. Actualmente tiene una extensión de 1566,64 ha, la cual representa el 0,24 % del territorio de la provincia de Puno (Censo INEI 2017).



**Figura 16:** Número de habitantes de la Región Puno.

**Fuente:** Censo INEI 20017.



**Figura 17:** Clasificación de población según el sexo.

**Fuente:** Censo INEI 20017.





## 4.2 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional de Puno, se distingue por una variedad de rocas sedimentarias, ígneas, metamórficas, cuyas edades varían desde las épocas primarias hasta periodos relativamente cercano. Los afloramientos que ocupan mayores extensiones en el área pertenecen al cenozoico y siguen en el orden descendente las unidades correspondientes al mesozoico y al paleozoico. La región considerada así como las regiones circunvecinas, han estado sometidas a través de diversos periodos geológicos movimientos orogénicos y epirogénicos, actualmente testificados por el levantamiento de los andes hasta su actual altura y por el gran número de fallas existentes en el área. A sí mismo, intensos procesos estructurales, debido a esfuerzos de compresión y tensión, han generado estructural complejas “sobrescurrimientos”, sinclínicos, grandes fallas, etc., que destacan particularmente en las zonas de Pirin y Putina. Intrusiones diversas de masa ígnea, tanto hipavísales como plutónicas han producido no solo metamórficas y cambios en la posición original de las rocas pre- existentes sino también intrusiones de composición intermedia. (Plan Geológico Regional De Puno 2015).

### 4.2.1 ESTRATIGRAFÍA

La secuencia estratigráfica básica de la región, fue establecida inicialmente por (Newell, 1945).

En general la estratigrafía de la región puede ser resumidas en la siguiente forma: dentro de la Era Paleozoica, el Devónico está representado por el Grupo Cabanillas, en el Missisipiano por el Grupo Ambo, en el Pennsylvania no por el Grupo Tarma, en el Pérmico inferior por el Grupo Copacabana, y el Pérmico medio por el Grupo Mitú. Dentro



de la era mesozoica, el Cretáceo medio, se encuentra representado por las Formaciones Muni, Sipin, Huancané y Moho, el cretácico superior, por las Formaciones de Cotacucho, Vilquechico y Muñani. La era cenozoica se encuentra identificada en su parte por el Grupo Puno, Volcánico Sillapaca, Formación Azángaro y en partes superiores y llanas por los depósitos recientes (lacustre y aluvial). (Plan Geológico Regional De Puno 2015).

## **4.2.2 PALEOZOICO**

### **4.2.2.1 Grupo Cabanillas**

Según (Newell 1946). Litológicamente, este grupo está compuesto de lutitas oscuras conteniendo nódulos ferruginosos de variados tamaños pizarras fosilíferas con restos de crinoides y potentes intercalados de cuarcitas y areniscas de grano medio, caracterizadas por la presencia de abundante micas en la superficie de estratificación.

### **4.2.2.2 Grupo Ambo**

Sus rocas afloran en parte de la gran unidad altiplano y parte de la Cordillera Oriental, muestran un conjunto de rocas que presentan una elongación que tiene rumbo NW y se exponen por mencionar siguientes cerros: Pirhuani, Julicota, Quellacani, Chillutera, Paria, Millusur, Calacruz, Calvario y Surapata. El contacto con la Formación Ananea es por falla y en el tope pasa gradacionalmente al Grupo Tarma, (Chávez, 1996). Aquí se hace un resumen del tipo de litología del Grupo Ambo el cual menciona que esta unidad está compuesta por conglomerados con clastos subangulosos de cuarzo lechoso, pizarras, y cuarcitas de las formaciones infrayacentes Sandia y Ananea, areniscas de grano medio con gradación normal e inversa, monótona sucesión de lutitas negras violáceas con alto



contenido de micas como sericita y moscovita, areniscas de grano medio grises alternando con lutitas negras en base a (Palacios, 1993).

#### **4.2.2.3 Grupo Tarma**

Según, (Chávez, 1996) se distinguieron dos unidades, una inferior y otra superior, así el contacto inferior con el Grupo Ambo es gradacional, siendo este contacto observable en el Cerro Calizani situados en el extremo central E del cuadrángulo de Putina.

El contacto superior con el Grupo Copacabana es también gradacional, siendo observable en la Quebrada Jarcafunco y entre el Cerro Sombreruni y el Cerro Pupusani situados en el sector del cuadrángulo de Putina. Según, (Chávez, 1996).

#### **4.2.2.4 Grupo Copacabana**

Esta unidad estratigráfica fue descrita por primera vez por (Dunbar Y Newell 1946). El conjunto de afloramientos ocurren en forma dispersa en sector central del cuadrángulo de Putina entre el Cerro Jarancaarpata, Cerro Purapurani, Cerro Paccullpata, Cerro Surapata, Cerro Uyune y Cerro Quillhuani, esto en el sector central de la región.

En (Palacios, 1993) fue dividida litológicamente en tres unidades una inferior, media y otra superior.

#### **4.2.2.5 Grupo Mitú**

El termino Mitú fue aplicado originalmente por (MC Laughlin, 1924) y posteriormente (Newell, 1953) aplica genéricamente este nombre a la sucesión de capas rojas permianas y los volcánicos suprayacentes como un solo grupo. Esta unidad solo aflora entre las cuencas intermedias de la región, reconociéndose sus litologías en la carretera que va de Lampa hacia Pucara (al norte de la Hacienda Muñani Grande) y de Lampa hacia Juliaca (al norte del centro poblado de Pucachupa).



Según (Palacios ,1993) menciona que las litologías más típicas del Grupo Mitú son areniscas arcósicas a sub arcósicas de grano fino a medio, así como grawackas. Estas rocas ocurren en capas de 30 cm de grosor con una laminación fina, estando intercalada con limolitas abigarradas rojas a verdes mostrando una fisilidad muy pobre. Las arenitas pueden presentar estructuras de sobrecarga dentro de unidades de fangolitas subyacentes.

### **4.2.3 MESOZOICA**

#### **4.2.3.1 Formación Muni**

Unidad estratigráfica que ocurre con afloramientos dispersos en la zona central de la región, tienen una orientación noroeste-sureste el mejor conjunto de afloramientos se ubica en el Cuadrángulo de Azángaro (Cerro Soseyapunta, Cerro Tacuni, Cerro Cuchilluni, Cerro Alcamarine). Fue mencionada por primera vez por (Newell, 1945).

Su litología consta de capas de color lila (cerca de 10 cm. de grosor) están generalmente endurecidas y con cimentación calcárea; caliza colorante, intemperizada cristalizada con clastos angulosos de limolitas marrón rojizo; lutitas abigarrada, principalmente colorante y gris; caliza gris, cristaliza de grano fino masiva, parcialmente descalcificada intemperizada en algunas partes; (Newell, 1945).

#### **4.2.3.2 Formación Sipín**

Esta formación aflora en el cuadrángulo de Huancané, cerca del campo petrolífero Pirín-Pusi, sobre el borde suroeste del Lago Titicaca. Fue descrita primero por Newell (1945, 1949), con una sección tipo en el Cerro Sipín (3982, 82925) 2.5 km al suroeste de Pusi.



Su posición estratigráfica fue dada por (Heim, 1946), quien consideró que se encuentra cubriendo a las Calizas Ayabacas. Los resultados de la presente investigación, coinciden con (Newell, 1949), los miembros; La Arenisca Lluçamalla y el Conglomerado Chupa son descritos aquí por primera vez.

#### **4.2.3.3 Grupo Moho**

Descrito por (Newell, 1945), como “Grupo Moho”, esta unidad estratigráfica se restringe a las facies sedimentarias de la Cordillera Oriental, también forma cuerpos alargados con orientación noroeste-sureste.

Según (Palacios, 1993) denomina a esta unidad como Formación Moho, así en una nueva descripción y correlación litológica describe que, esta formación está dominada por limolitas y fangolitas abigarradas con estratificación delgada, laminación en rizaduras y horadadas teniendo varios rasgos persistentes formados por areniscas cuarzosas con estratificación cruzada usualmente entre 20 a 50 m. de grosor.

#### **4.2.3.4 Formación Huancané**

La formación Huancané está principalmente compuesta por areniscas cuarzosas, areniscas conglomeraditas, conglomerados y lutitas. Las areniscas, que constituyen la mayoría de los afloramientos, son blancas o rosadas y contienen en general más de 90% de cuarzo, algunos feldespatos, restos de rocas o chert, y muy poco de matriz. Los granos son subredondeados a redondeados, los que pueden ser cubiertos por el cemento silíceo. Esta cementación no es sistemática, en particular, en la parte superior de la formación, donde las areniscas contienen frecuentemente una matriz de caolinita que las hacen muy friables.

La formación Huancané ha sido dividida en dos unidades (Candía y Carlotto, 1985).



#### **4.2.3.5 Grupo Cotacucho**

Grupo Cotacucho, que comprende distintas sub-unidades. Al techo de este « Grupo Cotacucho », reconoce la arenisca basal de su Formación Vilquechico. Habiendo demostrado más arriba la identidad de la unidad superior del «Grupo Cotacucho» y de la mitad inferior de« Grupo Moho », resulta obvio que la unidad arenosa espesa que conforma la parte media de « Grupo Cotacucho» es estratigráficamente idéntica a la Formación Huancané. El propio (Newell ,1949) habrá mencionado que existe entre ambas unidades una similitud litológica marcada, lo cual fue destacado por (Audebaud, 1976), (Y reiterado por Laubacher y Marocco 1990).

#### **4.2.3.6 Formación Vilquechico**

Su litología tipo según (Palacios ,1993), consta de: arenisca cuarzosa de grano fino a medio, redondeados, blanquecina con laminación cruzada; lutitas y fangolitas que varían de marrón rojizo a caqui, gris verdoso purpura a negro, aunque el color no es indicador estratigráfico, los tonos rojo y verde de los sedimentos son los que dominan la mitad inferior de la secuencia y el tono caqui en la mitad superior.

#### **4.2.3.7 Formación Muñani**

Sus afloramientos se ubican de forma muy dispersa en la zona central de la región, reposando concordantemente sobre la Formación Vilquechico, como ocurre al NW del Poblado de Vilquechico y en el Cerro Cerazo a 5 km. al N de Moho.

Fue descrita por primera vez por (Newell, 1949) y (Palacios, 1993) menciona que consiste en areniscas anaranjadas a marrón rojizo, friables de grano grueso a fino con estratificación cruzada de canal y con un desarrollo irregular de cuarzo secundario como cemento que da lugar a rasgos escarpados.



## **4.2.4 CENOZOICA**

### **4.2.4.1 Grupo Puno**

Descrito por primera vez por (Newell, 1949), la unidad aflora de forma dispersa en la parte central y sur de la región. (Palacios ,1993) menciona que la constitución litológica es de areniscas con conglomerados comunes, limolitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos. Las areniscas en todo lugar son feldespáticas, las cuales pueden ser clasificadas como arcosas, subarcosas y como wackas feldespáticas, son de color rosado a marrón rojizo bien clasificadas, masivas bien estratificadas de tamaño de grano muy variable, con granos de cuarzo monocristalino angular a subredondeados. (Palacios, 1993) dice que las areniscas tiene baja porosidad por que la matriz son minerales de arcillas, cuarzo secundario, calcita o clorita. (Palacios, 1993) dice que los conglomerados de Grupo Puno variedad de clastos, los cuales incluyen calizas grises, cuarcitas y areniscas rojas, limolitas, venas de cuarzo, dioritas, microdioritas, cherts, jaspes, y una selección de volcánicos andesítico basálticos.

### **4.2.4.2 Formación Azángaro**

Esta unidad estratigráfica aparece en el sector central de la región, está relacionada a áreas con pendiente suave. Fue descrita por primera vez por (Newell, 1949) como “depósitos lacustres del Rio Azángaro” y (Palacios, 1993) lo eleva al rango de formación, habiendo tomado como área tipo al Rio Azángaro.

### **4.2.4.3 Depósitos Aluviales**

Estos depósitos se encuentran relacionados a fondos de valle, depresiones, llanuras y laderas de montaña, aquí se observan litologías como: arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la corriente de los ríos flujos de agua y corriente laminares



todas ellas incluyen sedimentos fluviales y coluviales. En los valle principales los sedimentos coluviales y los depósitos fluviales jóvenes con los más antiguos, pueden distinguirse perfectamente, pudiendo ser mapeados separadamente, pero en los valles pequeños y de áreas con tierras levantadas, son generalmente indiferenciables (Palacios, 1993).

Las llanuras aluviales consisten predominantemente de arenas bien clasificadas derivadas en parte de los retrabajamientos de depósitos lacustrinos antiguos. En las áreas de tierras altas muchos de estos materiales aluviales han sido derivados del retrabajamientos de detritos glaciares de morrena y de fluvioglaciares de bloques de grava inconsolidados y de gravas de canto que han rellenado muchos valles (Palacios, 1993).

#### **4.2.4.4 DEPÓSITOS LACUSTRES**

En general son sedimentos de grano fino, predominando los limos y arcillas. El contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas. Frecuentemente presentan estructuras laminadas en niveles muy finos. En condiciones de agua salada se forman precipitados de sales .Las principales propiedades están en relación a su alto contenido de materia orgánica, siendo en general suelos blandos. También se pueden encontrar arcillas asociadas a estos suelos. (Chávez, 1996).



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	GROSOR (m.)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Fm. Azángaro			Limolitas y areniscas limosas beige Disc. eros.	
			Gpo. Barroso	±500		Derrames andesíticos, piroclastos y brechas volcánicas. angularidad	
	NEOGENO	MIOCENO	SUPERIOR	Gpo. Sillapaca	50 500		Tobas, brechas volcánicas, lavas.
				Fm. Palca			Tobas riolíticas riolíticas. Disc. ang.
			MEDIO	Fm. Tinajani	±1000		Conglomerados polimícticos
			INFERIOR	Gpo. Tacaza	±3600		Flujos andesíticos, tobas, brechas y areniscas vulcanoclásticas. Disc. ang.
	PALEOGENO	OLIGOCENO					
		EOCENO PALEOCENO	Gpo. Puno	100 3000		Conglomerados, areniscas de grano grueso, limolitas y delgados niveles tobáceos. Disc. ang.	
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Fm. Muñani	300 800		Areniscas y limoarcillitas marrón rojizas de grano fino a grueso.
Fm. Ausangate						Areniscas roja con niveles de lodolitas.	
Fm. Vilquechico				480 680		Limoarcillitas gris oscuras con niveles de areniscas.	
INFERIOR			Gpo. Moho Fm. Ayavacas	±1.200		Areniscas cuarzosas blancas Calizas y dolomitas grises Areniscas arcóscas y limolitas rojas.	
			Fm. Huancané	100 500		Areniscas cuarzosas blanco rosáceas Calizas laminadas ligeramente espáticas	
			Fm. Mumi Mbo. Sipin	60-140		Areniscas, limoarcillitas rojizas.	
JURASICO		SUPERIOR				Limolitas y areniscas cuarzosas claras	
			MEDIO	Gpo. Lagunillas Gpo. Yura	100 2600		Calizas gris oscuras intercaladas con pelitas negras y areniscas calcáreas.
			INFERIOR				
		PERMIANO	SUPERIOR	Gpo. Iscay	250		Lavas andesíticas, tobas y brechas conglomerados y areniscas rojas
				Gpo. Mitu	3000		Areniscas calcáreas y limolitas rojizas con intercalaciones calcáreas
			INFERIOR	Gpo. Copacabana	100 1000		Calizas gris clara con nodulos de chert en estratos tabulares
SUPERIOR	CARBONIFERO	SUPERIOR	Gpo. Tarma	50-750		Areniscas cuarzosas verdes y limolitas grises	
		INFERIOR	Gpo. Ambo	200 1000		Conglomerados polimícticos, areniscas y limolitas rojizas con niveles pelíticos grises Disc. ang.	
INFERIOR	DEVONIANO	SUPERIOR				Capas delgadas de areniscas y limolitas con lutitas nodulares	
		MEDIO					
		INFERIOR	Gpo. Cabanillas	±3000		Lutitas grises intercaladas con capas delgadas de areniscas, con facies turbidíticas, con presencia de fósiles.	
	SILURIANO						
ORDOVICIANO			Fm. Calapuja	±3500		Lutitas grises con intercalaciones de areniscas y cuarcitas blancas de grano fino.	

Figura 18: Columna estratigráfica regional de Puno.

Fuente: Estudio Geológico (Ing. J. Salas).



### 4.3 GEOLOGIA LOCAL

El área de estudio se ubica en el sector del cerro Azoguini al margen Norte - Oeste de la ciudad, en lo que concierne a los afloramientos litológicos solo se presenta rocas sedimentarias, este mismo tiene diferente composición en distintos lugares.

Los afloramientos rocosos que se tiene en el área están ligados a las rocas sedimentarias se han formado como resultado de la acumulación de sedimentos líticos y/o químicos, orgánicos que por varios procesos han "petrificado"; lítico significa rocoso. Para que cualquier roca se transformen en sedimentos y para que los sedimentos se vuelvan rocas sedimentarias, ocurren varios procesos que son: la meteorización, la erosión, el transporte, la depositación o asentamiento (incluye la precipitación) y la diagénesis o petrificación Newell (1949).

#### 4.3.1 Formación Ayabacas (Kis-Ay)

Formación Ayabacas el nombre fue designado por Cabrera y Petersen (1936), el cual deriva de la localidad de Ayabacas; entre Juliaca y Taraco.

Son rocas sedimentarias de origen marino, formadas por acumulación de sedimentos durante una trasgresión marina en el Cretáceo Medio a Superior.

Litológicamente esta formación consiste de calizas grises claras, dolomías, margas y lutitas limolíticas, con presencia de fósiles e intercalaciones en niveles con chert.

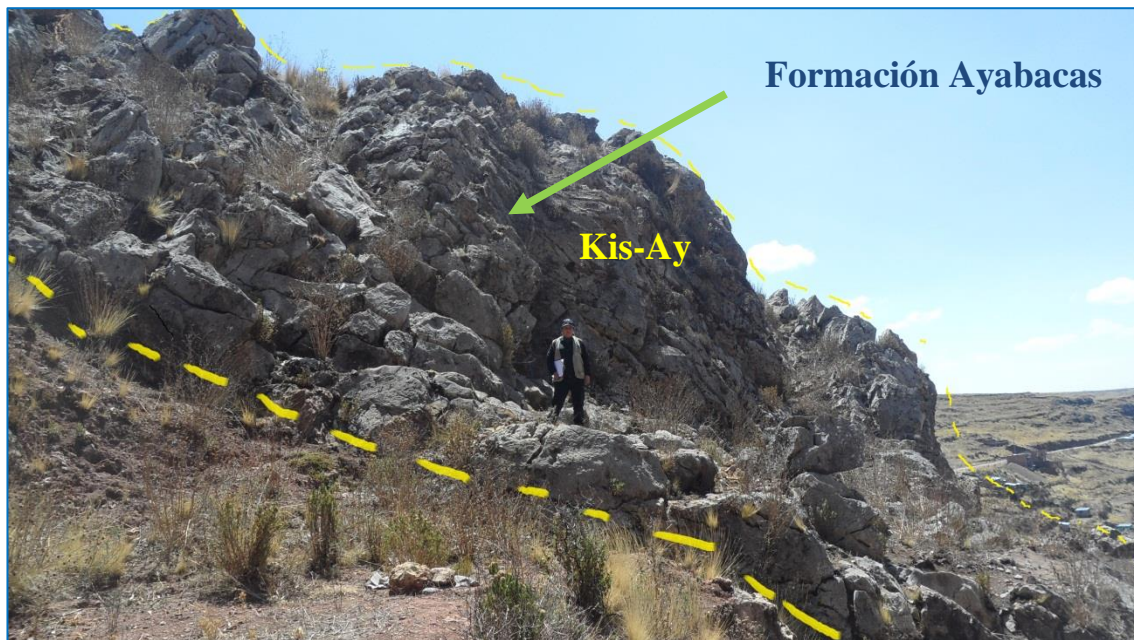
Esta formación fue afectada por el Tectonismo Andino, por lo que estas se presentan distribuidas a manera de olistostromos, y en algunos casos se pueden observar pliegues, como en el afloramiento de la parte sur del área de estudio (Cerro Azoguini).

Se le atribuye la edad de Cretáceo Inferior-Superior (Jong, 1974).

Este conjunto olistostromico del Ayabacas se dio durante un evento distensivo, en donde se formaron estructuras tectónicas con fallas lítricas, las cuales crearon una rampa inclinada que sirvió como zona favorable para el deslizamiento de esta delgada unidad carbonatada, formando así un caos en su resedimentación (Jong, 1974).

Está unidad aflora con estructura transversal a la topografía, Cerros Huacuchune, con rumbos N - S y buzamientos altos, son capas duras con estratificación gruesa y fina; forma interfluvios altos, estables con escasos suelos Newell (1949).

En los cerros Catahuine y Azoguini, forman colinas bajas y altas con fracturamientos en bloques que se derrumban en laderas de alta pendiente; particularmente en Azoguini, donde las urbanizaciones avanzan sin la prevención de estos riesgos. Versiones de vecinos indican que viviendas han sido destruidas por bloques derrumbados Newell (1949).



**Figura 19:** Formación Ayabacas.

**Nota:** La figura muestra los afloramientos de roca calizas de la formación Ayabacas. También muestra el grado de fracturamientos. (Fuente: Propia).



#### 4.3.2 Grupo Puno (P-pu)

Fue Newell (1949) quien le da la categoría de Grupo Puno litológicamente consiste de areniscas arcóscicas pardo rojizas con intercalaciones de conglomerados polimicticos de matriz de arenisca parda rojiza, con clastos subangulosos a subredondeados.

Se ha formado en un ambiente continental, durante el Paleógeno. Subrayase a la Formación Ayabacas e infrayace al Grupo Tacaza (Newell 1949)

##### a) **Antecedentes.**

Describió Gerthi (1915), por primera vez unas capas rojas de areniscas y conglomerados, que afloran al NW de la ciudad de Puno. Fue Newell (1949) quien dio a esta unidad la categoría de grupo Puno. Incluye una gruesa acumulación de sedimentos arcóscicas de facies continentales, mal clasificados, los que se acumularon en cuencas de subsidencia rápida durante el cretáceo superior y el terciario.

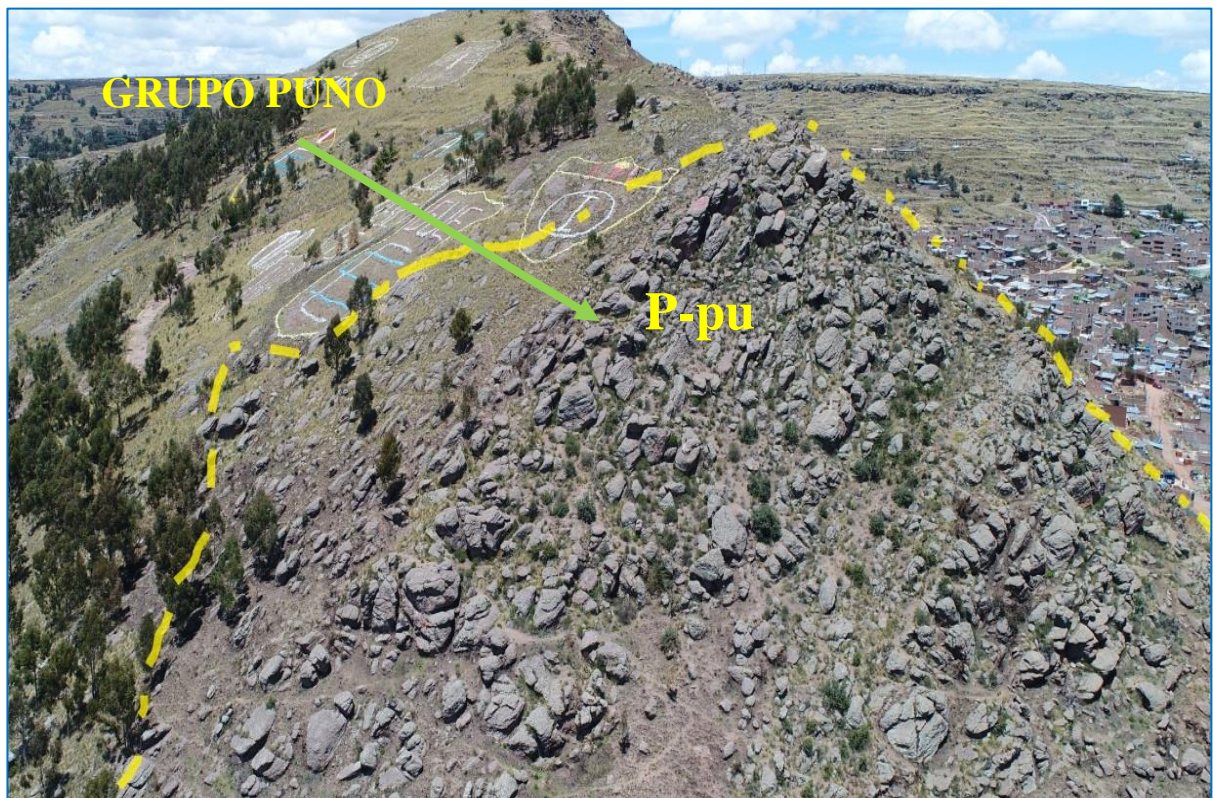
El Grupo puede incluir dos o más unidades de distinta edad, pero solamente ha sido posible realizar una subdivisión informal durante el presente estudio. En términos generales, se encuentra constituido de conglomerados, areniscas, limonitas, algunos niveles de calizas y tobas (Newell 1949).

##### b) **Litología.**

Litológicamente el Grupo Puno, está constituido por areniscas feldespáticas y líticas intercaladas con niveles conglomerados dentro de una matriz rojiza (Newell 1949).

### Posición Estratigráfica.

- Angular sobre los sedimentos de la Formación Ayabacas. El Grupo Puno subrayase de forma discordante a las calizas de la Formación Ayabacas e infrayace transicionalmente a las areniscas tobaceas de la Formación Pichu, en Jayllihuaya aflora típicamente con estratos de rumbo E-O y buzamientos hasta verticales concordantes con las areniscas Muñani (Carlotto V. 1998).
- En la zona baja de los cerros Huayllane - Negro Peque, sobre la que se ha extendido el urbanismo de la ciudad de Puno, aflora con rumbos variables E-O y buzamientos bajos, que favorecen el modelado de baja pendiente (Sigé B. 2004).



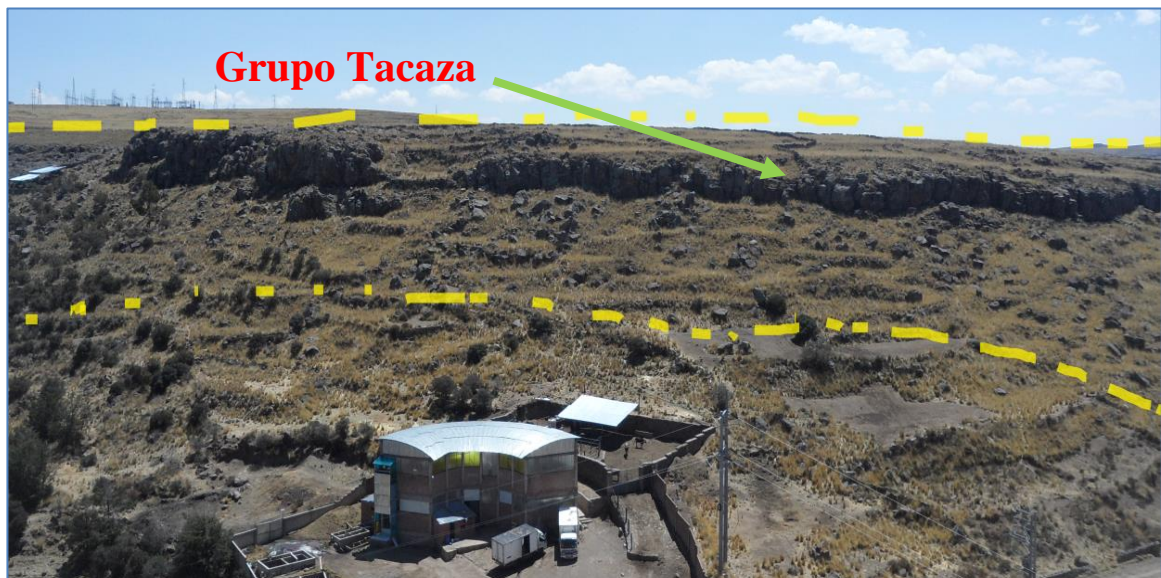
*Figura 20:* Grupo Puno.

**Nota:** En la figura se muestra los afloramientos de los conglomerados del Grupo Puno. (Fuente: Propia).

### 4.3.3 Grupo Tacaza (PN-ta)

Litológicamente está compuesto de lavas andesíticas porfíricas y brechas volcánicas de matriz verdoso con cristales de plagioclasas los afloramientos de las brechas volcánicas se presentan zonas de mineralización minerales de Fe, Mn, y otros rellenan las fracturas o la masa rocosa en profundidad y superficie por lo que se dice que el Grupo Tacaza es un metalotecto. El nombre proviene de la mina Tacaza, fue (Yenks. 1946) quien emplea por primera vez el término Volcánico Tacaza, hasta que (Maroco y Pino 1976) le dieron la categoría de Grupo.

Son acumulaciones de rocas volcánicas, constituidas litológicamente de lavas andesíticas porfíricas con cristales de plagioclasas y brechas volcánicas de matriz de lava verdosa. Fue afectada por la Orogenia Andina, se presentan afloramientos con presencia de fracturamientos y fallamientos, y estos fueron aprovechados por fluidos mineralizantes, (Maroco y Pino 1976).



**Figura 21:** Grupo Tacaza.

**Nota:** En la figura se muestra el grupo Tacaza de rocas andesíticas. (Fuente: Propia).

#### 4.3.4 Formación Vilquechico (Ks-vi)

Según Newell (1949), el Grupo Vilquechico descansa sobre la Formación Ayabacas, sellando los olistolitos caóticos característicos de ésta, y subyace a la Formación Muñani. La unidad aflora en el eje de los sinclinales del corrimiento tectónico y también aflora en la parte derecha del cerro Azoguini.

Edad asignada Campiano a Paleoceno Inferior, atribuyéndola al cretáceo superior por una fauna encontrada en la parte media de esta formación Newell (1949).

Según Jaillard (1993), comprende tres formaciones, Formación Vilquechico Inferior, Media, Superior; las cuales una litología, trama y textura fotogramétrica diferente, cuyas subunidades componen las rocas pelíticas con conmutaciones en el color según el perfil estratigráfico; así, como la distinción de litología mediante las ondas de los sensores remotos.



**Figura 22:** Formación Vilquechico.

**Nota:** La figura muestra la formación Vilquechico compuesta por limos y arcilla gris. (Fuente: Propia).



#### **4.3.5 Cuaternario Aluviales (Qh-al)**

La región de Puno tiene actividades fluvial y pluviales intensas que ejercen una acción erosiva acelerada por las acciones humanas.

En épocas de lluvias diciembre-abril, con frecuencia las calles de la ciudad se convierten en drenes pluviales que bajan desde las cimas de los cerros y cruzan la ciudad transportando los sedimentos finos y gruesos, parte de las cuales temporalmente quedan en las calles y posteriormente llegan a la zona de inundación, luego el total y finalmente la bahía; de esta manera el plano de inundación avanza ganando tierra a la laguna. Algunos lechos pluviales tienen un comportamiento de huaycos-cárcavas de alto riesgo como la quebrada del cerro Azoguini (principalmente estabilizada con micro presas), esta última tiene una morfología de quebrada-carca va en gravas muy activa con lechos amplios. Por otro lado, en las unidades litológicas arcillosas rojas el cárcaveo en laderas es frecuente y a veces concentrado en depósitos coluviales, (Chávez, 1996).

##### **Depósitos Aluviales Antiguos (Qh-al1)**

Constituidos por materiales transportados en grandes masas compuesto por clastos redondeados y subredondeados con intercalaciones de arena, limo y arcillas. (Chávez, 1996).

##### **Depósitos Aluviales Recientes (Qh-al2)**

Constituidos por materiales compuestos por arenas y limoarcillitas semiconsolidados. (Chávez, 1996).



**Tabla 12:** Columna estratigráfica local de la Región Puno.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL						
ERA			LITO			
TEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	LOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. Aluviales Resientes	Qh-C	Conjunto heterogéneo de fragmentos angulosos y sub angulosos englobados en una matriz arenosa – limosa (Qh-al1 y Qh-al2)	
			Dep. Aluviales Antiguos			
		PLEISTOCENA	Gpo. Volcánico Barroso	NQ- ba	Derrames andesíticos, piroclastos y brechas volcánicas	
			NEOCENO	PLIOCENO	Volcánico. Tacaza	N - ta
	PALEOCENO	MIOCENO	OLIGOCENO	Gpo. Puno	P- pu	Conglomerados y areniscas de grano grueso, limolitas, lutitas y delgados niveles tobaceos.
			EOCENO			
			PALEOCENO			
		Superior	Fm. Muñani	Ks-mñ	Areniscas cuarzosas	
			Fm. Vilquechico	Ks-vi	Limos arcillitas	
			Fm. Ayabacas	Kis- ay	Calizas y dolomitas grisáceos	
CRETACIO	Inferior	Fm. Huancané	Ki - hn	Areniscas Cuarzosas feldespáticas.		
		Fm. Muni	JsKi - mu	Lutitas, Limo arcillas rojizas.		

Fuente: Elaboración Propia.



#### **4.4 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

Los caracteres geomorfológicos locales de la zona se deben a procesos exógenos de degradación y a gradación o acumulación, cuya secuencia de conformación estaría dada a partir de la presencia de diferentes litologías, a partir de este se produce una intensa erosión lineal, dando lugar a valles en forma de “V”, se constituyeron los depósitos Fluvio – aluviales del cuaternario reciente (Thorbury, W.1996).

#### **4.5 GEOMORFOLOGÍA LOCAL**

Según (Palacios, 1993), la clasificación de características geomorfológicas del territorio peruano, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de las unidades morfo-estructurales denominadas Altiplano – cordillera occidental, comprendida entre las cordilleras Occidental y Oriental de los Andes del Sur del Perú.

#### **4.6 TOPOGRAFÍA**

En la topografía se describen los diferentes geoformas, tratando específicamente de todas los rasgos orogénicos que sobresalieron en la zona de estudio.

En el territorio peruano y específicamente en la zona del Cerro Azoguini se presentan diferentes unidades geomorfológicas

#### **4.7 RELIEVE Y PENDIENTES**

Son el modelo morfológico de la superficie terrestre, representan diferentes accidentes geográficos que presentan los suelos de la zona de estudio, cuyas unidades cartográficas que presentan a los rasgos de pendiente.

**Tabla 13:** Rango de pendientes.

RANGO DE PENDIENTES	
Rango De Pendientes (%)	Descripción
00-04	Nula O Casi Al Nivel
04-08	Ligeramente Inclinada
08-15	Ligeramente Inclinada A Moderadamente Empinada
15-25	Moderadamente Empinada
25-50	Empinada
50-75	Muy Empinada
>75	Extremadamente Empinada

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de métodos y técnicas de evaluación de riesgos.

#### 4.7.1 RELIEVE

Ha sido determinada por los movimientos tectónicos que lo han afectado a lo largo de todos los ciclos orogénicos. Particularmente la región del altiplano ha sufrido una evolución estructural que llega hasta tiempos muy recientes, con fenómenos de levantamiento y vulcanismo aún activos. Durante el Cuaternario la evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternancia de períodos húmedos y secos, cálidos y glaciares ha determinado en el Resumen ejecutivo, (Zonificación Ecológica Económica, ZEE 2015).

Altiplano el desarrollo de lagos sucesivamente más amplios y reducidos que los actuales. Durante el Pleistoceno superior se sucedieron varias fases glaciares que determinaron una progresiva reducción de la superficie lacustre en el norte del altiplano: al comienzo de la época llegaba a unos 200 m por encima de su nivel actual, con un área inundada de más de 50.000 km<sup>2</sup>, contra los aproximadamente 8.000 actuales. (Zonificación Ecológica Económica, ZEE 2015).

#### 4.7.2 TERRAZAS

El fondo del cerro Azoguini se observa (terrazza del Grupo Barroso), por el avanzado proceso de colmatación y posterior encajonamiento de los lechos de los ríos, se han formado terrazas amplias de arenas, arcillas y guijarros.

Estas poseen los mejores suelos agrícolas de la micro cuenca, que están en proceso de urbanización; (Zonificación Ecológica Económica, ZEE 2015).



**Figura 23:** Terraza Volcánica. (Fuente: Propia).

**Nota:** Tomada NW Presentan superficies planas y un cambio de pendiente al terminar esta superficie, generalmente con pendientes superiores al 100%. Esta unidad es característica del Grupo Barroso.

#### 4.7.3 SISTEMA MONTAÑOSO




Está constituido por geoformas originadas por edificación tectónica y volcánica; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica. En conjunto el sistema montañoso presenta espectacularidades que en conjunción con la zona, ofrece una gran riqueza mineral, refugio de flora y fauna silvestre (Instituto Geográfico Nacional del Perú, IGN 2018)



#### 4.7.3.1 COLINAS

- a) **COLINAS ALTAS:** Se encuentran principalmente en las zonas circundantes del área, por el desgaste lento sobre las rocas volcánicas de naturaleza brechas andesíticas principalmente, el modelado es abrupto. (Diccionario geológico 2011)
- Estas colinas altas son: Cerró Azoguini, Cerro Cancharani y Cerro Pucara entre los más importantes.
- b) **COLINAS BAJAS:** Se han formado en las partes más bajas, con laderas suaves que gradualmente pasan a las geoformas de aplanamiento. (Diccionario geológico 2011)
- c) **ESPOLONES MONTAÑOSOS:** Estas se presentan en las zonas altas como en la parte alta de la universidad y el Cerro Cancharani. (Diccionario geológico 2011)
- d) **CADENA MONTAÑOSA CIRCUNLACUSTRE:** Las cadenas se muestran alrededor de la zona del estudio cuales son presentadas por las formaciones. (Diccionario geológico 2011)
- e) **LADERAS O PIE DE MONTAÑA:** Se emplazan en los flancos de las montañas, presentan pendientes variadas y cubiertas por material coluvial de relativa estabilidad. Es en ésta zona donde se aprecia con mayor énfasis la erosión laminar. (Diccionario geológico 2011)

**Tabla 14:** Sistema y unidades geomorfológicas.

SISTEMA	SUB SISTEMA	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
<b>MONTAÑOS O</b>	COLINAS	Colina Media	M-CM	Elevación De Terreno Con Pendiente Media-Alta (Máx. 150m)
		Colina Baja	M- CB	Elevación De Terreno Con Pendiente Baja- Media (Máx. 50m)
	LADERAS	Ladera Con Pendiente Alta	M-LA	Terreno Inclinado Alto En Una Montaña (25°-50°)
		Ladera Con Pendiente Media	M-LM	Terreno Inclinado Medio En Una Montaña (15°-25°)
		Ladera Con Pendiente Baja	M-LB	Terreno Inclinado Bajo En Montaña (08°-15°)
	VOLCANO ESTRUCTURAL	Planicie	M- VoP	Extensión De Terreno Más O Menos Plana
		Escarpa	M-VoE	Fuerte Desnivel En Los Terrenos Que Delimita Superficies Planas
		Cima	M-CL	Parte Más Elevada De Un Cerro O Montaña
		Lomada	M-LO	Elevación De Terreno Con Pendiente Baja (Máx. 10m)
	<b>LACUSTRE</b>		Llanura	L-LI
		Llanura De Inundación	L-LII	Planicie Lacustrina Con Inundación En Tiempos De Lluvia
<b>FLUVIAL</b>		Valle En V	F-VF	Depresión Del Terreno En Forma Longitudinal (Fluvial)
<b>GLACIAR</b>		Drenaje	 Ríos	
		Valle En U	G-VG	Depresión Del Terreno En Forma Longitudinal (Glaciar)
<b>ANTRÓPICO</b>		Vías De Acceso		Vías De Acceso Locales, Distritales Y Regionales
		Vía Férreas		Vía Férrea Departamental

**Fuente:** Elaboración Propia.



#### **4.8 HIDROGEOLOGÍA**

La hidrogeología de la zona es muy varia puesto a que la alimentación de todas la precipitaciones llega al lago ocurren por distintas zonas.

##### **a) ESCORRENTIA SUPERFICIAL**

La escorrentía no se da pues en las épocas de la presencia de lluvias cuales se presentan muchos de estos en las zonas altas de la zona. (Diccionario geológico 2011)

##### **b) AGUAS SUBTERRANEAS**

Las aguas subterráneas en la zona de estudios están presentes ya que hay presencia de manantiales. (Diccionario geológico 2011)

##### **c) MANANTIALES**

Estos están presentes en los lugares donde se presentan las alturas de las aguas subterráneas. (Diccionario geológico 2011)

Como en los jirones Piura e Independencia hay manantiales que abastecen de agua a todo el barrio.

#### **4.9 SISTEMA ANTRÓPICO**

Dentro de este sistema de clasificación a todos aquellos cambios en el relieve que el hombre ha causado con fines de beneficios económicos y social, el ser humano en la mayoría de las veces realiza acciones que desequilibran lo natural, originando algo llamado sistema antrópico, el cual está integrado por una serie de elementos que van de la mano con el desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial y cultural de la sociedad.



En la zona de estudio se observó varios tipos de unidades antrópicas, terrazas, casas, carreteras asfaltadas y afinadas, esto originado por el hombre. (Zonificación Ecológica Económica, ZEE 2015).

- **Carreteras afirmadas:** Esta unidad es producto del hombre para trasladarse de un lugar a otro en la zona de estudio se observó carreteras afirmadas que va entrando por el NE.
- **Terraza antrópica:** Son unidades producidas por el hombre, en el área de estudio se presenta en las laderas de colinas y en las mismas laderas de las mismas terrazas volcánicas. La construcción de andenerías agrícolas, ayudan a modelar el paisaje de la superficie.
- **Viviendas:** Esta construcción está contribuyendo a las modificaciones del modelado natural, construyendo estas obras para el mismo refugio del hombre. En la zona de estudio se puede observar varias casas y otras están juntas y otras aisladas.

## 4.10 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

### 4.10.1 TECTÓNICA REGIONAL

Se aprecia La geología estructural regional muestra que los movimientos tectónicos del levantamiento Andino han quedado marcadas en la región, pues la mayoría de las formaciones plegadas y levantadas han tomado un rumbo SE - NW que es más o menos paralelo a la alineación de la cordillera. Por líneas dinámicas marcadas en la región, pues la mayoría de las formaciones plegadas y levantadas han tomado un rumbo SE - NW que es más o menos paralelo a la alineación de la cordillera, (INGEMMET).





## **4.10.2 TECTÓNICA**

Como se sabe para la formación de los andes en el que hubo eventos tectónicos que concluyeron con el levantamiento de los andes debido a estos movimientos se originaron grandes fallas regionales y locales en todo el altiplano y también hubo un intenso magmatismo que trajo consigo el modelamiento de los diferentes lugares. (Aubouin J y Brousse R. 1980)

### **4.10.2.1 TECTÓNICA LOCAL**

Se encuentra ubicada casi en el eje central de la fosa tectónica del Titicaca, entre las cordilleras oriental y occidental, desarrolladas durante y después de las efusiones volcánicas asociadas el Tectonismo de esa época. En este marco, la micro cuenca de Puno está en el borde Nor Oriental de la zona de vulcanismo desarrollada en la parte central del Altiplano. (INGEMMET).

Después de la distribución estructural y la efusión volcánica, en la región no se ha producido movimientos tectónicos importantes, sienta el actual un periodo de calma tectónica y volcánica por lo que el área tiene una relativa estabilidad tectónica. , (INGEMMET).

### **4.10.3 SISTEMA DE ESTRUCTURALES**

En la zona de estudio se presentan estructuras con grandes deformaciones y plegamientos de la bahía interior de Puno y la Micro cuenca, tienen relación con el sistema de fallamientos y existente, EN la época cretáceo paleógeno-neógeno.



#### **4.10.3.1 DIACLASAMIENTO**

En la zona de estudio se pudo observar claramente que estuvo afectado por movimientos tectónicos los cuales dejaron en la zona un intenso fracturamiento en los macizos rocosos todos estos fracturamientos que presenta el afloramiento rocoso fueron producidos de las fallas locales que presenta, (Mattaueer, 1973).

#### **4.10.3.2 DISCORDANCIA**

La zona de estudio se podría decir que hay una falla con una dirección de 65 NE que tuvo mucho que ver en los diferentes desclasamientos que se presentan. Y también es necesario decir que estas diaclasas son producto de esfuerzos causados por los movimientos tectónicos, (James Hutton 1787).

#### **4.10.3.3 CONTACTOS**

La superficie que separa los cuerpos de rocas de diferentes litologías, o tipos de rocas. Un contacto puede ser concordante o discordante, según los tipos de rocas, sus edades relativas y sus disposiciones. Una superficie de falla también puede actuar como un contacto. (Sam Boggs 1994)

La formación geológica del sitio del movimiento es un factor determinante en mecanismo de falla y en el comportamiento de un movimiento en un talud, especialmente en ambientes tropicales de montaña donde la textura y estructura geológica definen por lo general, la ocurrencia de fallas en los taludes, (James Hutton 1787). Como se muestra en la figura 18.



*Figura 24:* Zona de contacto.

**Nota:** Muestra los contactos que se pudo apreciar son entre los conglomerados con intercalación de areniscas y lutitas del Grupo Puno con las Calizas de la Formación Ayabacas y está a su vez con El Grupo Tacaza. (Fuente: Propia).

## 4.11 GEOTECNIA

### 4.11.1 MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan problemas relacionados a la consolidación de partículas subatómicas y de los sedimentos. Incluye temas importantes como la investigación de las propiedades físicas y químicas del suelo, la teoría del comportamiento de los suelos sujetos a cargas y la aplicación de dichos conocimientos empíricos a la práctica, (Terzaghi 1996).

El comportamiento estático de la estructura también estará determinado por la funcionalidad del material aplicado, quien en todo momento interactúa con el medio del soporte. (Terzaghi 1996).



**a) Propiedades Físicas.** El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos y gaseosos. La proporción de los componentes de este determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas. (Métodos SUCS y AASHTO).

#### **4.11.2 Clasificación de los suelos**

La determinación y cuantificación de las propiedades de un suelo, efectuadas mediante ensayos vistos en el anterior apartado, tienen como objetivo último, el establecimiento de una división sistemática de los diferentes tipos de suelos existentes, atendiendo a la similitud de sus caracteres físicos y geomecánicos. Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero una primera idea cercana acerca del comportamiento que cabe esperar un suelo como cimiento firme, a partir de propiedades de sencilla determinación; normalmente. De las múltiples clasificaciones existentes, se nombrará a las que se considera unas de las más importantes como son: El Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS) y el Sistema de Clasificación AASHTO.

#### **4.11.3 MACIZOS ROCOSOS**

Los macizos rocosos (las masas rocosas) ocurren en la naturaleza y medio ambientes geológicos afectados por planos de discontinuidad (discontinuidades) o planos de debilidad que separan a los bloques de matriz rocosa, ambos conjuntos la matriz rocosa y discontinuidades forman el macizo rocoso, un macizo rocoso es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula. (Hoek Brown y Diederichs 2006).



El conjunto de discontinuidades y bloques de matriz gobiernan el comportamiento mecánico global del **macizo rocoso**, es así, que para el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso se debe analizar las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades. (Hoek Brown y Diederichs 2006).

#### **4.11.3.1 CLASIFICACIÓN RMR (Bieniawski, 1973).**

La clasificación geomecánica de Bieniawski 1973, el sistema consiste de una metodología de clasificación de macizos rocosos que permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo rocoso.

La clasificación RMR tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- La resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- El grado de fracturación en parámetros del RQD.
- El espaciado de las discontinuidades (planos de debilidad).
- Las condiciones de las discontinuidades.
- Parámetros o condiciones hidrogeológicas.
- La orientación de las discontinuidades con respecto a la estructura de excavación.

En conjunto el efecto de los parámetros geomecánicos sobre el comportamiento del macizo rocoso se expresa mediante el índice de calidad RMR (rock mass rating), este índice varía de 0 a 100 y expresa la calidad de la roca para su uso en obras de ingeniería civil.

**Tabla 15:** Clasificación RM

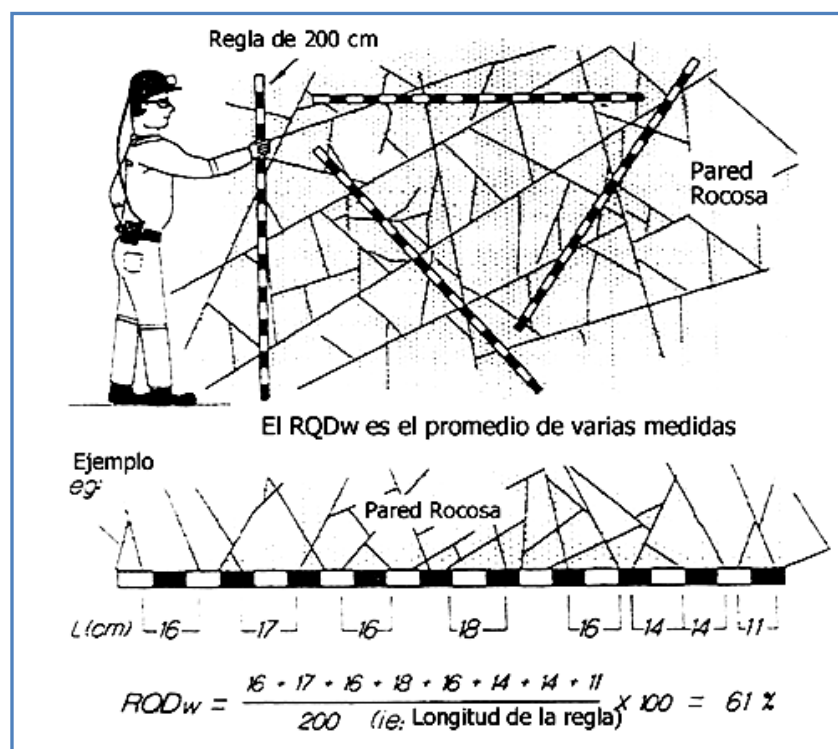
1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple en (Mpa)		
			> 250	250-10	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
		Compresión simple	> 250	250-10	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2		RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
		Puntuación	20	15	10	8	5		
3		separación entre diaclasa	>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06m		
		Puntuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 metros de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros por min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

**FUENTE:** Parámetros determinados por Bieniawski, 1973.

#### 4.11.3.2 ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA RQD

El RQD se ha estimado midiendo la cantidad de discontinuidades en 1 m<sup>2</sup> del talud. Su valor fue determinado usando la formula empírica propuesta por Bieniawski (1973).

El RQD se puede estimar del levantamiento de las fracturas expuestas en una tabla o pilar. Se coloca una regla de 2.0 m de longitud en varias direcciones. Es importante no considerar las fracturas frescas creadas con las voladuras o por las concentraciones de esfuerzos.



**Figura 25:** Estimación del RQD a partir de la separación de las fracturas en el macizo rocoso.

El RQD pretende representar la calidad del macizo rocoso in situ. Cuando se utiliza la perforación diamantina, se debe tener mucho cuidado para garantizar que las fracturas causadas por el manipuleo o el proceso de perforación sean identificadas e ignoradas cuando se determine el valor del RQD. Es utilizado ampliamente en las aplicaciones de la mecánica de rocas. Bieniawski (1973).



## CAPITULO V

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS EXISTENTES ENTRE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS Y LOS DESASTRES EN EL CERRO AZOGUINI.

En la zona de estudio se ha ejecutado una evaluación de riesgos geológicos a lo largo de todo el cerro Azoguini (evaluando los siguientes barrios: Miraflores, Las Cruces, Huáscar, Azoguini) se detectaron zonas de riesgo, este estudio ha sido preparado sobre la base de la información colectada, analizada e interpretada. Los riesgos geológicos fueron definidos como deslizamientos de rocas, de moderada a alta peligrosidad, llevando a cabo diferentes monitoreos y generando una base de datos de deslizamientos con sus evaluaciones de riesgo respectivos.

##### 5.1.1 Identificación Factores Condicionantes y desencadenantes de riesgo Geológico.

➤ **Factor condicionante movimientos de masas.**

Son procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masa rocosa producto de la fracturación y/o meteorización de los depósitos no cimentados por efectos de gravedad.

En campo se identificaron estos movimientos en masa utilizando la clasificación de Varnes (1978 ), en donde se pudieron identificar los procesos antiguos, sin embargo al momento de hacer el análisis de distribución de movimientos en masa en las diferentes unidades de los mapas de factores usados para obtener la vulnerabilidad, no se ha tenido en cuenta este punto, ya que el criterio adoptado sugiere que un deslizamientos antiguo puede ser reactivado en cualquier momento





por efectos de cambios climáticos o por alteración de su condición de estabilidad, como podría ser el realizar cortes en laderas para construir una carretera por ejemplo. Movimiento en masa no ha sido utilizado de manera genérica, debido a que se han reconocido movimientos en masa de tipo deslizamiento, caída de rocas. (Vílchez, 2007).

➤ **Factores desencadenantes**

Las lluvias intensas o precipitaciones intensas son un factor determinante para la generación de flujos de detritos y otros tipos de movimientos en masa. Se pueden generar en una cuenca en función al área de captación, las alturas, pendientes y cobertura vegetal, la respuesta del evento de escorrentía se producirá de forma inmediata o tardará un tiempo hasta alcanzar el cauce de la quebrada a través del desplazamiento de un flujo por sus afluentes. (Faustino, 2006).

La respuesta del evento de escorrentía se producirá de forma inmediata o tardará un tiempo hasta alcanzar el cauce de la quebrada a través del desplazamiento de un flujo por sus afluentes.

El día 21 de diciembre del 2018, las intensas lluvias registradas anoche, es preludio del inicio del periodo alto de lluvias en el Altiplano, según el Senamhi Puno, en los siguientes días las lluvias se registrarán en gran parte de las provincias de la región del Altiplano (Diario Andina).



### 5.1.2 Identificación de factores de deslizamientos y/o riesgo geológico.

Se identificaron los movimientos de masa por giros de bloques:

A. Vuelcos.

Se identificó movimiento por rotación hacia delante y hacia el exterior de la ladera, de una masa roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Las fuerzas desestabilizadoras son la gravedad y las fuerzas ejercidas por el terreno adyacente o por fluidos en las grietas (Braja M., 2001).

B. Desplome.

Se identificó en los bordes del talud rocoso. Bloques de roca competente separados ligeramente sobre rocas débiles. Desplazamiento sub horizontal lento de los bloques provocados por la erosión del material rocoso. (Varnes, 1978).

C. Deslizamiento rotacional.

Vista en planta se define una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento.

D. Frecuentemente la forma de localización de la superficie de la falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación (Varnes, 1978).

E. Deslizamiento traslacional.

Cuando los bloques de suelo o roca se deslizan sobre una sola superficie se denomina deslizamientos planos y cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obliga a la masa de roca a desplazarse según la línea de intersección se habla de deslizamientos de cuña. (Varnes, 1978).



F. Desplazamiento discordante.

Los bloques de roca se pueden trasladar sobre la superficie con un buzamiento de los estratos no coinciden con la ladera y tiene mayor pendiente. (Varnes, 1978).

G. Inestabilidad por falla geológica.

La falla que se encuentra en la zona del proyecto, podría provocar un deslizamiento de bloques de roca. La falla geológica actúa como planos de deslizamiento.

## **5.2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA ZONA POBLACIONAL Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS FENÓMENOS NATURALES**

La complejidad que implica planear, ejecutar y evaluar acciones que incluye la inversión económica para conocer, reducir y controlar el riesgo, nos obliga a preguntarnos ¿qué ocurrirá si un fenómeno de una determinada magnitud impactará sobre un centro urbano y/o rural con ciertas características de fragilidad y resiliencia?, la respuesta lógica para contestar esta pregunta sería utilizar la información técnica y/o científica disponible y contar con la participación de equipos multidisciplinario.

Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos. (Manual CENEPRED v 2).

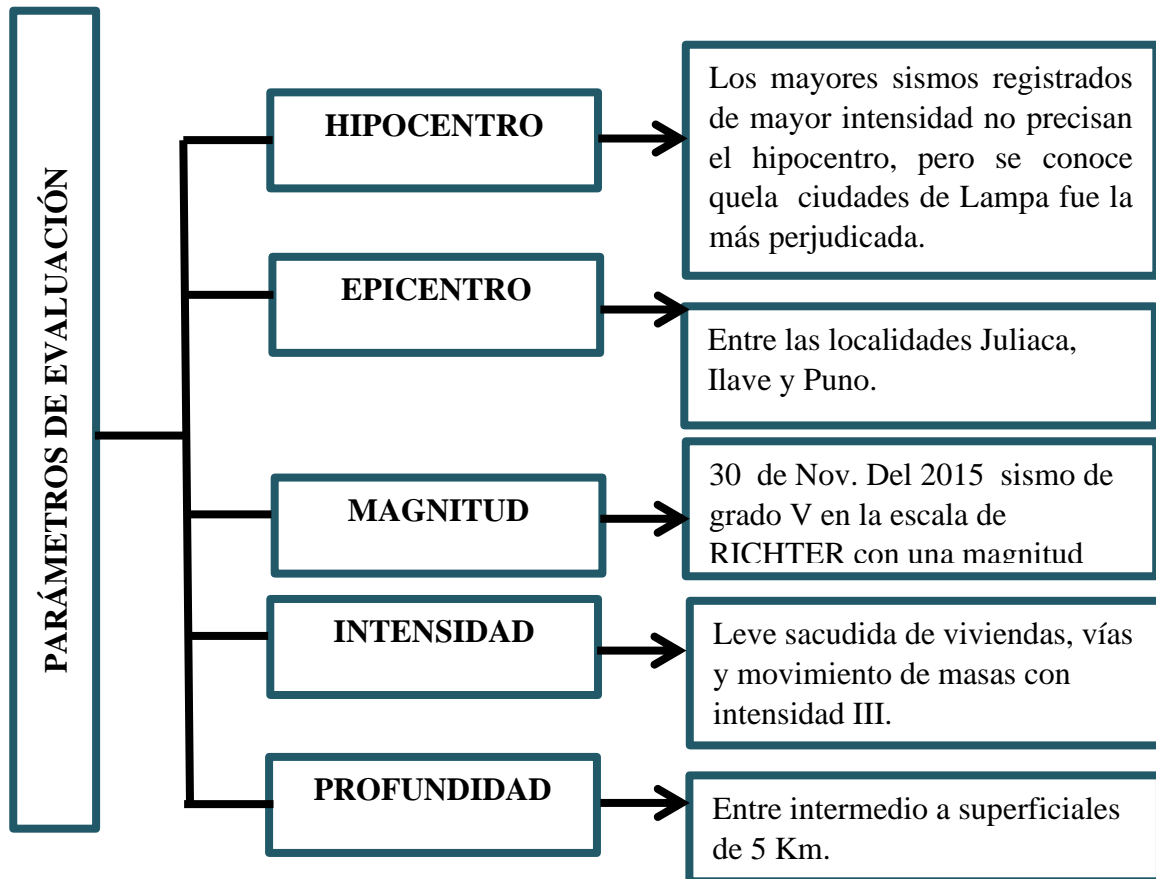
### **5.2.1 PELIGROS POR FENÓMENO NATURAL**

Una vez identificado el área de influencia de los peligros generados por fenómenos de origen natural es necesario evaluar los parámetros que intervienen en la génesis (mecanismo generador) de los fenómenos, los mismos que facilitan su evaluación. En la definición de los parámetros de evaluación se sigue la estructura de la clasificación de peligros indicada en el gráfico N°1. (Manual CENEPRED v 2).

a) Peligros generados por fenómeno de geodinámica interna.

- Sismos: Parámetros de evaluación

**GRÁFICO N° 1:** Parámetros para la identificación y caracterización del peligro.



*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

**Nota:** En el gráfico se muestran los parámetros de identificación de sismos en la región de Puno, las zonas de riesgo relacionadas con los procesos de geodinámica interna y externa son eventos no recurrentes, sin embargo pueden ocurrir en cualquier momento.

**Tabla 16:** Escala de intensidad de Mercalli modificada, 1999.

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposos, especialmente en pisos altos de edificaciones. Objetos suspendidos delicadamente pueden oscilar.
III	Sentido muy sensiblemente por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un cambio. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos se despiertan. Platos, ventanas, puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

**Nota:** En la escala de intensidad de los sismos ocurridos en la región Puno es de una intensidad de grado III.

Los peligros generados por fenómenos de origen natural pueden subdividirse en aquellos originados por la geodinámica interna (sismos, tsunamis o maremotos y el vulcanismo), los de geodinámica externa (caídas, los volcamientos, los deslizamientos de roca o suelo, la propagación lateral, el flujo, la reptación y las deformaciones gravitacionales profundas) y los hidrometeorológicos y oceanográficos (inundaciones la lluvias intensas, los oleajes anómalos, la sequía, el descenso de temperatura, las granizadas. (Manual CENEPRED v 2).



## 5.2.2 PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENO DE GEODINÁMICA EXTERNA

a) **Movimientos de masa:** Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad. Varnes (1978).

En la zona del proyecto se identificaron estos movimientos en masa como la caída de rocas.

La caída de rocas es Fenómenos que presentan una ruptura brusca y caída más o menos libre y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa “en seco”. Gran parte del transporte se da en el medio aéreo, pero también existe un componente de salto y rodamiento.

- Los derrumbes y caída de bloques son antiguos en el área de estudio.
- La presencia de bloques de roca con gran tamaño (2m X 1.5m Aprox.) y como mínimo (1m X 80 cm Aprox.) ubicadas en la parte Nor-Oeste y Sur – Oeste de la zona del proyecto de los barrios Huáscar, Las Cruces y Azoguini.

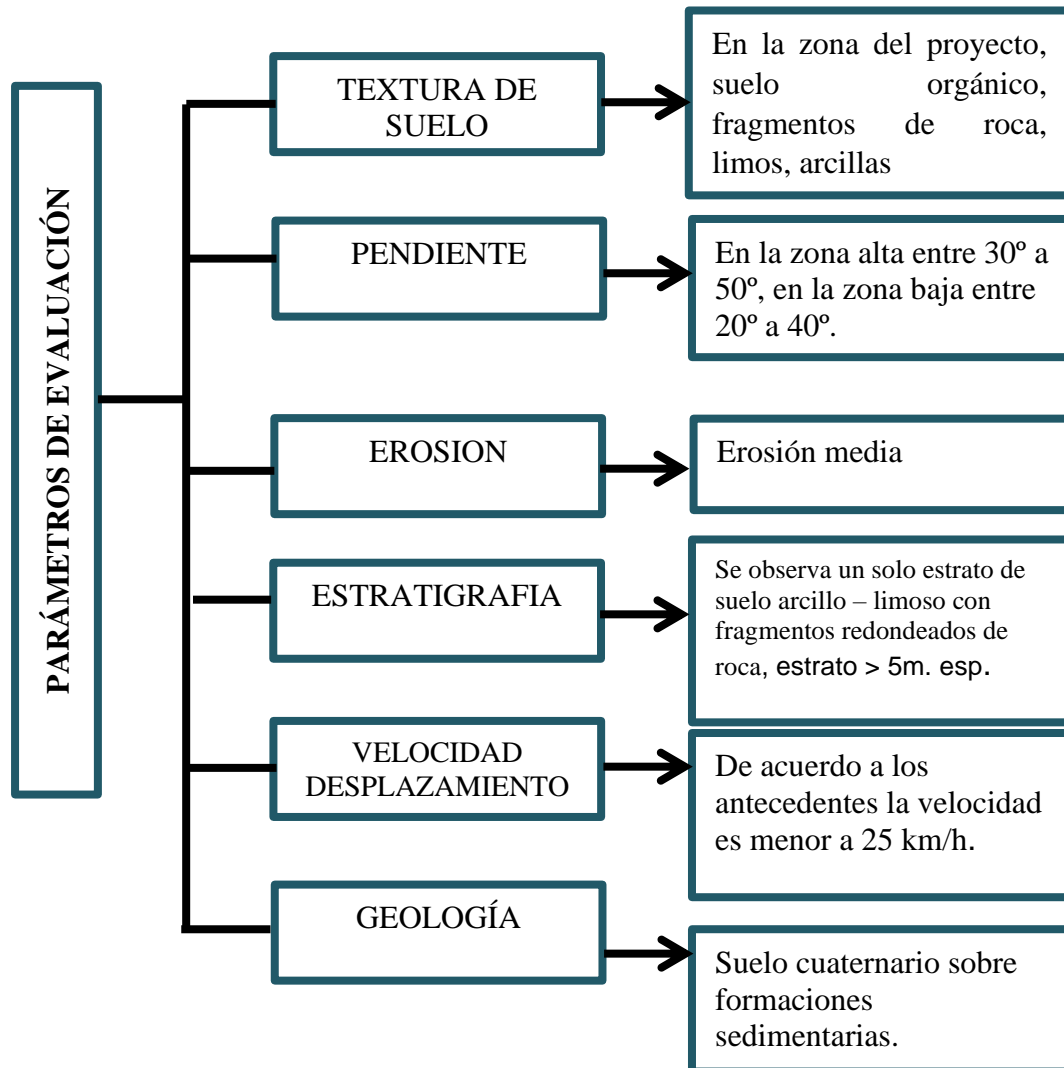
Así como tal la vegetación cumple la función de estabilizador del suelo, las raíces profundas proveen un sostenimiento de suelos que al introducirse al suelo y servir de anclaje contra el sustrato rocoso, por otro lado en zonas donde la cobertura vegetal es densa, sus principales hojas cumplen un papel amortiguador del golpe directo de las gotas de lluvia contra la superficie desnuda del suelo, reduciendo los efectos de erosión e infiltración de aguas.

En la zona del proyecto de estudio se ha podido observar que en las zonas donde más se presentan la caída de roca, la cobertura vegetal no es mucha.

La forma que presenta la zona del proyecto también ejerce influencia en la aparición de caída de bloques.

La hipótesis de trabajo plantea los siguientes enunciados:

**GRAFICO N° 2:** Fenómenos de Geodinámica Externa movimiento de masa.



**Fuente:** Modificado del Manual CENEPRED V2.

**Tabla 17:** Parámetros de erosión de suelo.

	PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO	
Descriptores	G 4	Grado de Intensidad de la erosión hídrica (Mg/mm.a) ligera	PG 4	0.068
	IE 2	Índice de riesgo de la erosión. Alto	PIE 2	0.260
		Perdida del suelo por erosión laminar (T/ha año) Moderado		0.134

*Fuente:* Adaptado Delgado 1997 / Modificado: CENEPRED.

### 5.2.3 EVALUACIÓN POR DESCENSO DE TEMPERATURA

América del Sur presenta una singularidad topografía debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, ésta ejerce una marcada influencia sobre los sistemas meteorológicos en varias escalas espaciales y temporales. El efecto más claro es el intercambio de masas de aire entre los trópicos y los extra trópicos.

Un episodio importante es la incursión de masas de aire frío y seco procedentes de la región polar hacia latitudes tropicales, generando heladas región andina.

- **Helada.-**Durante el día la superficie de la tierra es irradiada por el Sol, transportando energía produciéndose procesos físicos como la absorción de energía calentando el suelo, las plantas, cuerpos de agua, etc. Al ponerse el Sol la superficie de la Tierra emite energía hacia la atmósfera generando una pérdida de energía, lo que se traduce en un enfriamiento. (SENAMHI)

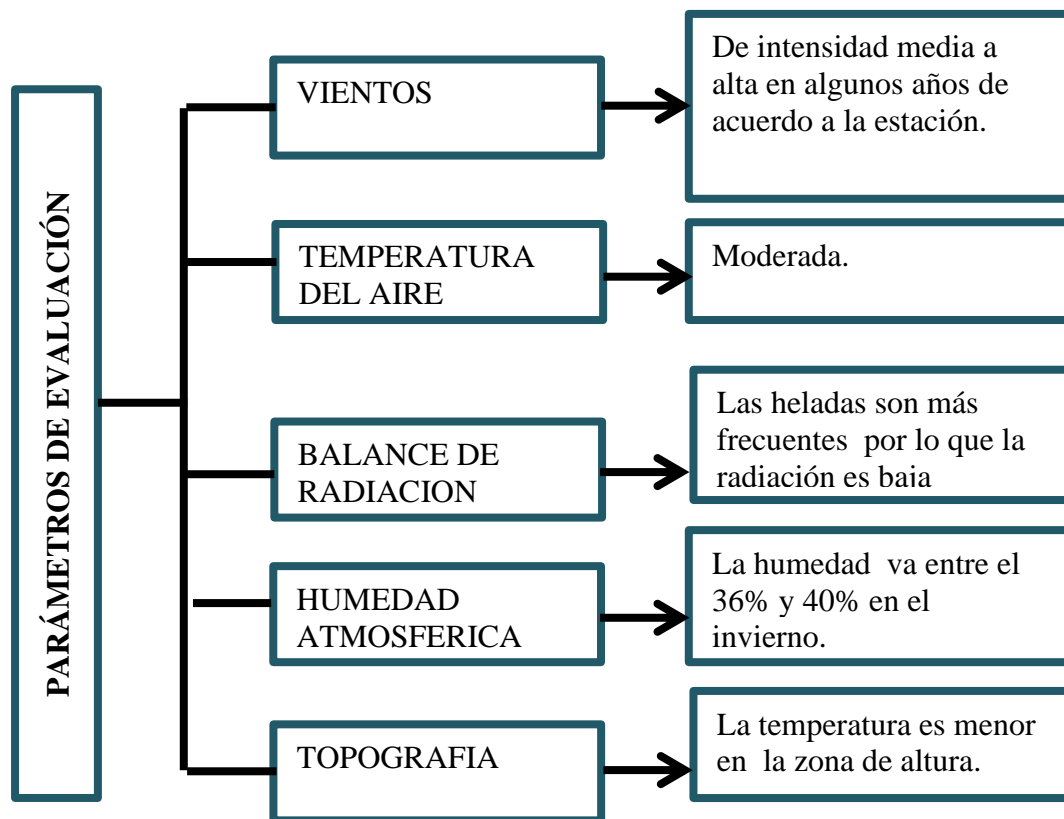


**Tabla 18:** Evaluación por descenso de temperatura.

PARÁMETROS	DETERMINANTES		PESO PONDERADO	
<b>Descriptores</b>	T3	Bajas temperaturas (-3°C a 0°C)	PT3	0.134
	H3	Altitud (3500 - 4000)	PH 3	0.134
	N3	Nubosidad es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso	PN 3	0.134

Fuente: SENAMHI/ Modificado: CENEPRED.

**GRÁFICO N°3:** Parámetros de evaluación por descenso de temperatura.



Fuente: Modificado del Manual CENEPRED V2.

**Tabla 19:** Parámetros de evaluación general.

	<b>PARÁMETROS</b>	<b>DETERMINANTES</b>	<b>PESO PONDERADO</b>
<b>Descriptores</b>	Y3	Relieve: Rocoso, Escarpado Y Empinado	PY 3 0.134
	Y 10	Tipo De Suelo: Con Afloramientos Rocosos Y Estratos De Graba	PY 10 0.035
	Y 13	Cobertura Vegetal: 40 % - 70%.	PY13 0.134
	Y 16	Uso Actual Del Suelo: Áreas Urbanas, Intercomunicadas Mediante Sistemas De Redes Que Sirven Para Su Normal Funcionamiento.	PY 16 0.503
	SH 1/ SH 3	Hidrometeorológicos: Lluvias Y Vientos	PSH 1/PSH 3 0.106
	SG 5	Geológico: Desprendimientos De Grandes Bloques (Rocas)	PSG 5 0.035
	GI5	CRECIMIENTO DEMOGRAFICO: Crecimiento demográfico	PSI 5 0.035

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

#### 5.2.4 SUSCEPTIBILIDAD

La susceptibilidad se define como el grado de propensión o posibilidad de que en una zona se genere o sea afectada por un proceso geológico, expresada en diversos grados cualitativos y relativos, esta susceptibilidad depende de los factores que controlan o condicionan los procesos, pudiendo ser de carácter intrínseco y externo. Los mapas constituyen el método más efectivo de representar información referente a la susceptibilidad, el peligro y riesgo de una zona o región, y son usados por planificadores, ingenieros, científicos y técnicos encargados de las labores de emergencia. Tiene por finalidad dividir el territorio en zonas o unidades con diferente grado de susceptibilidad, peligro o riesgo potencial (Ayala Carcedo, 1992).

Una de las funciones claves de los mapas de susceptibilidad es indicar la zona donde se hace necesaria o conveniente la realización de estudios geotécnicos complementarios (Ayala Carcedo, 1992).



A una escala regional la susceptibilidad a los movimientos en masa de la zona del proyecto en los barrios Huáscar, Azoguini, Las Cruces y Miraflores es de muy alta.

Según (Zavala, 2006), condicionado principalmente por el tipo de roca, considerada de mala calidad geotécnica, la pendiente moderada de la ladera y la presencia de agua subterránea que satura los suelos y rocas.

Los objetivos que persigue la elaboración del mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa son:

- a) Ser una herramienta útil para los planificadores que facilite la toma de decisiones en una etapa preliminar, en cuanto a la factibilidad de realizar un proyecto o a la necesidad de profundizar el análisis geológico de un lugar.
- b) Estos mapas deben considerarse como una herramienta de planificación distinta a mostrar un grado específico de susceptibilidad para un área determinada.
- c) Definir y jerarquizar posibles zonas críticas que posteriormente deban ser analizadas con mayor detalle por medio de estudios más específicos.

Así mismo las limitaciones que tiene el mapa de susceptibilidad son las siguientes:

Indican la posibilidad de ocurrencia, que deviene de la combinación de factores intrínsecos y condicionantes.

- a) Identifica áreas potenciales donde se pueden generar deslizamientos pero no la totalidad de zonas que se verían afectadas. Tampoco asegura que el evento vaya a ocurrir.
- b) No predice el periodo de tiempo durante el cual podría presentarse un evento.



- c) Es una herramienta de planificación y de toma de decisiones, pero no de diseño de obras. Para esto se requiere estudios y mapas a mayor detalle (1:10 000 a 1:5 000).
- d) La metodología utilizada está diseñada para un reconocimiento previo de las reas con posibles problemas por eventos. No puede sustituir en ningún caso al análisis geotécnico de campo.
- e) Revisiones posteriores del mapa utilizando información actualizada, posiblemente cambien los límites de las zonas identificadas. Por lo tanto, dichos límites debes considerados como referenciales y no como valores absolutos.

#### **A) Susceptibilidad a los Movimientos en Masa**

Susceptibilidad, es la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos en masa por desestabilización o alcance, determinadas a través de una análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas. Análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad y suele superponer que el comportamiento futuro de la ladera seguirá las mismas pautas que hasta el presente (Ayala Cacerda, 2002).

El objetivo final, de una zonificación por movimientos en masa, es poder representar las zonas donde ocurren o pueden ocurrir estos eventos, con consecuencias desastrosas que produzcan pérdidas de vidas, materiales y económicas que entorpezcan las actividades socio-económicas de las áreas involucradas.

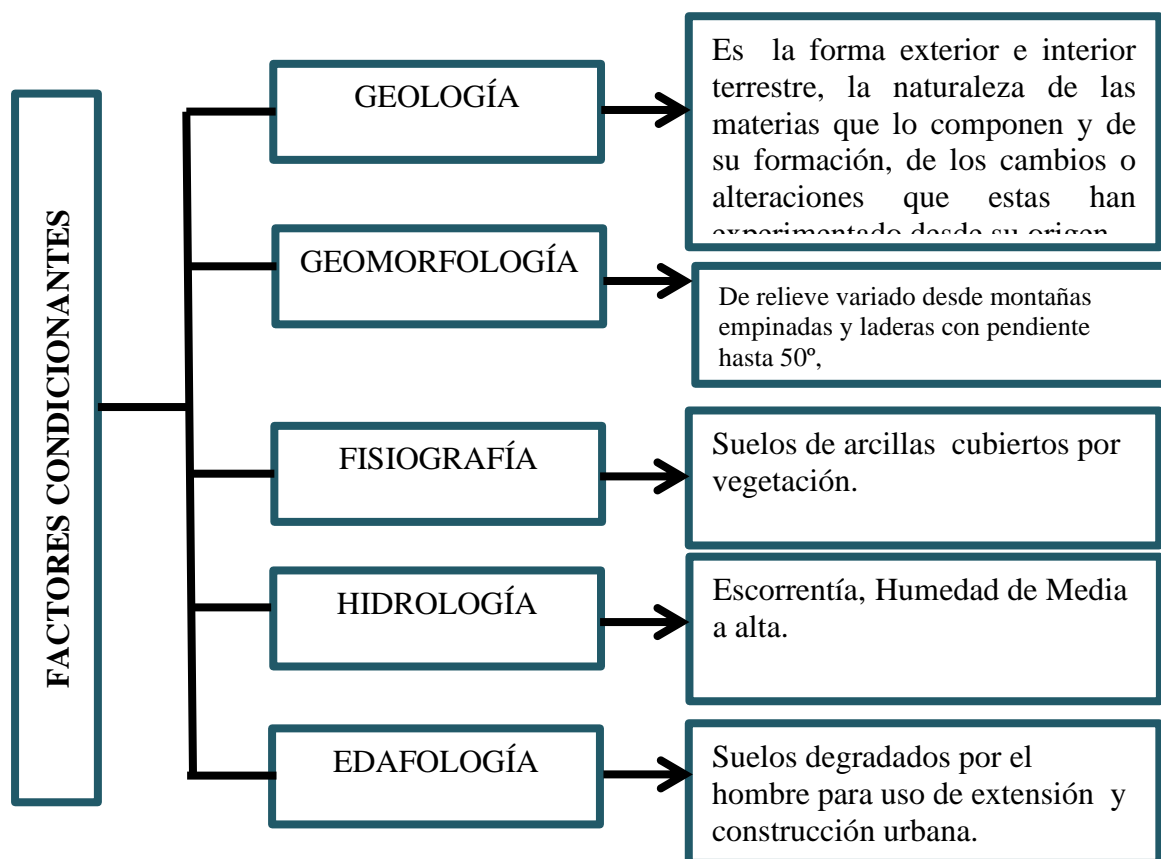
La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores

condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico). De acuerdo a este esquema, aquellas franjas de terreno que quedan rápidamente bajo las aguas de inundación corresponderían a áreas de mayor susceptibilidad hídrica, en tanto que aquellas que no resulten invadidas representarían a áreas de menor susceptibilidad hídrica. (Manual CENEPRED v 2).

### 5.2.5 Factores condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural.

**GRÁFICO N°4:** Factores condicionantes del peligro.

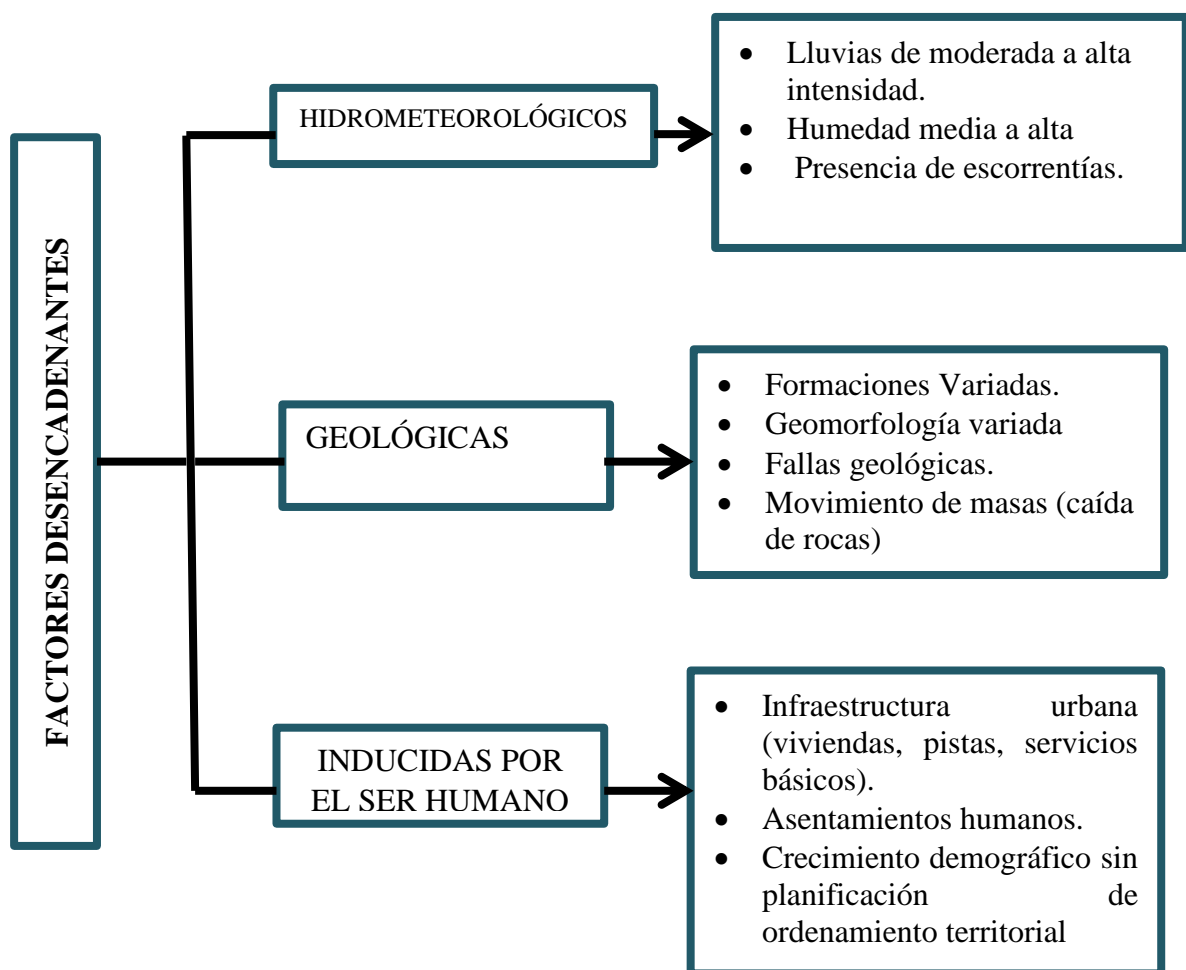


*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.6 Factores desencadenantes

Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado y aumentan a la erosión de las rocas. (Manual CENEPRED v 2).

**GRÁFICO N° 5:** Factores desencadenantes del peligro.



Fuente: Modificado del Manual CENEPRED V2.

## 5.2.7 DEFINICIÓN DE LA ZONAS DE PELIGRO

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente daño en una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente. (Manual CENEPRED v 2).

### 5.2.7.1 NIVEL DE PELIGROSIDAD SOCIAL

Teniendo en consideración los elementos expuestos susceptibles (grupo etario, servicios educativos expuestos) se realiza un análisis sobre los escenarios expuestos a peligros por fenómenos naturales mediante una superposición de áreas de diagnóstico de peligrosidad y elementos expuestos susceptibles. (Manual CENEPRED v 2).



**Figura 26:** Peligrosidad Social. (Caída de bloques de rocas. Servicios educativos expuestos).

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.7.2 NIVEL DE PELIGROSIDAD ECONÓMICO.

Como en el caso anterior, teniendo en consideración los elementos expuestos susceptibles (localización de edificación, servicio básico de agua potable y saneamiento) se realiza un análisis sobre los escenarios expuestos a peligros por fenómenos naturales mediante una superposición de áreas de diagnóstico de peligrosidad y elementos expuestos susceptibles. (Manual CENEPRED v 2).



*Figura 27:* Caída de bloques de rocas. Servicios de edificaciones expuestos.

*Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 28:* Caída de bloques de rocas. Servicios de edificaciones expuestos.

*Fuente:* Elaboración propia.



## 5.2.8 NIVELES DE PELIGROSIDAD

Para fines de la evaluación de riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro Niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se Detallan a continuación. (Manual CENEPRED v 2).

**Tabla 20:** Matriz de Peligro.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastroso. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1 000 000 000 m3, alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746msnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequia: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.260≤R<0.503
<b>PELIGRO ALTO</b>	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100 000 000 m3, alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800msnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: recipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequia: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134≤R<0.260



<b>PELIGRO O MEDIO</b>	<p>Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambos flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10 000 000 m<sup>3</sup>, alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000msnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequia: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.</p>	$0.068 \leq R < 0.134$
<b>PELIGRO O BAJO</b>	<p>Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociada a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivos, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m<sup>3</sup>, alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500msnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequia: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: Sentido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.</p>	$0.035 \leq R < 0.06$

**Fuente:** (Manual CENEPRED v 2).

## **5.2.9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

Una reflexión sobre el tema del riesgo nos muestra claramente que en muchas ocasiones no es posible actuar sobre el peligro o amenaza entonces es factible comprender que para reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la Vulnerabilidad de los elementos expuestos. Como por ejemplo edificaciones expuestas y susceptibles a un peligro natural, viviendas inadecuadas o precarias, organización ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud. (Manual CENEPRED v 2).

### **5.2.10 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE LA VULNERABILIDAD**

#### **5.2.10.1 Exposición**

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (Manual CENEPRED v 2).



### **5.2.10.2 FRAGILIDAD**

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (Manual CENEPRED v 2).

### **5.2.10.3 RESILIENCIA**

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (Manual CENEPRED v 2).

## **5.2.11 ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS SOCIALES ECONÓMICOS Y AMBIENTALES**

### **5.2.11.1 Elementos expuestos sociales, económicos y ambientales**

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (Manual CENEPRED v 2).

### 5.2.11.2 Análisis de la dimensión social

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social. (Manual CENEPRED v 2).

#### 5.2.11.2.1 Exposición social

Se consideran los siguientes parámetros de evaluación:

**Tabla 21:** Exposición social.

PARÁMETROS		DETERMINANTES	PESO PONDERADO	
Descriptores	ES3	Grupo etario: De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	PES3	0.134
	ES 6	Servicios Educativos Expuestos: > 75% del servicio educativo expuesto	PES6	0.503
	ES 15	Servicios de salud terciario: ≤ y > 10% del servicio educativo expuesto	PES15	0.035

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

#### 5.2.11.2.2 Fragilidad social

Se consideran los siguientes parámetros de evaluación:

**Tabla 22:** Fragilidad social.

PARÁMETROS		DETERMINANTES	PESO PONDERADO	
Descriptores	FS5	Servicios De Salud Terciario: Ladrillo o bloque de cemento.	PFS5	0.035
	FS9	BUENO: Las edificaciones reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	PFS9	0.068
	FS14	Antigüedad de la Constitución de la Edificación: De 10 a 20 años	PFS14	0.068
	FS 19	Configuración de elevación de la edificaciones: 2 pisos	PFS19	0.068
	FS23	Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente :40 -60 %	PFS23	0.134

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.11.2.3 Resiliencia Social

Se consideran los siguientes parámetros de evaluación.

**Tabla 23:** Resiliencia social.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO		
Descriptores	FS 22	Capacitación en temas de Gestión del Riesgo: La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	PFS22	0.260
	RS 7	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres: Existe un escaso conocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	PRS7	0.260
	RS11	Existencia de normatividad política y local: El soporte legal que ayuda a la reducción del riesgo del territorio (local, regional o nacional) en el que se encuentra el área en estudio genera efectos negativos a su desarrollo. No existen instrumentos legales locales que apoyen en la reducción del riesgo (ejemplo: ordenanzas municipales)	PRS11	0.503
	RS16	Actitud frente al riesgo: Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	PRS16	0.503
	RS 22	Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión del Riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	PRS 22	0.260

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.12 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

Se determina las actividades económicas e infraestructura expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables. (Manual CENEPRED v 2).

#### 5.2.12.1 Exposición económica

**Tabla 24:** Exposición económica.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO
Descriptores	EE 2 Localización de la edificación: Cercana 0.2 km – 1 km	PEE 2 0.260
	EE 8 Servicio básico de agua potable y saneamiento: > 25% y ≤ 50% del servicio expuesto	PEE 8 0.134
	EE 12 Servicios de las empresas eléctricas expuestas:> 50% y ≤ 75% del servicio expuesto	PEE12 0.260
	EE 23 Servicio de empresas de transporte expuesto: > 25% y ≤ 50% del servicio expuesto	PEE 23 0.134
	EE 30 Área agrícola: > y ≤ 10% del servicio expuesto	PEE 30 0.035
	EE 34 Servicios de telecomunicaciones: > 10% y ≤ 25% del servicio expuesto	PEE 34 0.068

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.12.2. Fragilidad económica

Se consideran los siguientes parámetros de evaluación:

**Tabla 25:** Exposición económica.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO
Descriptores	FE 6 Material de construcción de la edificación: Ladrillo o bloque de cemento	PFE 6 0.035
	FE 3 Estado de conservación de las edificación: REGULAR: Las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo comprometen y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visibles debido al mal uso.	PFE 3 0.134
	FE 12 Antigüedad de construcción de la edificación: De 30 a 40 años	PFE 12 0.260
	FE 16 Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: 80 - 100%	PFE 16 0.503
	FE 22 Topografía del terreno (P=PENDIENTE): 30% < P ≤ 50%	PFE 22 0.260
	FE 28 Configuración de elevación de la edificaciones: 3 pisos	PFE 28 0.134

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.12.3. Resiliencia Económica

*Tabla 26:* Resiliencia económica.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO		
Descriptores	RE 3	<b>Población económicamente activa desocupada:</b> Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.	PRE 3	0.134
	RE 7	<b>Ingreso familiar promedio mensual:</b> > 1200 - <= 3000	PRE 7	0.260
	RE 12	<b>Organización y capacitación institucional:</b> Las organizaciones institucionales gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad en su gestión. Empiezan a generar desprestigio y desaprobación popular. Las instituciones gubernamentales de nivel sectorial muestran algunos índices de gestión de eficiencia pero en casos aislados. Existe cierta coordinación intersectorial. No existe madurez política.	PRE 12	0.260
	RE 17	<b>Capacitación en temas de gestión del riesgo:</b> La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura escasa.	PRE 17	0.260

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.13. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Se determina los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad ambiental. (Manual CENEPRED v 2).



### 5.2.13.1. Exposición ambiental

**Tabla 27:** Exposición ambiental.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO
Descriptores	EA 4 <b>Deforestación:</b> Otras tierras con árboles. Tierras clasificadas como “otras tierras” que se extienden por más de 0.5 hectáreas con una cubierta de dosel al 10% de árboles capaces de alcanzar una altura de 5 m en la madurez.	PEA 4 0.068
	EA 9 <b>Deforestación:</b> 5 – 25 % del total del ámbito de estudio	PEA 9 0.068
	EA 12 <b>Pérdida de suelo:</b> Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos, expansión urbana, sobrepastoreo.	PEA 12 0.206
	EA 19 <b>Pérdida de agua:</b> Pérdidas por técnicas inadecuadas de riego y canales de transporte en tierra.	PEA 19 0.068

*Fuente: Modificado del Manual CENEPRED V2.*

### 5.2.13.2. Fragilidad Ambiental

**Tabla 28:** Fragilidad ambiental.

PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO
Descriptores	FA 3 <b>Características geológicas del suelo:</b> Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	PFA 0.134
	FA 9 <b>Explotación de Recursos Naturales:</b> Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (suelo y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.	PFA 9 0.68
	FA 12 <b>Localización de Centros Poblados:</b> Cercana 0.2 km – 1 km	PFA 12 0.260

*Fuente: Modificado del Manual CENEPRED V2.*

### 5.2.13.3. Resiliencia Ambiental

*Tabla 29:* Resiliencia ambiental.

	PARÁMETROS	DETERMINANTES	PESO PONDERADO	
Descriptores	RA 2	<b>Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental:</b> Sólo las autoridades conocen la existencia de normatividad en temas de conversación ambiental. No cumpliéndolas.	PRA 2	0.260
	RA 7	<b>Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales:</b> Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	PRA 7	0.260
	RA 11	<b>Capacitación en temas de conservación ambiental:</b> La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	PRA 11	0.503

*Fuente:* Modificado del Manual CENEPRED V2.

### 5.2.14. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

La evaluación de vulnerabilidad consiste en determinar el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente al desencadenamiento de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada, cuyos elementos vulnerables pueden ser, infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros que puedan sufrir daños humanos y materiales, y se puede expresar en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100. (Manual CENEPRED v 2).

Para el análisis y evaluación de vulnerabilidad, debe promover la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, en una determinada área geográfica, a los efectos desfavorables de un peligro adverso, el tipo de vulnerabilidad en una zona de riesgo y/o peligros se puede clasificar en:

- Vulnerabilidad ambiental y ecológica;
- Vulnerabilidad física
- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad científica y tecnológica

## 5.2.15 IDENTIFICACION DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO

### 5.2.15.1 MATRIZ DE RIESGO

Este cuadro de doble entrada nos permite determinar el nivel del riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de las vulnerabilidades.

**Tabla 30:** Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo.

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.26	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.26	0.503
		VB	VM	VA	VMA

**Fuente:**( Manual de CENEPRED V2).

Se han establecido los siguientes rangos para cada uno de los niveles de riesgo:

RIESGO BAJO	$0.001 \leq R < 0.005$
RIESGO MEDIO	$0.005 \leq R < 0.018$
RIESGO ALTO	$0.018 \leq R < 0.068$
RIESGO MUY ALTO	$0.068 \leq R < 0.253$

**Fuente:** (Manual de CENEPRED V2).

### 5.2.16. INTERPRETACIÓN

Con los datos obtenidos se pueden estimar los siguientes resultados de la zona del proyecto.

En la zona de barrio Huáscar se identificaron los siguientes peligros.

- Peligro generado por movimientos de masa de tipo caída de bloques de rocas los cuales presentan alta pendiente y en cualquier momento que se genere un movimiento sísmico, puedan estos causar consecuencias fatales, porque los bloques de roca son de 1.20m x2m Aprox. y aún existen de gran tamaño, que afectaría al barrio Miraflores y toda la Av. Circunvalación norte de Puno.
- Los desprendimientos de rocas corresponden a material sedimentario (conglomerado del Grupo Puno) y se encuentran en las partes altas del cerro Azoguini que es un peligro latente de la zona por presentar un sistema vertical de pendientes.

**Tabla 31:** Identificación del peligro del barrio Huáscar.

<b>PELIGRO GENERADO POR:</b>	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL PELIGRO</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGOS</b>
<b>Movimientos de masa (Caída de rocas)</b>	Peligro muy alto	0.236	<b>Riesgo muy alto (<math>0.068 \leq R &lt; 0.253</math>)</b>

*Fuente:* Elaboración Propia.

- Zona con antecedentes de movimientos de masa.
- Con pendientes  $> 40^\circ$ .
- Zonas de rocas sueltas con riesgo muy alto.
- Infraestructura de la zona afectadas como la Panamericana Sur (Circunvalación Norte) vías de acceso de tránsito vulnerables.

En la zona de barrio Las Cruces se identificaron los siguientes peligros.

- Presentan zonas de desprendimiento que se caracteriza por la caída de roca, por el tipo de pendientes y talud que son empinadas. Todo esto asociado al tipo de litología que están fuertemente fracturadas imponiendo un peligro. Afectando a infraestructura (viviendas) de la parte céntrica del barrio mencionado.
- Zonas con afloramiento rocoso límite inferior del talud y que caerían sobre la infraestructura (Viviendas y la Institución educativa primaria Las Cruces).
- Las geomorfológicas del sistema Montañoso y Antrópico, pueden ocasionar el riesgo de movimiento de bloques de roca por presentar un sistema geomorfológico de alta pendiente.
- Los desprendimientos de rocas corresponden a material volcánico (conglomerados) y se encuentran en las partes altas del cerro Azoguini de la parte SW que es un peligro latente de la zona.
- Infraestructura de la zona urbana sin criterio ingenieril muchos de ellos construidos a pocos metros del afloramiento.
- La ubicación de la Institución educativa está en zona de peligro.
- Vías de tránsito vulnerables (Circunvalación Norte).

**Tabla 32:** Identificación del peligro del barrio las Cruces.

<b>PELIGRO GENERADO POR:</b>	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL PELIGRO</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGOS</b>
Movimientos de masa (Caída de rocas) afectando a Viviendas	Peligro muy alto.	0.236	Riesgo muy alto ( $0.068 \leq R < 0.253$ )
Infraestructura (Institución Educativa)	Alto	0.48	Riesgo alto $0.018 \leq R < 0.068$

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la zona de barrio Miraflores se identificaron los siguientes peligros

- Laderas con pendientes entre 20° a 30°, en algunas zonas pendiente mayor a 30°
- Zona con antecedentes de movimiento de masas y erosión de talud.
- Zonas de afloramientos rocosos con alteración y fracturas, suelos meteorizados.
- Vías de tránsito vulnerables en la parte media del Cerro Azoguini entre las vías de tránsito (Circunvalación Norte y el Jirón Piura).
- Zonas de afloramientos rocosos con alteración y fracturas, suelos meteorizados.
- No se identifica zonas seguras en caso de posibles sismos y desprendimiento de bloques de roca.
- Sistema de electrificación vulnerable.

**Tabla 33:** Identificación del peligro del barrio Miraflores.

<b>PELIGRO GENERADO POR:</b>	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL PELIGRO</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>NIVEL DE RIESGOS</b>
Movimientos de masa (Caída de rocas) Erosión pluvial,	Peligro muy alto	0.236	Riesgo muy alto ( $0.068 \leq R < 0.253$ )

**Fuente:** Elaboración Propia.

Así mismo existe un 22 % de caída de rocas, mayormente en las zonas de las laderas de los cerros donde se vienen construyendo viviendas e infraestructuras y por último un 12 % de deslizamientos y derrumbes que se ha dado y viene dando se en zonas donde se construye carreteras de acceso.



### 5.2.17. MEDIDAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN

- Las Medidas de Control y Prevención Desastres tienen la finalidad de orientar el proceso del desarrollo de la ciudad en forma armónica y sostenible, reduciendo los niveles de vulnerabilidad de la integridad física de las personas, la infraestructura.
- Las medidas de prevención están enfocadas a reducir los niveles de riesgo identificados en el presente trabajo hasta un nivel tolerable y de esta forma minimizar las consecuencias de los impactos debido a los fenómenos naturales.
- En las medidas propuestas y adoptadas, deben ser tomados en consideración los aspectos técnicos y las modificaciones del comportamiento por parte de la población.
- Teniendo como antecedentes que en la zona de estudio los peligros geológicos que producen mayores daños son los deslizamientos de bloques de roca.
- Se plantean medidas de prevención y protección principalmente en referencia a estos fenómenos.
- Reforestar con plantas nativas toda el área.
- Las medidas de mitigación deben ser percibidas como una importante inversión, especialmente en sectores de alto riesgo, y deben ser incorporadas a los procesos de planificación, normatividad e implementación de planes, para permitir la ocupación ordenada y segura del espacio urbano.
- Reducir las condiciones de vulnerabilidad social, física y económica.



## **5.2.18 MEDIDAS DE CONTROL Y PREVENTIVAS ANTE DESASTRES**

Siendo la sismicidad un peligro geológico muy importante en Puno, se debe promover la preparación de la población para mitigar este peligro natural.

Las precipitaciones pluviales originan muchos problemas de geodinámica externa como los deslizamientos, estos corresponde al movimiento lento de masas de tierra o de rocas por la pérdida de estabilidad debido a la gravedad, la saturación de agua, por la presencia de materiales arcillosos y la ocurrencia de movimientos sísmicos. Por ello es muy importante realizar trabajos de estabilidad de laderas y taludes, mediante la forestación intensiva.

Los desprendimientos de rocas consisten en el desplazamiento rápido hacia abajo de una masa de materiales de roca o sedimentos por la pérdida de estabilidad debido a la sobrecarga de los materiales y favorecida por la forma de la ladera. Por ello se deben hacer trabajos de sostenimiento de los sectores críticos donde existen estos problemas.

### **5.2.18.1 CAÍDA DE ROCAS.**

La parte que rodean el proyecto se caracteriza por tener laderas con pendientes medias a altas además de tener una litología volcánica- sedimentaria afectada por los procesos de meteorización física, esto hace que sea una zona afectada por caídas de rocas.

### **5.2.18.2 CARACTERIZACION DE MACIZO ROCOSO**

Para la caracterización se realizó la recopilación de datos de campo tomando puntos del macizo rocoso. Los datos obtenidos están en los anexos (anexo ficha de caracterización de macizo rocoso).





### 5.2.18.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE DISCONTINUIDADES

#### A) Programa dips.

Dips es un programa diseñado para realizar análisis y visualizar información estructural (datos geológicos de orientación) de igual modo que si usaremos una red estereográfica o red estereoscópica.

El software DIPS está diseñado para el análisis de las características relacionadas con el análisis de ingeniería de estructuras de la roca, sin embargo, el formato libre del archivo de datos Dips permite el análisis de los datos basados en la orientación basados en datos geológicos. El programa es capaz de muchas aplicaciones y está diseñado para el usuario principiante u ocasional, y para el usuario consumado de la proyección estereográfica que desee utilizar las herramientas más avanzadas en el análisis de datos geológicos. *Dips* permite al usuario analizar y visualizar datos estructurales después las mismas técnicas utilizadas en estereoscopios manuales. Además, tiene muchas características computacionales, tales como contorno de estadística de la agrupación de orientación, el cálculo del promedio de orientación y la confianza, la variabilidad del clúster, y el análisis de atributo de rasgo cualitativo y cuantitativo.

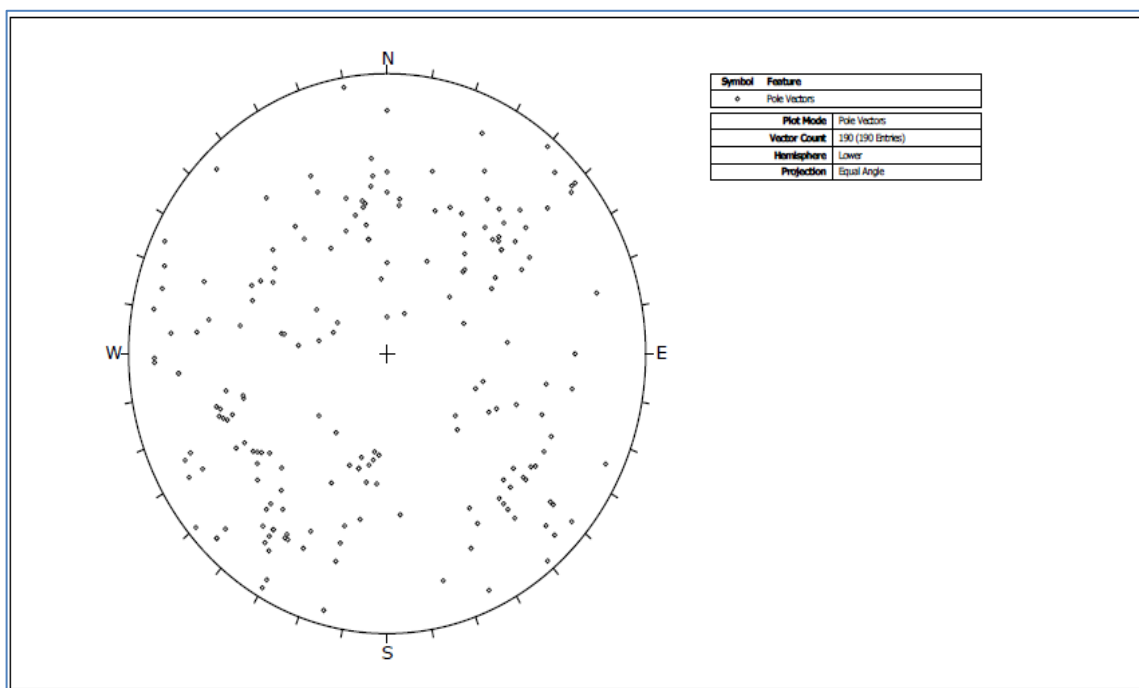
Dips permite al usuario analizar y visualizar los datos estructurales siguiendo las mismas técnicas utilizadas en estereoscopios manuales. Además, tiene muchas características computacionales, como el contorno estadística de la agrupación de orientación, orientación media y cálculo de la confianza, la variabilidad de conglomerados, análisis cinemático, y el análisis de atributos de entidad cualitativa y cuantitativa.

Dips está diseñado para el análisis de las características relacionadas con el análisis de ingeniería de estructuras de roca, Sin embargo el formato libre del DIPS-data permite el análisis de alguna data de orientaciones-base.

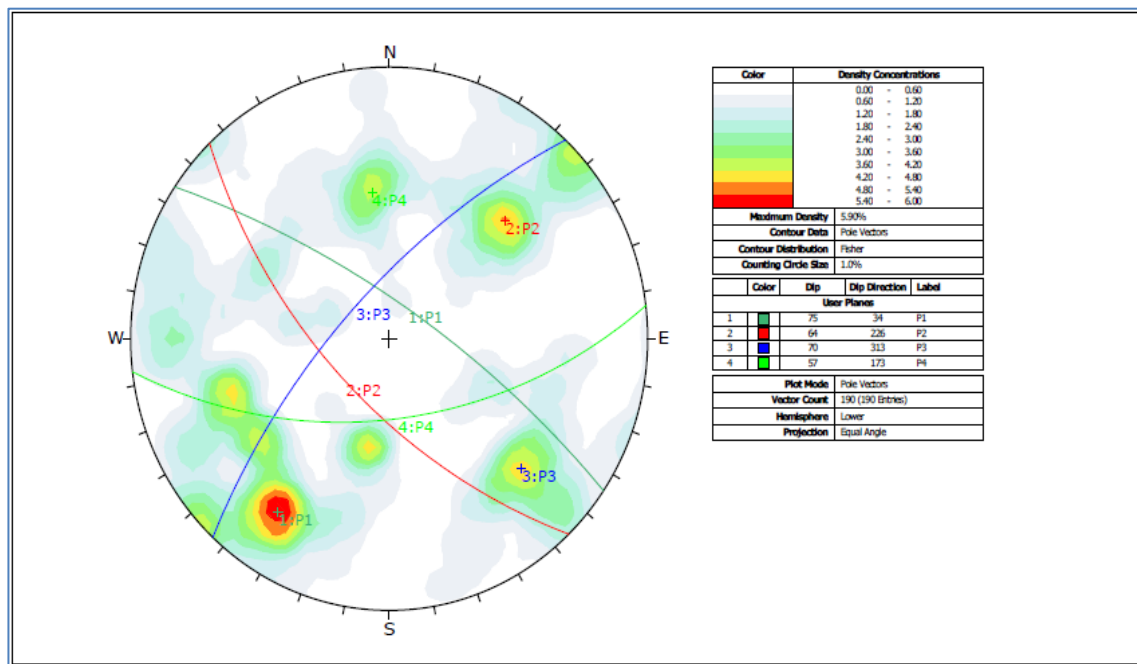
En este diagrama se ha planteado un total de 350 polos y/o datos, es decir los datos de actitudes.

### 5.18.2.2 ANALISIS DE DATOS ESTRUCTURALES CON EL SOFTWARE DIPS

Dips es un programa diseñado para el análisis interactivo de orientación basado en los datos geológicos. Este tutorial de inicio rápido familiariza al usuario con algunas de las características básicas de Dips.

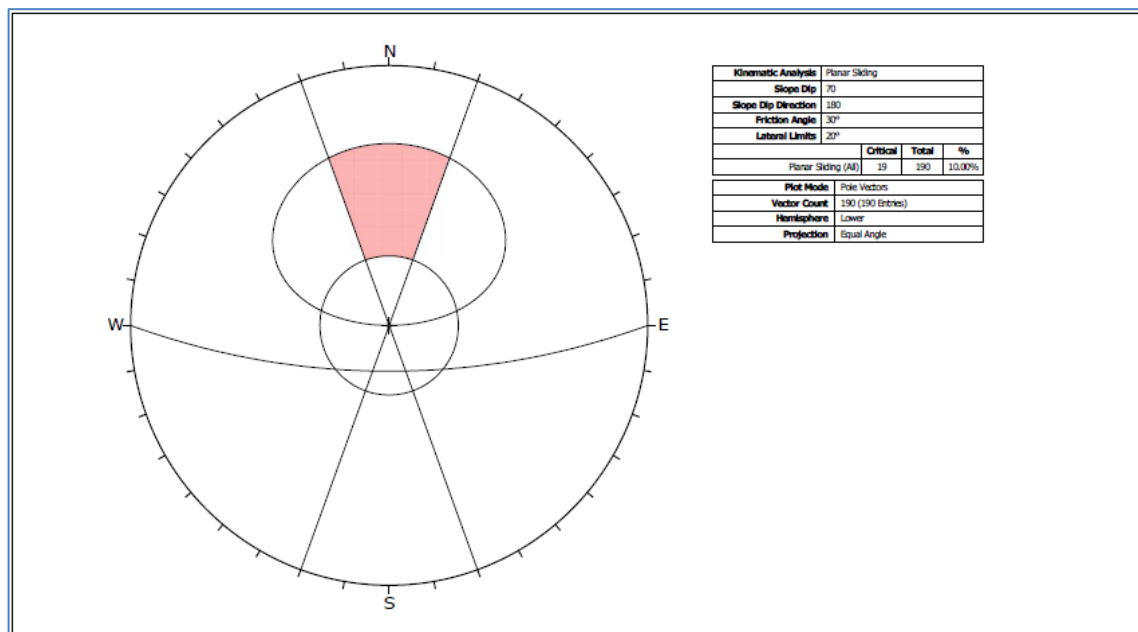


**Figura 29:** En la figura se muestra los 350 puntos ploteados, hemisferio inferior, proyección ángulo igual  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 30:** Se encontraron cuatro puntos o etiquetas con una agrupación, se obtiene la orientación de los polos.

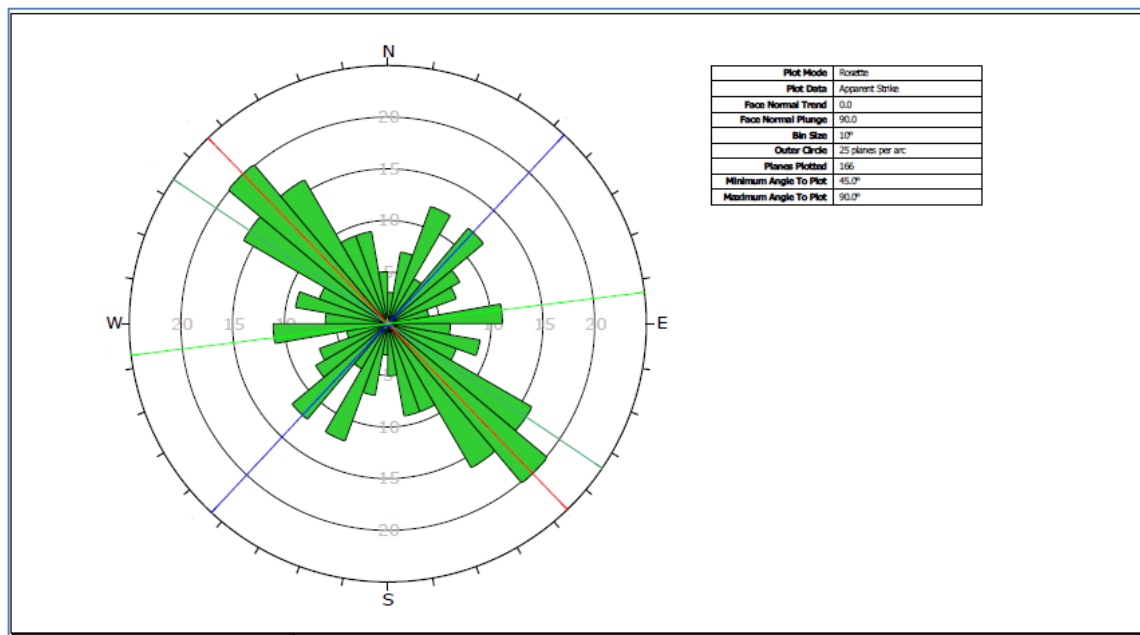
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 31:** Análisis Cinemático Deslizamiento Plano con Pendiente 70°.

**Nota:** Dirección de inclinación de la pendiente 180, Ángulo de fricción 30°, Límites laterales 20°, dando un deslizamiento planar.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 32:** Plano de roseta.

**Nota:** De modo de trama trazar datos huelga aparente cara tendencia normal 0.0 cara normal inmersión 90.0, Tamaño del contenedor 10 °, Círculo exterior 25 planos por arco aviones trazados 166, Ángulo mínimo para trazar 45.0 °, Ángulo máximo para trazar 90.0°.

**Fuente:** Elaboración propia.

Dips es un programa diseñado para realizar análisis y visualizar información estructural (datos geológicos de orientación) de igual modo que si usáramos una red estereográfica o red estereoscópica.

Dips permite al usuario analizar y visualizar los datos estructurales siguiendo las mismas técnicas utilizadas en estereoscopios manuales. Además, tiene muchas características computacionales, como el contorno estadística de la agrupación de orientación, orientación media y cálculo de la confianza, la variabilidad de conglomerados, análisis cinemático, y el análisis de atributos de entidad cualitativa y cuantitativa.

## 5.2.19 MEDIDAS DE ESTABILIZACION DETALUDES EN ROCA

### A. ANCLAJES

Son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas.

Se emplean como medida estabilizadora tanto en roca como en terreno suelto. Trabajan a tracción y colaboran a la estabilidad del talud de dos formas:

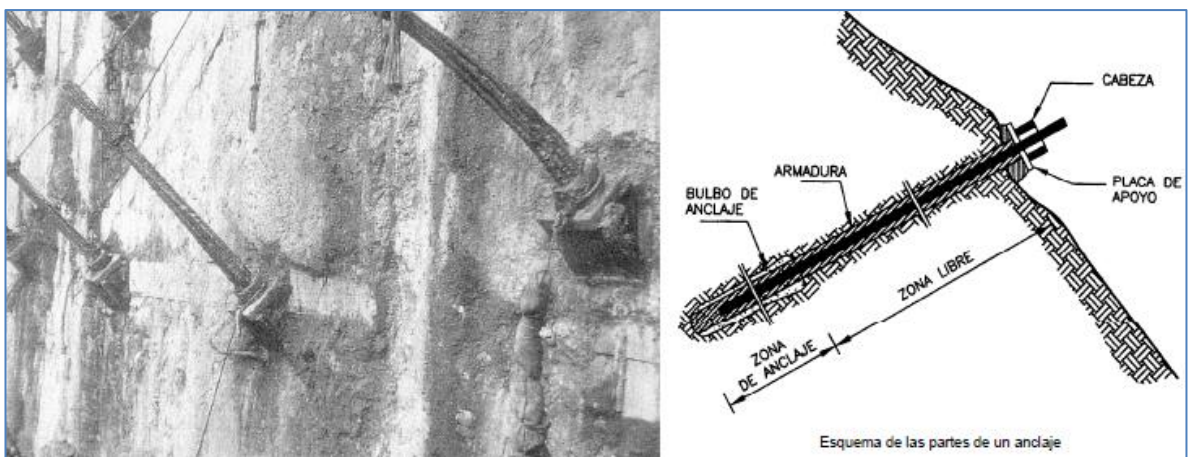
1. Proporcionando una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante.
2. Produciendo un incremento de las tensiones normales en la superficie de rotura existente o potencial, lo que provoca un aumento de la resistencia a la caída de rocas en dicha superficie.

En un anclaje se distinguen tres partes fundamentales:

**Zona de anclaje:** Parte solidaria al terreno en profundidad, encargada de transferir los esfuerzos al mismo.

**Zona libre:** Es la parte en que la armadura se encuentra independizada del terreno que la rodea, de forma que pueda deformarse con total libertad al ponerse en tensión

**Cabeza:** Es la zona de unión de la armadura a la placa de apoyo.



**Figura 33:** Esquema de las partes de un anclaje.

**Fuente:** Diccionario de geotecnia.

## B. ENMALLADO

Las geomallas son materiales geosintéticos que consisten en una superficie uniforme formada principalmente por poliéster, polipropileno y/o polietileno de alta intensidad presentada en forma de rectángulo en forma de tiras y unida por un punto llamado nodo. Existen dos tipos de geomallas dependiendo de su proceso de fabricación a saber, las geomallas uniaxiales y biaxiales. En esta nueva publicación vamos a comprobar cuáles son las diferencias entre cada una de ellas según aplicaciones y ventajas.

Tanto las geomallas biaxiales como uniaxiales están fabricadas a partir de una lámina de geotextil perforada y sometida a un estiramiento gradual hasta que se consigue la forma así como características deseadas.

Las geomallas uniaxiales o monorientadas están fabricadas de tal manera que la resistencia a la tensión va en el sentido de expansión del rollo, o lo que es lo mismo, son diseñadas para el refuerzo en una sola dirección de estructuras de suelo mecánicamente estabilizado y que involucran todo tipo de material de relleno. La tensión soportada por estas geomallas es longitudinal tal y como vemos en el esquema.



*Figura 34: Geomallas.*

*Fuente:* Perú IN HSE.

### C. MALLAS DE ALAMBRE METÁLICO

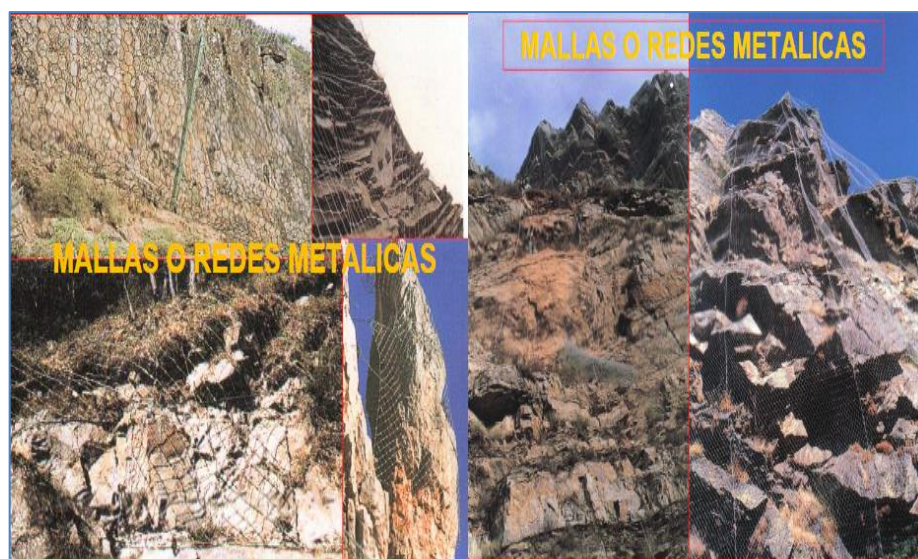
Con ellas se cubren la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud. Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud.

Son apropiados cuando el tamaño de roca se encuentra entre 0.60 a 1.00 m.

La malla se fija siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias.

Como sistemas de fijación pueden emplearse postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Otra medida a tener en cuenta es la construcción de las bases de las viviendas (pircas y zapatas) de manera adecuada, generalmente estas son construidas con bloques rocosos irregulares a veces sin ningún tipo de cemento.

El hecho de que las viviendas estén ubicadas en pendientes que a veces superan los 35° y la posibilidad de ocurrencia de un sismo condiciona esta zona a derrumbes y caídas de rocas.



**Figura 35:** *Métodos de estabilidad de talud en rocas (mallas o redes metálicas).*  
**Fuente:** Perú IN HSE.

## 5.2.20 EROSION DE LADERAS

Las medidas de solución propuestas frente a los peligros geológicos también deben incluir programas de prevención que permitan mejorar las condiciones urbanísticas existentes, estas deben ir acompañados de políticas de control en relación a la ocupación de nuevas áreas que no impliquen la ocupación de zonas de riesgo.

### 5.2.20.1 PRINCIPALES ZONAS DE PELIGRO

**Tabla 34:** Principales zonas de peligros.

PELIGROS	ZONA	FACTOR DESENCADENANTE	ELEMENTOS VULNERABLES	PROBABLES PERDIDAS O DAÑOS	PROPUESTA DE MITIGACIÓN
DESPRENDIMIENTO DE ROCA	Margen derecha / izquierda del Cerro Azoguini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestabilidad En El Estrato Rocoso.</li> <li>• Factor Por Sismo</li> <li>• Falla Geológica</li> </ul>	Vidas Humanas	Pérdida de vidas humanas	Pernos de anclaje y enmallado.
			(Habitantes)	Daños en viviendas.	Voladura controlada.
DESLIZAMIENTOS	Deslizamiento en el los barrios Miraflores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laderas de fuerte pendiente.</li> </ul>	Población asentada superior	Pérdida de vidas humanas	Reubicación de asentamientos poblaciones.
				Destrucción de viviendas	Estabilidad del talud.
			Inestabilidad de la roca y suelos.	Viviendas	Muros de contención y enmallado.
	Agrietamiento y deslizamiento del talud			Canales de Coronación.	

**Fuente:** Elaboración propia.



### 5.2.21 INTERPRETACIÓN EVALUACIÓN DE RIESGO

**Tabla 35:** Evaluación de riesgo.

El criterio analítico, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la siguiente ecuación:  $R = P \times V$

N°	ELEMENTOS EXPUESTOS	Peligro (P)	Vulnerabilidad (V)	Riesgo ( R ) = P*V
1	Barrios afectados	MUY ALTO	MUY ALTA	MUY ALTA
2	Vidas humanas	MUY ALTO	MUY ALTA	MUY ALTA
3	Infraestructuras (viviendas)	ALTO	ALTA	ALTA
4	Centro de salud	BAJO	BAJO	BAJO
5	Centro educativo	ALTO	ALTA	ALTA
6	Caminos de acceso y servicio	MEDIA	MEDIA	MEDIA

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 36:** Descripción De Riesgos

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN
<b>RIESGO O MUY ALTO (MA)</b>	a. La población se encuentran afectados por el deslizamiento de masa e inestabilidad del talud, desprendimiento de rocas, otro aspecto es las condiciones precarias, la localización de viviendas cercanas a zonas de peligro lo que implicaría inminente deslizamiento.
<b>RIESGO ALTO (A)</b>	a. Centros educativos con problemas de caída de rocas. b. Infraestructuras urbanas no cumplen condiciones adecuadas ante fenómenos indeseados como; fuertes precipitaciones, bajas temperaturas, los más perjudicados los que habitan en ellas. c. En cuanto a infraestructura de viviendas no cuentan con sistema de seguridad. d. Laderas sometidas a problemas de inestabilidad; deslizamientos de roca, derrumbes.
<b>RIESGO O MEDI O (M)</b>	a. Caminos y Accesos al área de estudio se halla peligro medio.
<b>RIESGO BAJO (B)</b>	a. Infraestructuras con bajos niveles de peligro hacer afectados por deslizamientos y desprendimientos por estar a distancias mayores a los 300 m.

*Fuente:* Elaboración propia.



- Es necesario realizar un estudio técnico cuantitativo para la mejor aplicación de métodos de sostenimiento y de esta manera reducir y si es posible eliminar el peligro, luego de colocado el método que corresponde a cada peligro es necesario realizar un cronograma de monitoreo y mantenimiento periódico del mismo para asegurar la efectividad.
- Es importante la participación de los gobiernos locales para orientar a la población a no construir sus viviendas en los lechos de quebradas.



## VI. CONCLUSIONES

- 1) Los factores identificados como riesgos geológicos identificado según la tabla de vulnerabilidad en los barrios, Las Cruces, Miraflores, Huáscar son muy alto, la investigación cualitativa y semi cuantitativa en la zona de estudio ha permitido el cartografiado de las zonas de peligros diferenciándolos en : Caídas de rocas, caída de roca por deslizamiento planar, deslizamiento por vuelcos, los cuales de acuerdo a los niveles de riesgo y con las medidas de prevención y mitigación correctas podemos plantear medidas preventivas para minimizar los niveles evaluados.
- 2) Se identificó que la sismicidad de la zona también afectaría ya que podrían activarse las fallas identificadas en la zona de estudio. En el cerro Azoguini la parte del barrio Huáscar existen bloques suspendidos, inestables, que pueden caer en cualquier momento, y afectaría las viviendas y la Institución Educativa ubicados en la parte media del Cerro ya mencionado que afectaría a más de 20 viviendas. Se realizó una revisión minuciosa de macizó rocoso de la ladera del proyecto evaluado, afectando parte de los barrio Huáscar; Miraflores y Las Cruces viendo bloques inestables. De acuerdo alas con las condiciones topográficas de las laderas del Cerro Azoguini y considerando los análisis para nuevas caídas de roca afectados se infieren que las viviendas y la Institución Educativa de la zona del proyecto pueden ser afectadas ante nuevas caídas de roca.
- 3) Los desastres y riesgos de la naturaleza como los deslizamientos se ha llegado a la conclusión de tener deslizamientos planar y rotacional, caída de bloques, deslizamiento este pueden tener diferentes grados de amenaza los cuales se han calculado y son: de Media a Alta teniendo efectos de destrucción y colapso de la



ladera. El estudio realizado se considera como un riesgo de muy alto peligro en los tres barrios, por lo tanto el riesgo es inminente por las condiciones que presentan la zona del proyecto. El depósito de rocas dejado por eventos anteriores aún sigue siendo un riesgo permanente.



## VII. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar una revisión minuciosa del macizó rocoso de la ladera del cerro Azoguini y desatar los bloques inestables. En caso de usar explosivos, para retirar los bloques sueltos y colgados o determinar otra medida de sostenimiento como pernos de anclaje, enmallado, etc. Se requiere realizar un trabajo especializado por un profesional de la materia.
- 2) Se recomienda realizar más plantaciones de eucalipto en las zonas altas de los cerros para poder mitigar la reptación de suelos, detener la caída de bloques en las partes altas y evitar así su llegada a los barrios mencionados. Reforestar donde sea posible con árboles que sean adecuados al clima de la región Puno.
- 3) Se recomienda realizar métodos de estabilización de taludes en roca como, anclajes, mallas o redes metálicas, en las laderas del Cerro Azoguini para contener y mitigar eventuales caídas de rocas producto el talud o de nuevos desprendimientos.
- 4) Reubicar las viviendas localizadas en la parte media del cerro, por estar expuestas a un peligro latente. No permitir la circulación de personas dentro de la zona inestable o colocar señalización de peligro (señalización de alerta temprana).
- 5) Regular la ocupación urbana de los deslizamientos presentes en la ciudad, considerando estas zonas de muy alto riesgo y realizar un estudio detallado de dichas zonas a fin de proceder a la ejecución de la Ley N° 29869 – Ley de Reasentamiento Poblacional para zonas de muy alto riesgo no mitigable



## VIII.REFERENCIAS

1. **ALVA HURTADO J.E. - MENESES J. Y GUSMAN V. (1984)**, “Distribución De Máximas Entidades Sísmicas Observadas En El Perú”, V Congreso Nacional De Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
2. **ARISTIZABAL E. (2008)**, Características, Dinámicas Y Causas Del Movimiento En Masas.
3. **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA- ANA (2008)**. Delimitación Y Codificación De Las Unidades Hidrográficas Del Perú. Lima, Perú.
4. **ANGUITA, V. F. & MORENO S. (1993)**. Procesos geológicos externos y geología ambiental: Editorial Rueda, Madrid.
5. **BERNAL I. (2000)**, “Características Sísmicas De La Región Sur Del Perú”, Revista De Trabajos De Investigación, CNDG, IGP, pp.69- 80, Lima Perú.
6. **BIENIAWSKI, Z.T. (1973)**, “Engineering Rock Mass Classification. A. Wley-interdscience Publications. New York.
7. **CASTILLO J. (1993)**, “Peligros Sísmicos En El Perú”, VII Congreso Nacional De Mecánicas De Suelos E Ingeniería De Cimentación, Lima, pp, 409- 431.
8. **CASTRO M. (2017)** “Evaluación De Riesgos Geológicos De La Zona Urbana, Distrito De Ollachea – Carabaya”.
9. **CENEPRED**, Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales Perú.
10. **CROZIER, M. J. (1986)**, Landslides: Causes, Consequences and Environment, Croom Helm, London.



11. **CRUDEN, D.M., & VARNES, D.J. (1996).** Landslide Types and Processes. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
12. **DAVILA BURGA J. (1995),** Diccionario Geológico (Impreso En Lima- Perú).
13. **DALMAYRAC B., LAUBACHER G., MAROCCO R., (1988).** Caracteres de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos. Bol. N° 12. Serie D INGEMMET Lima-Perú.
14. **DÁVILA B. J., (1999).** Diccionario Geológico Tercera Edición.
15. **DESMORE, L & HOVIOS, N. (2000).** Topographic fingerprints of bedrock andslides. *Geology*, 28(4): 371-374.
16. **DIRECCIÓN TÉCNICA DE GEOAMENAZAS, GUÍA METODOLÓGICA, (2001).** Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción de Masa, Colombia.
17. **ERN- AMERICA LATINA (2008),** Modelo De Evaluación De Amenazas Sísmicas.
18. **FEMA, USA (2001), GUÍA 2:** Understanding Your Risks: Identifying Hazard and Estimating Losses.
19. **GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS, (2007).** Proyecto Multinacional Andino: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Pág. 1 al 30.
20. **HERBAS J, BARREDO (2001),** Evaluación De La Susceptibilidad De Deslizamientos Mediante El Uso De Conjuntos De SIG, V Simposio Nacional Sobre Taludes Y Laderas Inestables .
21. **HERMANNNS, R.; CERRITOS, O.; VALENCIA, J.; COURTNEY, J. (2007).** Guía metodológica y practica para la generación de mapas de susceptibilidad a



- deslizamientos con ARCGIS. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas PMA: GCA.
22. **HERNANDO TAVERA (2014)** Evaluación Del Peligro Asociado A Los Sismos Y Efectos Secundarios En Perú.
  23. **HOLDRIDGE L. R. (1967)**. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 pp.
  24. **HUNGR, O. & EVANS, S.G., (2004)**. Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism: Geological Society of America Bulletin, V.
  25. **HUNGR, O., EVANS, S. G., BOVIS, M., HUTCHINSON, J. N., (2001)**, Review of the Classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 221–238.
  26. **HUTTON, J. (1776)**. Teoría de la Tierra. Traducido por García Cruz, C.M. (2004), en Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 12 (2), 160-169.
  27. **HOEK & BROWN, E.T. (1980)**. Excavaciones Subterráneas en Rocas, Instituto of Mining and Metalurgy, London, Versión en español por Mc Graw Hill, México, 634 pp.
  28. **HOEK, E., & BRAY, J. W. (1991)**. *Rock Slope Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing.
  29. **IRIGARAY, C. & CHACON, J (2003)**. Métodos d análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante SIG. En F. J. Ayala-Carcedo y J Corominas (eds). Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG.
  30. **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, (2003)** - Compendio Estadístico Del SINADECI.
  31. **INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERU (2000)** - Análisis De Sismicidad Del





- Perú.
32. **LUIS I GONSALES DE VILLEJO- MERCEDES FERRER (2004)**, Ingeniería Geológica (Impreso España- PRINTED IN SPAIN).
  33. **MACHACA H. R (2016)**“Caracterización Geo ambiental Para Una Zonificación Y Ordenamiento Territorial Sostenido En La Ciudad De Puno”.
  34. **MANUAL BÁSICO PARA LA ESTIMACIÓN DE RIESGOS (2006)**/Defensa Civil - Dirección Nacional De Prevención DI.NA. PRE – Unidad De Estudios Y Evaluación De Riesgos (Impreso En Lima - Perú).
  35. **MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010)**, Real Decreto 903/2010, De Evaluación Y Gestión De Riesgos.
  36. **PALACIOS M.O., De la CRUZ W., J.S.; DE LA CRUZ B.N.S.; KLINCK B.A.; ELLISON, R.A.; HAWKINS, M.P.**; Geología de la cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú, (Proyecto integrado del Sur). Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).
  37. **PALACIOS M.O. (1993)**, Geología del Perú, Primera Edición, Lima – Perú. Impresiones Firmat S.A. Ediciones e Impresiones. Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).
  38. **SOSA N.L.(2016)**, “Análisis De Susceptibilidad A Los Peligros Geológicos Por Movimientos En Masa - Poblados De Pampamarca Y Acobamba, Región Huánuco”
  39. **VARNES D.J. (1984)**, La zonación de peligro de deslizamiento una revisión de los principios y prácticas, Unesco la comisión de deslizamientos otro en movimientos en laderas.



## **WEBGRAFIA**

1. **Cardona A.O.D (1993)**. Evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riego.  
<http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>.
2. **Caes van Westen**. Introducción de los deslizamientos tipos y causas Internacionales -  
Institute for Aerospace Surver and Earth Sciences.
3. <http://www.itc.nl/external/unescorapca/presentaciones%20a%20los%20deslizamientos>
4. **CentenoJ.D (2006-2007)**. Geodinámica externa.
5. [http://ggyma.geo.ucm.es/docencia/geodinaExter2T/documentos/presentaciones/GeoExt\\_Introduccion.pdf](http://ggyma.geo.ucm.es/docencia/geodinaExter2T/documentos/presentaciones/GeoExt_Introduccion.pdf).
6. **C.J. van Westen**. Análisis de peligro, vulnerabilidad y Riesgo/ International Institute  
for Geoinformation Science and Earth Observation.
7. <http://www.itc.nl/external/unescorapca/casos%20de%20estudios%20SIG/03%20amenazas%20vulnerabilidad%20y%20riesgos/amenazas%20pdf>.
8. **Geomorfología De Riesgos Geológicos**.
9. <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur31/31edeso/31edeso.htm>.
10. **Iturralde- Vinent Manuel A**. Los riesgos naturales de origen geológico: causas y consecuencias.
11. <http://www.mnhnc.inf.cu/riesgos.pdf>.
12. **Mapa geológico del departamento de Puno - INGEMMET**.
13. <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>.
14. **Pronostico del tiempo- puno**
15. <http://www.accuweather.com/americanadelsur/peru/puno>.



16. [http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Geologia/ZonasCriticas/Regiones/Zonas\\_Criticas\\_Huanuco.pdf](http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Geologia/ZonasCriticas/Regiones/Zonas_Criticas_Huanuco.pdf)
17. [www.inei.gob.pe/estadisticas/censos](http://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos)
18. [www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)
19. [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)
20. <http://www.indeci.gob.pe>
21. <http://www.ingemmet.gob.pe/AplicacionesWeb/Productos/productos/index.ht>
22. <http://www.bvsde.paho.org/documentosdigitales/bvsde/texcom/ASIS-regiones/Huanuco/Huanuco2011.pdf>



# ANEXOS

## ANEXOS A: PANEL FOTOGRÁFICO



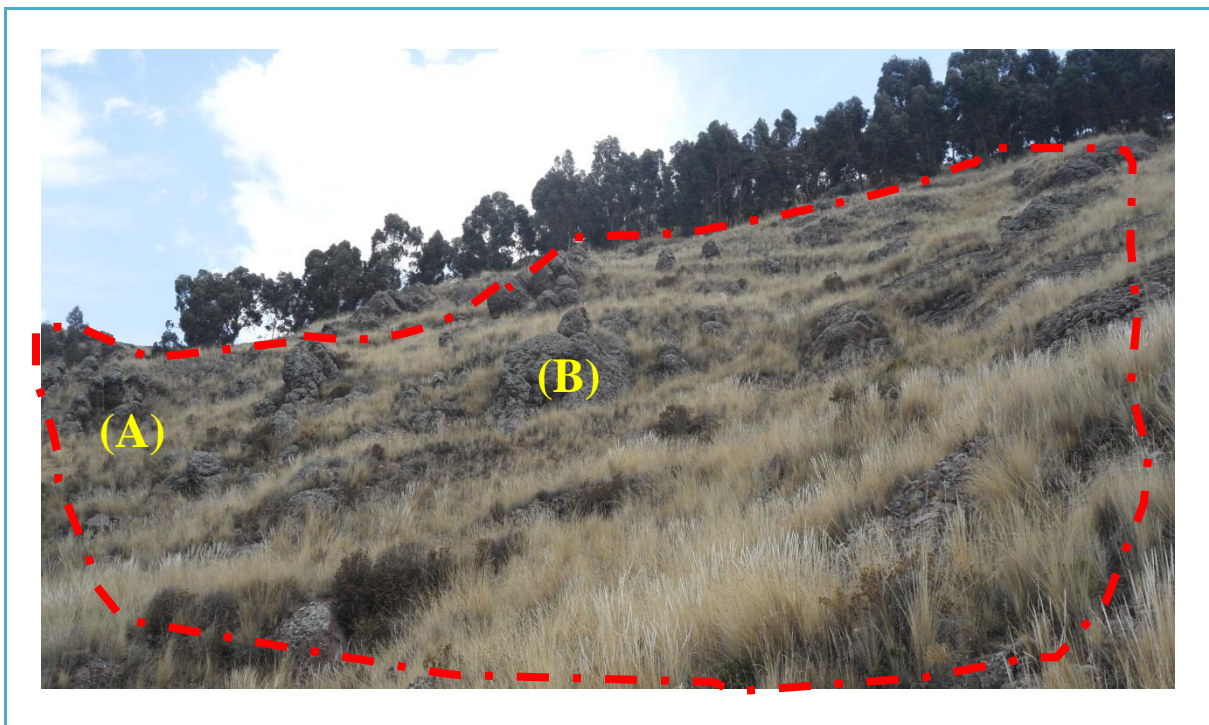
**FIGURA N°1: Escuelas en riesgo por caída de roca (I.E.LAS CRUCES).**



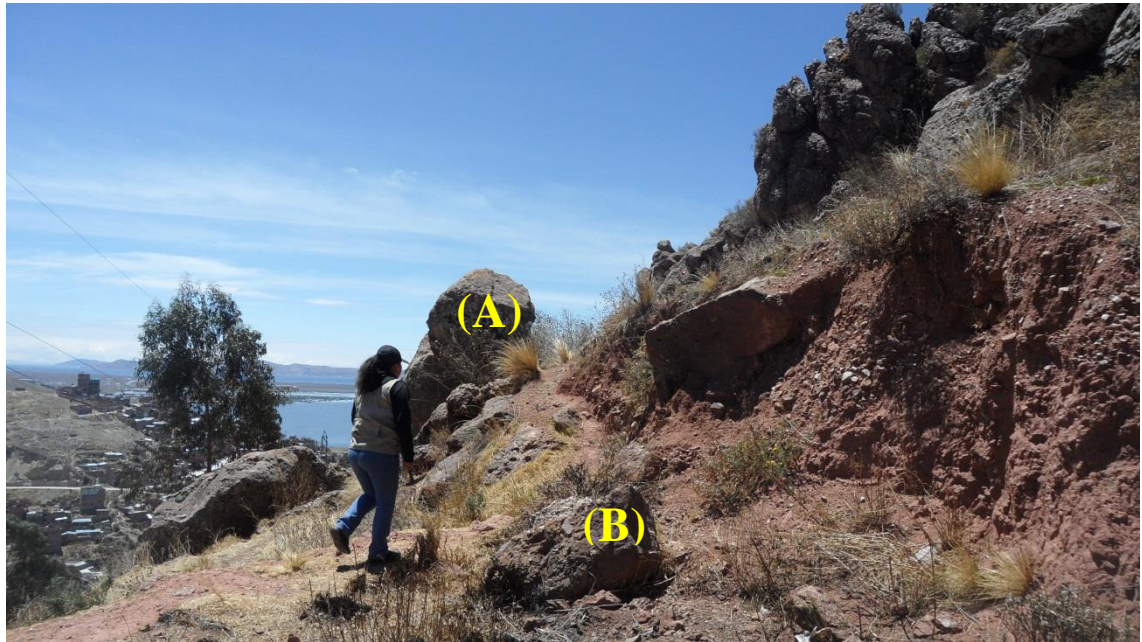
**FIGURA N°2: Casas en riesgo caída de roca (Barrio Las Cruces).**



**FIGURA N°3: Casas en riesgo caída de roca e infraestructura eléctrica en riesgo (Barrio las Cruces).**



**FIGURA N°4: Obsérvese los bloques (A) y (B) producto de una caída de rocas antigua. Bloques de roca parte alta del barrio las cruces.**



**FIGURA N°5:** Se muestra la dimensión de los bloques (A y B) del último evento de caídas de rocas, los cuales afectaron a viviendas. Bloques de roca parte alta del Barrio Huáscar.



**FIGURA N°6:** Obsérvese bloques de roca de caídas antiguas y caídas resientes parte de la AV. Circunvalación Norte.



**FIGURA N°7: Vista detallada de los bloques suspendidos, que pueden ceder por efectos de la gravedad, lluvias o sismo. AV. Circunvalación Norte.**



**FIGURA N°8: Obsérvese los bloques producto de una caída de rocas resientes. AV. Circunvalación Norte.**

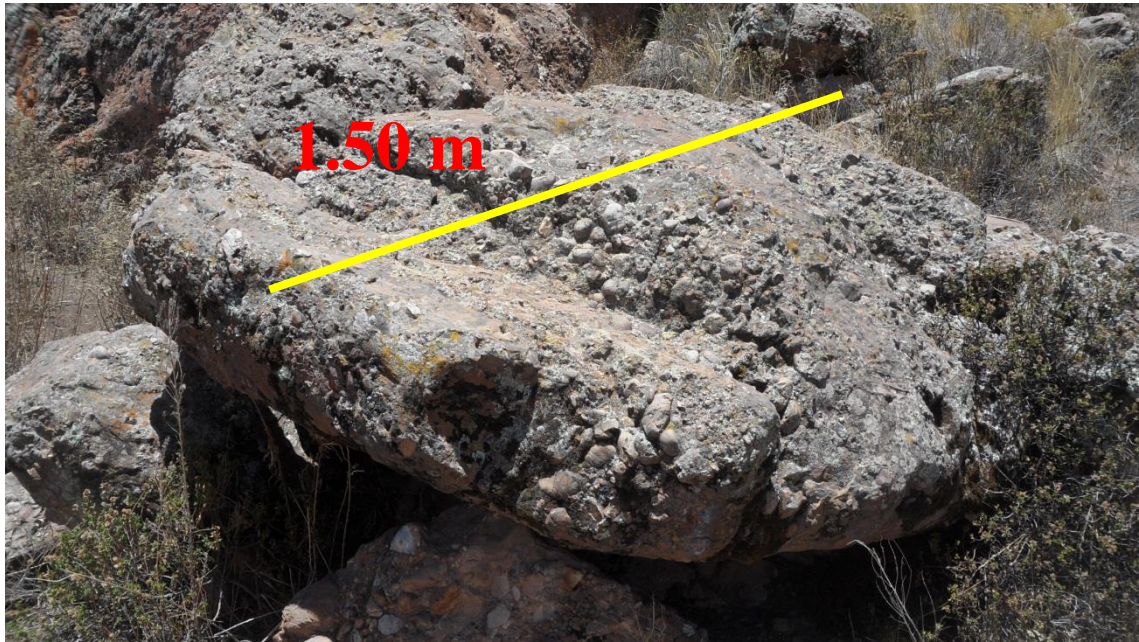




**FIGURA N°9: Bloques de roca expuesta y construcciones de vivienda mal ubicadas expuesta a riesgos en cualquier momento.**



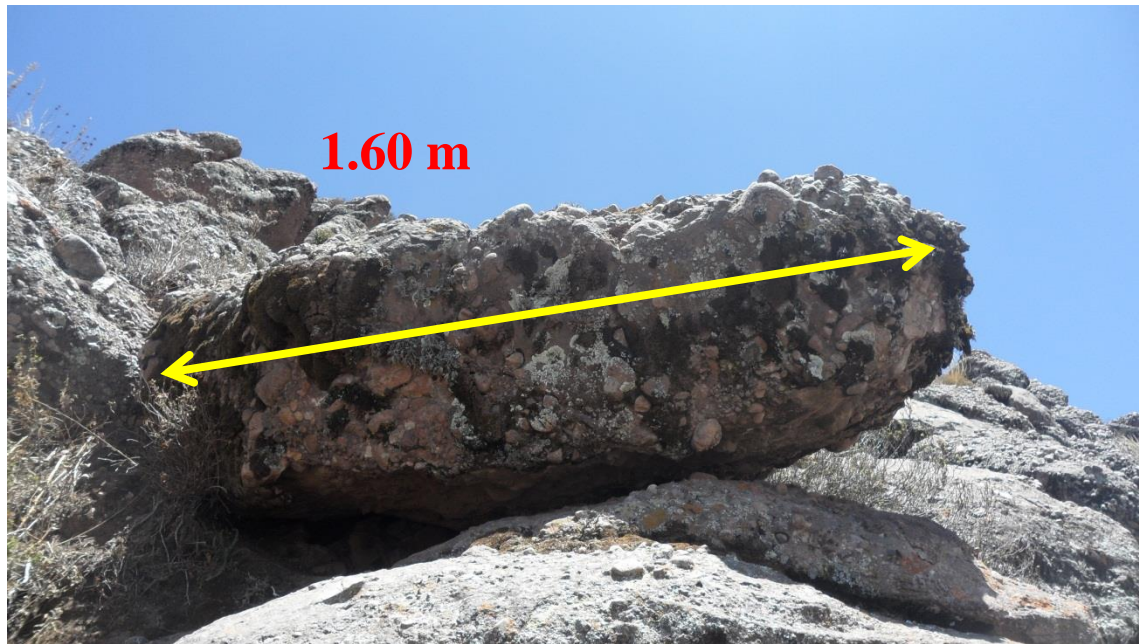
**FIGURA N° 10: Se muestra la dimensión de los bloques (2.00 x 2.00 m).**



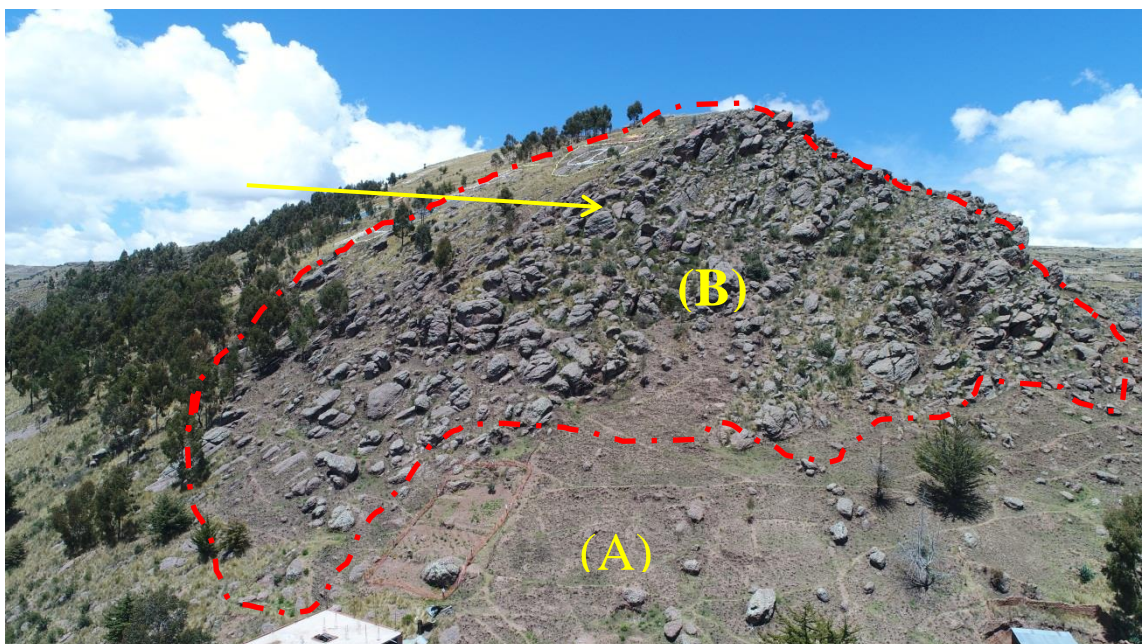
**FIGURA N°11: Bloques de rocas expuestas a caídas. Con tamaños que van de 1.50 x 2.00 m**



**FIGURA N°12: Bloques de rocas expuestas a caídas que afectaría a las viviendas.**



**FIGURA N°13: Bloques de rocas expuestas a caídas. Con tamaños de 1.60 x 1.00 m.**



**FIGURA N°14: (A) Bloques de rocas expuestas a caídas ya desplazadas. (B) La flecha indica las zonas con más alto riesgo.**



**FIGURA N°15: (A) Bloques de rocas expuestas a caídas viviendas en peligro (Barrio Miraflores).**



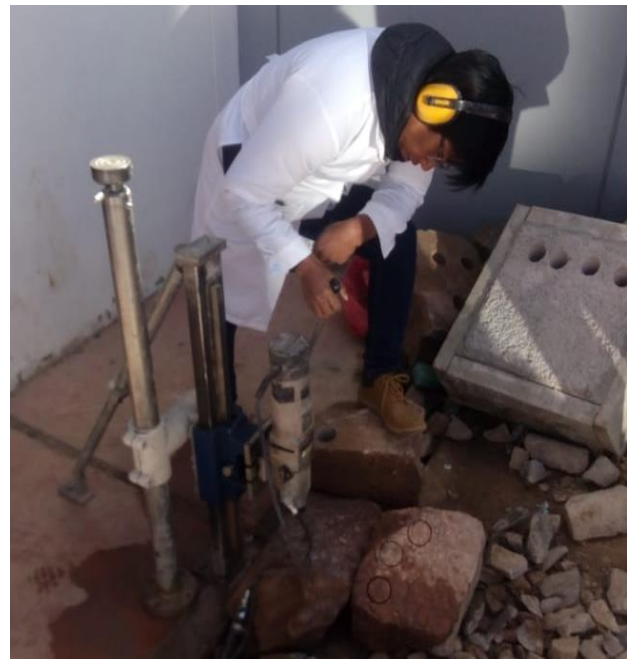
**FIGURA N°16: Infraestructura en riesgo (Cancha deportiva Barrio Huáscar).**



**FIGURA N°17: Caracterización de roca.**



**FIGURA N°18: Toma de muestra de suelo para ensayos de laboratorio.**



**FIGURA N°19: Toma de muestra de roca para ensayo de carga puntual.**




## ANEXOS B


# FICHA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

	<b>FORMATO</b>	Código : DGAR-F-148
	<b>FICHA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL PERÚ</b>	Versión : 00 Aprobado por : DGAR Fecha aprob. : <b>14 ABR. 2010</b> Página : 1 de 3

<b>I UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>																	
1 FICHA N°	2 NORTE	3 ESTE	4 COTA	5 FRANJA N°	6 CUADRANGULO (IGN)												
7 REGION / DPTO.	8 PROVINCIA	9 DISTRITO	10 PARAJE / CASERIO / LUGAR														
11 CUENCA HIDROGRÁFICA			12 FECHA	13 EFECTUADO POR		14 FOTOGRAFIA (S)											
<b>II TIPOLOGÍA</b>																	
15 TIPO DE PELIGRO						16 NOMBRE ESPECÍFICO			17 DENOMINACIÓN								
Caída <input type="checkbox"/> Vuelco <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Desplaz. lateral <input type="checkbox"/> Reptación <input type="checkbox"/> Deslizamiento <input type="checkbox"/> Mov. Complejo <input type="checkbox"/> Otro Peligro Geológico <input type="checkbox"/>																	
<b>III DESCRIPCIÓN</b>																	
18 PROCESOS O CAUSAS NATURALES				DEL ENTORNO GEOGRÁFICO				19 ACTIVIDAD ANTRÓPICA									
FACTORES DE SITIO				DEL ENTORNO GEOGRÁFICO				FACTORES ANTRÓPICOS									
Substrato de mala calidad (may meteorizado)				Precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta)				Excavaciones, Voladuras (cortes en el pie de ladera o talud)									
Alteración de rocas de diferente competencia				Deshielo y/o retroceso glaciar				Sobrecargas (edificios en la corona de un talud)									
Rocas muy fracturadas o dislocadas				Aguas subterráneas: infiltraciones / presión de poros				Ocupación inadecuada del suelo por el hombre (Áreas vulnerables)									
Orientación desfavorable de discontinuidades				Dinámica fluvial (Socavamiento del pie de un talud)				Desembalse violento de presas o lagunas naturales									
Naturaleza del suelo (incompetente)				Colmatación del cauce fluvial (sedimentación)				Aprovechamiento de recursos hídricos									
Inestabilidad de remoción antigua, susceptible.				Dinámica marina (erosión de costas)				Desobediencia o sobrepeso de laderas									
Pendiente del terreno				Morfología		Actividad volcánica		Sismicidad y/o fallas activas		Mal sistema de riego: uso inadecuado de agua de excremento							
Ausencia o escasez de vegetación				Rotura de un dique mientrónico		Otro factor:		Colapso de alguna estructura inducida por sismo		Activ. Minera							
Otro factor:				Otro Peligro Geológico		Otro factor:		Otro factor:									
<b>20 EVIDENCIAS VISUALES DEL PROCESO</b>																	
<b>MOVIMIENTOS EN MASA</b>						<b>PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS</b>											
<b>DESPLAZAMIENTO / DESLIZAMIENTOS COMPLEJOS</b>						<b>INUNDACIONES</b>											
ESTILO						FORMA DE LA ESCARPA			ÁREA SUSCEPTIBLE A INUNDACIÓN			EXTENSIÓN (m <sup>2</sup> )					
Recta <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/>						Circular <input type="checkbox"/> Escarrocada <input type="checkbox"/>			Llanura inundable <input type="checkbox"/> Terraza Escp.			Circunfuerista <input type="checkbox"/> Depresión topográfica <input type="checkbox"/> Litoral <input type="checkbox"/> Otra área <input type="checkbox"/>					
DIRECCIONES						Longitud de escarpa (m)			USO			ALTURA DE AGUA (m)					
Desnivel entre escarpa y pie (m)						Desnivel entre escarpa y pie (m)			Urbana / rural <input type="checkbox"/>			Cartera o vía <input type="checkbox"/>					
SUPERFICIE						Plana <input type="checkbox"/> Rotacional <input type="checkbox"/>			Cartera o vía <input type="checkbox"/>			Agrícola/pantanos <input type="checkbox"/>					
Principal (m)						Secundaria (m)			Avenida normal <input type="checkbox"/>			Avenida excepcional <input type="checkbox"/>					
Escarpas múltiples						VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO			CURSO PRINCIPAL			RECTILINEO					
Est. Rápido <input type="checkbox"/> Est. Lento <input type="checkbox"/>						Est. Rápido <input type="checkbox"/> Est. Lento <input type="checkbox"/>			Anastomosado <input type="checkbox"/>			Mediódrico <input type="checkbox"/>					
Empuje de escarpas						Retrogrado <input type="checkbox"/> Progresivo <input type="checkbox"/>			EROSIÓN DE LADERAS								
Reactivación						Enchanchamiento <input type="checkbox"/> Continuo <input type="checkbox"/>			Tipo			Cárcavas <input type="checkbox"/> Surcos <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Bad lands <input type="checkbox"/>					
Asentamientos						Long. (m) <input type="checkbox"/> Prof. (m) <input type="checkbox"/> Separac. (m) <input type="checkbox"/>			Estado evolutivo			Inicial <input type="checkbox"/> maduro <input type="checkbox"/> antiguo <input type="checkbox"/>					
Desviación de cauce y/o embalse						Longitudinal <input type="checkbox"/> Transversal <input type="checkbox"/>			Dimensiones			Longitud (m) <input type="checkbox"/> Prof (m) <input type="checkbox"/>					
Depósito de flujo						Distancia recorrida (m) <input type="checkbox"/> Longitud de embalse (m) <input type="checkbox"/> Altura embalse (m) <input type="checkbox"/>			Zonas involucradas			Cultivos <input type="checkbox"/> Pastizales <input type="checkbox"/> Obras civiles <input type="checkbox"/> Área urbana <input type="checkbox"/>					
Volumen de material deslizado (m <sup>3</sup> ):									Pastizales <input type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Bofedales <input type="checkbox"/> Corte artificial <input type="checkbox"/>			Área urbana <input type="checkbox"/>					
<b>DERRUMBES O COLAPSO / CAÍDA DE ROCAS / VUELCO</b>						<b>EROSIÓN FLUVIAL O DE RIBERAS</b>											
Tipo de rotura						Socavamiento o erosión en el pie de ladera						Estrangulamiento de río o meandro					
Talud rocoso fracturado						Longitud erosionada (m)						Ambas márgenes? Si ( ) No ( )					
Cuña <input type="checkbox"/> Planar <input type="checkbox"/> Vuelco <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/> Lateral <input type="checkbox"/> Acumilada <input type="checkbox"/> Carro artificial <input type="checkbox"/>						Forma de zona de arranque						DIMENSIONES					
Regular <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/> Continua <input type="checkbox"/> Discontinua <input type="checkbox"/>						Longitud de arranque (m)						OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS					
CARACTERÍSTICAS DEL DEPOSITO						Características						Dunas aisladas <input type="checkbox"/> Campo de dunas <input type="checkbox"/> Dep. edificos <input type="checkbox"/> Médanos <input type="checkbox"/>					
Efectos						Efectos o daños principales						Áreas de cultivo <input type="checkbox"/> Áreas urbanas <input type="checkbox"/> Invasión de vías <input type="checkbox"/>					
Sedimento						Obstrucción de cauce (m) <input type="checkbox"/> Enterramiento de viviendas (N) <input type="checkbox"/> Demuebe de tierras (m <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Obstrucción de vía (m) <input type="checkbox"/>						Extensión o área afectada (m <sup>2</sup> ):					
Bloques acum. en ladera																	
<b>HUNDIMIENTO O SUBSIDIENCIA</b>																	
Galería de mina <input type="checkbox"/> Área urbana <input type="checkbox"/> Terreno de cultivo <input type="checkbox"/> Karst (dolina, etc) <input type="checkbox"/> Área afectada (m):						Estado: Estabilizado ( ) Reactivado ( )						21 MOVIMIENTOS EN MASA ANTIGUOS (RECONOCIDOS O INFERIDOS)					
<b>FLUJOS (De detritos, de lodo, avalancha de rocas / de detritos)</b>																	
FORMA						Conolabasco <input type="checkbox"/> Escorrido <input type="checkbox"/> Chorro <input type="checkbox"/>			TIPO			Deslizamiento <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Movimiento complejo <input type="checkbox"/> Caída <input type="checkbox"/>					
DIMENSIÓN Área:						Erosión de puente			DIMENSIÓN			Longitud de escarpa antigua (m) <input type="checkbox"/> Salto visible (m) <input type="checkbox"/> Desnivel entre escarpa y pie (m) <input type="checkbox"/>					
TAMAÑO CLASTOS						Obstrucción de vía (m) <input type="checkbox"/>			Superficie cóncava convexa identificada en mapa topográfico								
FLUJO DE MATERIAL						Erosión de cauce (m) <input type="checkbox"/>			Bloques de roca aislados o material de remoción identificable								
Canalizado <input type="checkbox"/> No canalizado <input type="checkbox"/>						Enterramiento de viviendas (N):			<b>EMBALSES O REPRESENTOS ANTIGUOS</b>								
Distancia recorrida (m):						Embalse de cauce			Desviación de curso fluvial <input type="checkbox"/> Laguna o embalse natural <input type="checkbox"/>								
Run up (m):						Erosión de tierras de cultivo			Restos de pueblo sepultado			Valle de Representamiento con modificación de pendiente del río					
<b>ALUD O AVALANCHA DE NIEVE-HIELO / AVALANCHA DE DETRITOS</b>						Depósitos aluviales extensos en valle con poca dinámica actual											
Agrietamientos en el glaciar						Rompimiento de dique momentico			Huellas de flujo violento en las paredes del cauce (m)			Alambicos aluviales extensos en la desembocadura de ríos o quebradas					
Avalancha de nieve y/o roca						Ruptura de dique o embalse de un río, producido por un derrumbe o deslizamiento			Canchales cubiertos con vegetación (Área: )			Cono proluvial antiguo con vegetación más joven (Área: )					
Reptación						Saltos y agrietamientos en ladera			Avance cara libre de quebrado			Desgaste de cobertura vegetal					
Distancia recorrida (m):						Volumen (m <sup>3</sup> ):			<b>Deposito coluvial antiguo con gran granulometria</b>								
DIMENSIÓN						Área (m <sup>2</sup> ) <input type="checkbox"/> Altura embalse (m) <input type="checkbox"/> Longitud embalse (m) <input type="checkbox"/>			Tipo represamiento (Segun Costa & Schuster, 1988)								



	<b>FORMATO</b>	Código : DGAR-F-148
	<b>FICHA DE INVENTARIO DE PELIGROS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL PERÚ</b>	Versión : 00 Aprobado por : DGAR Fecha aprob. : <div style="text-align: right; font-size: 1.2em;"><b>14 ABR. 2010</b></div>
Saturación y remoción de suelo superficial <input type="checkbox"/> Área afectada (m <sup>2</sup> ): <input type="text"/>		Página : 2 de 3

<b>OTRAS CARACTERÍSTICAS ENCONTRADAS:</b>												<b>OTROS PROCESOS GEOLOGICOS ANTIGUOS IDENTIFICADOS</b>											
												Áreas cársticas desarrolladas <input type="checkbox"/> Dunas o campo de dunas fósiles <input type="checkbox"/> Vestigios de cursos de agua o meandros abandonados <input type="checkbox"/> Otro: <input type="text"/>											
<b>22 OCURRENCIA ACTUAL (dmta)</b>												<b>25 EDAD ESTIMADA DEL FENOMENO</b>											
												Activo <input checked="" type="checkbox"/> Inactivo-Joven <input type="checkbox"/> Inactivo-maduro <input type="checkbox"/> Viejo <input type="checkbox"/> CLASIFICACION Y ESTADO DE LA ACTIVIDAD: Activo <input type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Reactivado <input type="checkbox"/>											
<b>23 OCURRENCIAS ANTERIORES</b>												<b>26 EDAD</b>											
												Estabilizado <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Sin registro histórico (>500 años) <input type="checkbox"/> Reciente (20 a 100 años) <input checked="" type="checkbox"/> Antigua (<500 >100 años) <input type="checkbox"/> Actual < 20 años <input type="checkbox"/>											
<b>24 RECURRENCIA DEL PELIGRO</b>												<b>IV ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS E HIDROLOGICOS</b>											
Periódico <input type="checkbox"/> Ocasional <input checked="" type="checkbox"/> Excepcional <input type="checkbox"/>												<b>26 ASPECTO GEOMORFOLOGICO PRINCIPAL</b>											
Valle: Fluvial <input type="checkbox"/> Glaciar <input type="checkbox"/> Cañon <input type="checkbox"/> Inundable <input type="checkbox"/> Represamiento <input type="checkbox"/> Muy bajo <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Fuerte <input type="checkbox"/> Muy fuerte <input type="checkbox"/> Lade-RA: Lomado <input type="checkbox"/> Colina <input type="checkbox"/> Montaña <input type="checkbox"/> Montaño <input type="checkbox"/> Volcán <input type="checkbox"/> <10° <input type="checkbox"/> 10-20° <input type="checkbox"/> 20-40° <input type="checkbox"/> 40-60° <input type="checkbox"/> >60° <input type="checkbox"/>												<b>27 PENDIENTE DEL TERRENO</b>											
Lade-RA: Glaciar <input type="checkbox"/> Acantilado <input type="checkbox"/> Estructural <input type="checkbox"/> Depósito edico <input type="checkbox"/> Uniforme <input type="checkbox"/> Escalonada <input type="checkbox"/> Cóncava <input type="checkbox"/> Convexa <input type="checkbox"/> Mista <input type="checkbox"/>												<b>28 RED DE DRENAJE</b>											
PLANICIE: Terrazo <input type="checkbox"/> Abanico <input type="checkbox"/> Meseta <input type="checkbox"/> Llano <input type="checkbox"/> Playa <input type="checkbox"/>												<b>29 FORMA DEL TERRENO</b>											
<b>31 CUBIERTA VEGETAL</b>												<b>30 PRESENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS</b>											
Abundante <input type="checkbox"/> Escasa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Nula <input type="checkbox"/>												Filtraciones <input type="checkbox"/> Ojos de agua <input type="checkbox"/> Oconales (Bofedales) <input type="checkbox"/> CARACTER: Escasa <input type="checkbox"/> Permanente <input type="checkbox"/> Estacional <input type="checkbox"/>											
<b>V ASPECTOS GEOLOGICO-ESTRUCTURALES Y GEOTÉCNICOS</b>												<b>32 TIPO DE VEGETACION</b>											
<b>33 LITOLOGIA DEL SUBSTRATO</b>												<b>34 DEPOSITOS SUPERFICIALES O SUELOS</b>											
Secim. <input type="checkbox"/> Volc-sed <input type="checkbox"/> Volcanc. <input type="checkbox"/> Intrusivo <input type="checkbox"/> Metam. <input type="checkbox"/> Litología Predominante: <input type="text"/>												Aluv. <input type="checkbox"/> Fluv. <input type="checkbox"/> Prol. <input type="checkbox"/> Col. <input type="checkbox"/> Del. <input type="checkbox"/> Ed. <input type="checkbox"/> Res. <input type="checkbox"/> Lac. <input type="checkbox"/> Mar <input type="checkbox"/> Fluv-glac. <input type="checkbox"/> Glac. <input type="checkbox"/> Antro <input type="checkbox"/> Grado de Saturación: Seco <input type="checkbox"/> P. Sat <input type="checkbox"/> Med. S. <input type="checkbox"/> Satur. <input type="checkbox"/>											
Formación/Grupo <input type="text"/> Unidad/Complejo <input type="text"/>												<b>35 TIPO DE SUELO (% clastos)</b>											
<b>36 ESTRUCTURAS Y DISCONTINUIDADES EN LAS ROCAS</b>												<b>37 SUELOS COHESIVOS (CONSISTENCIA)</b>											
Fallamiento <input type="checkbox"/> Diclasamiento <input type="checkbox"/> Esquistosidad <input type="checkbox"/> Estratificación <input type="checkbox"/>												Bloques <input type="checkbox"/> Muy blando <input type="checkbox"/> Bolón <input type="checkbox"/> Blando <input type="checkbox"/> Grava <input type="checkbox"/> Med. Comp. <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Compact. <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Muy compact. <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Duro <input type="checkbox"/>											
<b>38 GRADO DE ALTERACION</b>												<b>38 SUELOS GRANULARES (COMPACIDAD)</b>											
F1 <input type="checkbox"/> F2 <input type="checkbox"/> F3 <input type="checkbox"/> F4 <input type="checkbox"/> F5 <input type="checkbox"/> A1 <input type="checkbox"/> A2 <input type="checkbox"/> A3 <input type="checkbox"/> A4 <input type="checkbox"/> A5 <input type="checkbox"/> A6 <input type="checkbox"/>												Muy compact. <input type="checkbox"/> Compact. <input type="checkbox"/> Duro <input type="checkbox"/>											
<b>VI DAÑOS OCASIONADOS ( ) O PROBABLES ( )</b>												<b>CROQUIS (planta o perfil):</b>											
43 CARRETERA (Km) <input type="checkbox"/> 44 CAMINO RURAL (Km) <input type="checkbox"/> 45 VIA FERREA (Km) <input type="checkbox"/> 46 VIVIENDAS AFECTADAS <input type="checkbox"/> 47 VIVIENDAS DESTRUIDAS <input type="checkbox"/> 48 CULTIVOS O PASTURALES (Has) <input type="checkbox"/> 49 MUERTOS / DESAPARECIDOS <input type="checkbox"/> 50 HERIDOS <input type="checkbox"/> 48 DAMNIFICADOS <input type="checkbox"/> 52 CANAL (m) <input type="checkbox"/> 53 PUENTE (m) <input type="checkbox"/> 54 REDES DE ENERGIA (m) <input type="checkbox"/> 55 GASEODUCTO / OLEODUCTO (Km) <input type="checkbox"/> 56 PATRIMONIO NATURAL O CULTURAL <input type="checkbox"/>																							
57 OTRA INFRAESTRUCTURA MAYOR <input type="checkbox"/> 58 CARACTERÍSTICAS DE LOS DAÑOS: Sin daños / no registrados <input type="checkbox"/> Leves <input type="checkbox"/> Moderados <input type="checkbox"/> Severos <input type="checkbox"/> Destrucción, total <input type="checkbox"/> Probables <input type="checkbox"/>																							
<b>VII CALIFICACION DE RIESGO</b>																							
59 GRADO DEL PELIGRO: Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Muy alto <input type="checkbox"/> 60 VULNERABILIDAD: Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Muy alto <input type="checkbox"/> 61 RIESGO ESTIMADO: <input type="text"/>																							
<b>VIII OTRAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES</b>												<b>63 MEDIDAS DE PREVENCIÓN RECOMENDADAS</b>											
62 MEDIDAS U OBRAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN REALIZADAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> CUAL(ES): <input type="text"/> DESCRIPCIÓN: <input type="text"/>												63 MEDIDAS DE PREVENCIÓN RECOMENDADAS: <input type="text"/>											
<b>IX FUENTE DE INFORMACION (64)</b>												<b>64 MEDIDAS DE PREVENCIÓN RECOMENDADAS</b>											
TESIS UNIV. <input type="checkbox"/> BOL. TECNICO <input checked="" type="checkbox"/> REVISTA <input type="checkbox"/> INF. TECNICO <input type="checkbox"/> ART. PERIODISTICO <input type="checkbox"/> INFORM. CAMPO <input type="checkbox"/> FOTOINTERPRETAC. <input type="checkbox"/>												AUTOR (ES): <input type="text"/> TITULO ESTUDIO: <input type="text"/> FECHA: <input type="text"/>											

## ANEXOS C

### ENSAYOS DE LABORATORIO DE CARGA PUNTUAL

GEOTEC		FORMATO DE LABORATORIO CARGA PUNTUAL METODO ISRM	
<p>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICOS</p>		<p>EVALUACIÓN DE PREGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO AZOGUINI - REGIÓN PUNO</p> <p>Barco Evelyn Glina Lopez Flores</p>	
PROYECTO:		1	2
CLIENTE:			
FECHA DE ENAYO:	30/12/2019		
SOLICITANTE/PROYECTANTE:	I. D.L.		
Nº. MUESTRA:	1		
PROFUNDIDAD:	0.5 - 1.0		
ENLACE:	1		2
FALLA:			
TIPO ROCA:	CONGLOMERADO	CONGLOMERADO	
PROY. CARGA P (kg)	260.00		241.00
DIÁMETRO D (cm)	4.010		4.010
ANCHO W (cm)	4.010		4.010
LONGITUD L (cm)	8.200		8.160
Diámetro equivalente de volumen (cm)	4.52		4.54
Peso muestra (g)	131.86		131.87
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	0.00		0.00
P	1.0		1.0
Índice de carga instantánea (kg/cm <sup>2</sup> )	13.14		13.21
Registro fotográfico			
Laboratorista	L. I. E. C.		
Revisado y Aprobado:			
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOTECNIA</p>		<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOTECNIA JEFE DE LABORATORIO</p>	
OBSERVACIONES:			



## ANEXOS D

### ENSAYOS DE LABORATORIO PARA SUELOS

ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS Y  
GEOTECNICOS



#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS EN EL CERRO AZOQUINI - REGION PUNO"		
LUGAR :	Dist. Puno Prov. Puno Región Puno	MUESTRA :	Calceo C-1 M-1
SOLICITA :	Bach. Evelyn Gini Lopez Flores	PROFUNDIDAD :	1.50 m.
		FECHA :	Diciembre del 2019

TAMICES ASTM	ABERTURA EN mm.	PESO RETENIDO	% RET. PASO	% RET. ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	191.6	9.6	56.8	64.4	
1/2"	12.700	209.5	10.6	46.1	53.9	
3/8"	9.525	102.3	5.1	51.2	48.8	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	75.9	3.8	60.0	39.4	
N° 8	2.360					
N° 10	2.000	22.4	1.1	60.1	31.9	
N° 16	1.190	88.0	3.0	71.1	28.9	
N° 20	0.840					
N° 30	0.600	21.1	1.1	73.3	26.7	
N° 40	0.420	19.1	1.0	74.3	25.7	
N° 50	0.300	15.3	0.8	75.1	24.9	
N° 100	0.149	32.3	1.6	76.7	23.3	
N° 200	0.074	104.4	5.2	81.9	18.1	
FONDO		360.1	18.1	100.0		
SUMA		1993.08				

**DESCRIPCION DE LA MUESTRA**  
Estos suelos están conformados por Gravas Limosas

PESO MOJADO SECO	1993.08	gr
PESO LAVADO SECO	1633.00	gr
PERDIDA	360.08	gr
LL	16.80	%
LP	13.70	%
IP	3.10	%
HL	26.26	%

CLASIFICACION :  
SUCS : GM  
AASHITO : A-1-b  
I.C. :

OBSERVACION :  
EL ENSAYO SE REALIZO BAJO LA NORMA (ASTM D21-58)



ING. CIVIL PERLA J. GARCIA ORTEGA  
CIP: 88023  
Jefe del Laboratorio

## ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE INDICADORES GEOTÉCNICOS EN EL CERRO ALTOGRAMA - REGIÓN PUNO"  
SOLICITA : Bach. Evelyn Gina Lopez Flores  
MUESTRA : 1  
FECHA : Diciembre del 2019

### LIMITE LIQUIDO

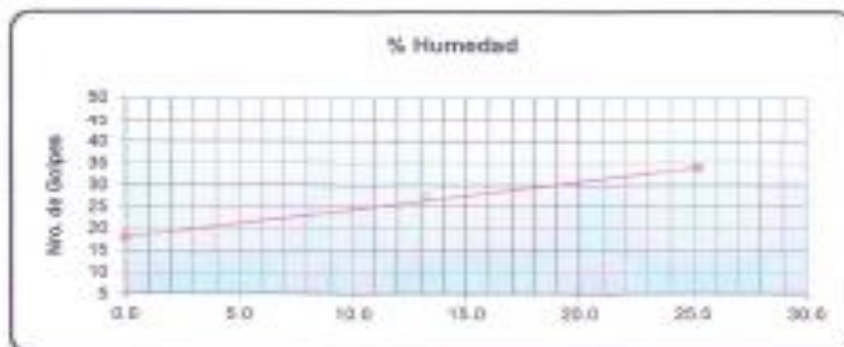
Nro de Tarro	4	7		
T <sub>w</sub> Suelo Humedo	44.93	42.20		
T <sub>w</sub> Suelo Seco	40.47	38.47		
Agua	4.46	3.81		
Peso de Tarro	24.27	23.35		
Suelo Seco	16.20	15.12		
% de Humedad	27.53	25.20		
Nro de Golpes	18	34		

### LIMITE PLASTICO

Nro de Tarro	5	8		
T <sub>w</sub> Suelo Humedo	16.56	16.43		
T <sub>w</sub> Suelo Seco	16.39	16.27		
Agua	0.19	0.16		
Peso de Tarro	15.50	15.44		
Suelo Seco	0.89	0.83		
% de Humedad	21.35	18.28		

L.L. 16.80 L.P. 13.70 I.P. 3.10

% Humedad



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SUELOS  
 ING. OSCAR PÉREZ J. CANARI CHURKIN  
 No. 200022  
 APE DE LABORATORIO



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO AZOQUEVI - REGIÓN PUNO"  
MUESTRA : 1  
SOLICITA : Bach. Evelyn Gina Lopez Flores  
FECHA : Diciembre del 2019

MUESTRA	
Tarro Nro.	2
Peso suelo humedo + tarro	108.40
Peso suelo seco + tarro	90.23
Peso del agua	18.17
Peso del tarro	21.03
Peso del suelo seco	69.20
% de humedad	26.26

**Promedio de Humedad = 26.26%**

OBSERVACIONES : El Ensayo se realizo Bajo la Norma  
de la ASTM - D - 2217 - 71



## PERFIL ESTRATIGRAFICO

**PROYECTO:** "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS EN EL CERRO AZOQUI - REGION PUNO"  
**SOLICITA:** Ing. Evelyn Gina Lopez Flores      **PROFUNDIDAD:** 1.5 m.  
**FECHA:** Diciembre del 2019      **MUESTRA:** C-1 T1 Termino de Fandorin  
**NIVEL FREATICO:** \_\_\_\_\_

PROF.	LETRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
0.00	PT		Suelos orgánicos conformados por <i>Relaves</i> .
0.10			
0.20	GM		Estos suelos están conformados por <i>Gravas Limosas; mezclas de grava, arena y limo.</i>
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20	GP-GM		Estos suelos están conformados por <i>Gravas Limosas; mezclas de grava, arena y limo gravas mal graduadas.</i>
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			

INEEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDIOS Y  
 INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS Y  
 AMBIENTALES  
 ING. EVELYN GINA LOPEZ FLORES  
 CIP: 86022  
 JEFE DE LABORATORIO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

<b>PROYECTO</b>	: 'EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO AZOGUNI - REGIÓN PUNO'		
<b>LUGAR</b>	: Dist. Puno Prov. Puno Región Puno	<b>MUESTRA</b>	: Caliche C-1 M-2
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Evelyn Gino López Flores	<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m
		<b>FECHA</b>	: Diciembre del 2019

TAMIZO ASTM	ABERTURA EN mm	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% PASA	ESPECIFICACIONES
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050	191.9	9.6	35.5	64.5	
1/2"	12.700	209.5	10.5	46.0	54.0	
3/8"	9.525	50.0	2.5	48.5	51.5	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	128.4	6.3	52.3	37.7	
N° 8	2.360					
N° 10	2.000	69.2	3.3	70.6	29.4	
N° 16	1.190	59.0	3.0	73.6	26.6	
N° 20	0.840					
N° 30	0.590	21.1	1.1	75.8	24.2	
N° 40	0.420	45.8	2.3	78.1	21.9	
N° 50	0.297	67.2	3.4	81.5	18.5	
N° 100	0.149	32.3	1.6	83.1	16.9	
N° 200	0.074	154.4	5.2	88.3	11.7	
FONDO		233.4	11.7	100.0		
SUMA		1997.05				

### DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

Estos suelos están conformados por Gravas  
Unidad granulométrica mal graduada.

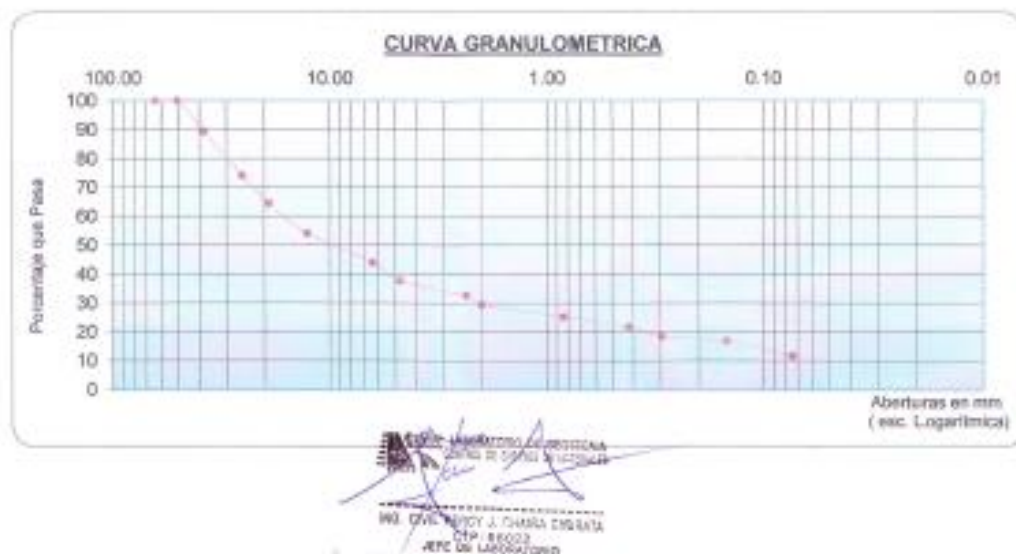
PESO MOJAL SECO	1997.05	gr
PESO LAVADO SECO	1763.70	gr
PERDIDA	233.36	gr

L.L.	15.64	%
L.P.	12.75	%
I.P.	3.09	%
H.N.	26.28	%

CLASIFICACION	
SUCS	GP-GM
AGUJO	A-1-n
I.G.	

### OBSERVACION

EL ENSAYO SE REALIZÓ BAJO LA  
NORMA (ASTM D21-86)





## ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

PROYECTO :  
SOLICITA : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS EN EL CERRO AZDOLAH - REGION PUNO"  
MUESTRA : Bach. Evelyn Gina Lopez Flores  
FECHA : 2  
: Diciembre del 2019

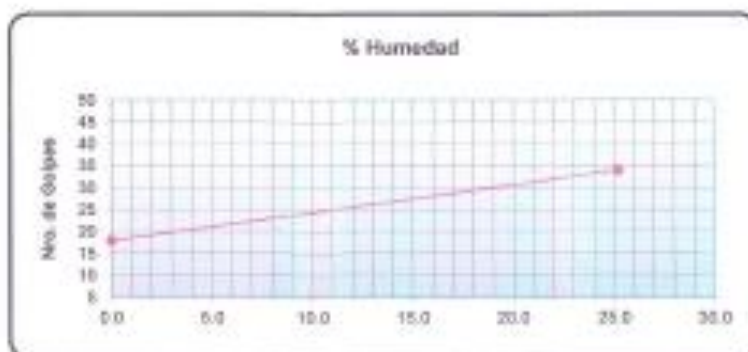
### LIMITE LIQUIDO

Nro de Tarro	4	7		
T <sub>w</sub> Suelo Humedo	44.93	42.28		
T <sub>w</sub> Suelo Seco	40.47	38.47		
Agua	4.46	3.81		
Peso de Tarro	24.27	23.35		
Suelo Seco	16.26	15.12		
% de Humedad	27.53	25.20		
Nro de Golpes	18	34		

### LIMITE PLASTICO

Nro de Tarro	5	8		
T <sub>w</sub> Suelo Humedo	16.58	16.43		
T <sub>w</sub> Suelo Seco	16.39	15.27		
Agua	0.19	0.16		
Peso de Tarro	15.50	15.44		
Suelo Seco	0.89	0.83		
% de Humedad	21.35	19.28		

L.L.	15.84	L.P.	12.76	I.P.	3.09
------	-------	------	-------	------	------



LABORATORIO DE INVESTIGACIONES  
EN GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS Y  
ESTRUCTURAS  
ING. CIVIL PUNO, S. CHARRA ENRIETA  
CUPY MOZA  
Jefe de Laboratorio



## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO AZOGUNI - REGIÓN PUNO"  
MUESTRA : 2  
SOLICITA : Bsc. Evelyn Gris Lopez Flores  
FECHA : Diciembre del 2019

MUESTRA		
Tarro Nro.	2	
Peso suelo humedo + tarro	108.40	
Peso suelo seco + tarro	90.23	
Peso del agua	18.17	
Peso del tarro	21.03	
Peso del suelo seco	69.20	
% de humedad	26.26	

**Promedio de Humedad = 26.26%**

OBSERVACIONES : El Ensayo se realizo Bajo la Norma  
de la ASTM - D - 2217 - 71

LABORATORIO DE QUÍMICA  
Y FÍSICO-QUÍMICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ING. CEN. OSCAR J. CHIRIA CHIRIA  
CIP: 20022  
MPE DE LABORATORIO

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO: "EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL CERRO AZOQUE - REGIÓN PUNO"

SOLICITA:	Rafel Efraín Ciro Lopez Flores	PROFUNDIDAD:	1.30 m.
FECHA:	Diciembre del 2019	MUESTRA:	C-1 M3
		NIVEL FREÁTICO:	NP

PROF.	LETRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
0.10	PT		Suelos Organicos conformado por Raices.
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60	GM		Estos suelos estan conformados por Gravas Limosa; mezclas de grava, arena y limo.
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10	GP-GM		Estos suelos estan conformados por Gravas Limosa; mezclas de grava, arena y limo. Gravas mal arduadas.
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			

LABORATORIO DE GEOTECNIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



ING. CIVIL PERCY J. CHAMÁ CHIRATA  
C.R. 80022  
JEFE DE LABORATORIO





## **ANEXOS E**

### **FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO**

		<b>CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS</b> <b>PROYECTO: Talud</b> <b>LEVANTADO POR: EVELYN GINA LOPEZ FLORES</b> <b>UBICACIÓN: Azoguni-Región Puno</b> <b>FECHA: Julio-2019</b> <b>REGISTRO LINEAL:</b>				ESTUDIO:		TIPO DE ROCA: Arenisca (Conglomerado)-Grupo Puno		HOJA DE: Datos			
						TALUD							
Inclinación. Azimut		CONDICIONES DE EXPOSICIÓN											
N° DISCONTINUIDAD	Distancia	Orientación discontinuidad		Resist. (MPa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Aguza	N° de fracturas	Tipo	
		BUZAMIENTO	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO										
1	0-5m	60°	100°		Longitud de la taza	1. Cerrada 2. Angosta < 0.1 mm 3. Moderad 0.1-1mm 4. Amplio 1-5mm 5. Muy Amplio >5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Liger. rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro <5mm 3. Relleno duro >5mm 4. Rell. blando <5mm 5. Rell. blando >5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligeram. húmedo 3. Húmedo 4. Gotearo	Lineal	1. Falla 2. Estratificación 3. Tensión (juntas) 4. Corte 5. otros (indicar)	
2	0-5m	62°	10°										
1	0-5m	72°	140°										
2	0-5m	68°	220°										
1	0-5m	18°	205°										
2	0-5m	50°	05°										
1	0-5m	66°	180°										
2	0-5m	85°	110°										





1	0-5m	70°	175°							4	4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2	2
2	0-5m	85°	315°							4	4	4	4	4	4	4	2	4/4.00m	2	2
1	0-5m	80°	255°							3	4	4	3	3	3	3	2	3/2.50m	2	2
2	0-5m	86°	295°							4	4	4	4	4	4	4	2	4/3.00m	2	2
1	0-5m	36°	180°							4	4	4	4	4	4	4	2	4/3.20m	2	2
2	0-5m	45°	170°							4	4	4	4	4	4	4	2	5/4.00m	2	2
1	0-5m	50°	295°							5	4	4	5	5	5	2	2	4/4.50m	2	2
2	0-5m	30°	175°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/2.70m	2	2
1	0-5m	75°	320°							5	4	4	5	5	5	2	2	2/3.50m	2	2
2	0-5m	78°	230°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/3.70m	2	2
1	0-5m	50°	160°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/2.80m	2	2
2	0-5m	60°	355°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/2.50m	2	2
1	0-5m	86°	30°							5	4	4	5	5	5	2	2	2/2.00m	2	2
2	0-5m	65°	155°							5	4	4	5	5	5	2	2	3/1.60m	2	2
1	0-5m	72°	320°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/3.40m	2	2
2	0-5m	83°	60°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/4.00m	2	2
1	0-5m	85°	231°							5	4	4	5	5	5	2	2	2/2.00m	2	2
2	0-5m	82°	64°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/1.80m	2	2
1	0-5m	47°	150°							5	4	4	5	5	5	2	2	3/2.00m	2	2
2	0-5m	87°	115°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/3.50m	2	2
1	0-5m	55°	142°							5	4	4	5	5	5	2	2	2/3.00m	2	2
2	0-5m	80°	33°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/2.50m	2	2
1	0-5m	79°	60°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/1.60m	2	2
2	0-5m	54°	25°							4	4	4	4	4	3	2	2	3/2.50m	2	2
1	0-5m	60°	142°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/3.40m	2	2
2	0-5m	79°	35°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/5.00m	2	2
1	0-5m	65°	315°							4	4	4	4	4	4	2	2	4/2.30m	2	2
2	0-5m	86°	230°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/3.00m	2	2
1	0-5m	80°	65°							4	4	4	4	4	4	2	2	5/4.00m	2	2
2	0-5m	45°	100°							4	4	4	4	4	4	2	2	3/4.00m	2	2



1	0-5m	62°	240°				4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2
2	0-5m	53°	237°				4	4	4	4	4	4	2	4/4.00m	2
1	0-5m	68°	195°				3	4	4	3	3	3	2	3/2.50m	2
2	0-5m	30°	100°				4	4	4	4	4	4	2	4/3.00m	2
1	0-5m	38°	95°				4	4	4	4	4	4	2	4/3.20m	2
2	0-5m	65°	70°				4	4	4	4	4	4	2	5/4.00m	2
1	0-5m	65°	15°				5	4	4	5	5	5	2	4/4.50m	2
2	0-5m	87°	230°				4	4	4	4	4	4	2	3/2.70m	2
1	0-5m	35°	120°				5	4	4	5	5	5	2	2/3.50m	2
2	0-5m	40°	205°				4	4	4	4	4	4	2	3/3.70m	2
1	0-5m	60°	180°				4	4	4	4	4	4	2	4/2.80m	2
2	0-5m	74°	110°				4	4	4	4	4	4	2	4/2.50m	2
1	0-5m	75°	335°				5	4	4	5	5	5	2	2/2.00m	2
2	0-5m	35°	230°				5	4	4	5	5	5	2	3/1.60m	2
1	0-5m	45°	225°				4	4	4	4	4	4	2	4/3.40m	2
2	0-5m	50°	240°				4	4	4	4	4	4	2	4/4.00m	2
1	0-5m	46°	225°				5	4	4	5	5	5	2	2/2.00m	2
2	0-5m	70°	230°				4	4	4	4	4	4	2	3/1.80m	2
1	0-5m	70°	15°				5	4	4	5	5	5	2	3/2.00m	2
2	0-5m	60°	225°				4	4	4	4	4	4	2	4/3.50m	2
1	0-5m	86°	135°				5	4	4	5	5	5	2	2/3.00m	2
2	0-5m	82°	315°				4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2
1	0-5m	68°	48°				4	4	4	4	4	4	2	3/1.60m	2
2	0-5m	25°	120°				4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2
1	0-5m	38°	50°				4	4	4	4	4	4	2	4/3.40m	2
2	0-5m	86°	335°				4	4	4	4	4	4	2	4/5.00m	2
1	0-5m	86°	45°				4	4	4	4	4	4	2	4/2.30m	2
2	0-5m	68°	215°				4	4	4	4	4	4	2	3/3.00m	2
1	0-5m	82°	205°				4	4	4	4	4	4	2	5/4.00m	2
2	0-5m	78°	85°				4	4	4	4	4	4	2	3/4.00m	2

1	0-5m	68°	315°							4	4	5	4	4	4	3	3/2.50m	1
2	0-5m	60°	230°							4	4	4	4	4	4	2	3/3.00m	2
2	0-5m	55°	215°							4	4	4	4	3	2	2	4/4.50m	2
1	0-5m	70°	300°							4	4	4	4	4	2	2	3/2.50m	2
2	0-5m	75°	35°							4	4	4	4	4	2	2	4/4.00m	2
1	0-5m	42°	15°							3	4	3	3	3	2	2	3/2.50m	2
2	0-5m	60°	230°							4	4	4	4	4	2	2	4/3.00m	2
1	0-5m	75°	35°							4	4	4	4	4	2	2	4/3.20m	2
2	0-5m	69°	310°							4	4	4	4	4	2	2	5/4.00m	2
1	0-5m	68°	73°							5	4	5	5	5	2	2	4/4.50m	2
2	0-5m	80°	95°							4	4	4	4	4	2	2	3/2.70m	2
1	0-5m	72°	270°							5	4	5	5	5	2	2	2/3.50m	2
2	0-5m	61°	220°							4	4	4	4	4	2	2	3/3.70m	2
1	0-5m	68°	60°							4	4	4	4	4	2	2	4/2.80m	2
2	0-5m	62°	174°							4	4	4	4	4	2	2	4/2.50m	2
1	0-5m	44°	100°							5	4	5	5	5	2	2	2/2.00m	2
2	0-5m	50°	170°							5	4	5	5	5	2	2	3/1.60m	2
1	0-5m	46°	20°							4	4	4	4	4	2	2	4/3.40m	2
2	0-5m	56°	185°							4	4	4	4	4	2	2	4/4.00m	2
1	0-5m	76°	38°							5	4	5	5	5	2	2	2/2.00m	2
2	0-5m	68°	320°							4	4	4	4	4	2	2	3/1.80m	2
1	0-5m	46°	15°							5	4	5	5	5	2	2	3/2.00m	2
2	0-5m	58°	185°							4	4	4	4	4	2	2	4/3.50m	2
1	0-5m	70°	310°							5	4	5	5	5	2	2	2/3.00m	2
2	0-5m	75°	31°							4	4	4	4	4	2	2	3/2.50m	2
1	0-5m	62°	174°							4	4	4	4	4	2	2	4/2.50m	2
1	0-5m	42°	15°							3	4	3	3	3	2	2	3/2.50m	2
2	0-5m	60°	230°							4	4	4	4	4	2	2	4/3.00m	2

		<b>CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS</b> LEVANTADO POR: EVELYN GINA LOPEZ FLORES UBICACION: Azoguiní-Región Puno REGISTRO LINEAL:				ESTUDIO:		HOJA DE: Datos				
						TIPO DE ROCA: Arenisca (Conglomerado)-Grupo Puno						
TALUD		CONDICIONES DE EXPOSICIÓN										
N° DISCONTINUIDAD	Distancia	Inclinación.	Azimut	Resist. (MPa)	Long. (m)	Abertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua	N° de fracturas	Tipo
1	0-5m	70°			Longitud de la traza	1. Cerrada 2. Angosta < 0.1mm 3. Moderada 0.1-1mm 4. Amplio 1-5mm 5. Muy Amplio >5mm	1. Suave 2. Ondulada 3. Ligera, rugosa 4. Rugosa 5. Muy rugosa	1. Ninguno 2. Relleno duro <5mm 3. Relleno duro >5mm 4. Rell. blando <5mm 5. Rell. blando >5mm	1. Inalterada 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy alterada 5. Descompuesta	1. Seco 2. Ligera. húmedo 3. Húmedo 4. Gotando	Fracturas / metro lineal	1. Falla 2. Estratificación 3. Tensión (juntas) 4. Corte. 5. otros (indicar)
2	0-5m	305°				4	4	4	4	2	3/1.60m	2
2	0-5m	75°				4	4	4	3	2	3/2.50m	2
1	0-5m	40°				4	4	4	4	2	4/3.40m	2
2	0-5m	62°				4	4	4	4	2	4/5.00m	2
1	0-5m	64°				4	4	4	4	2	4/2.30m	2
2	0-5m	58°				4	4	4	4	2	3/3.00m	2



1	0-5m	68°	70°					4	4	4	4	4	4	2	5/4.00m	2
2	0-5m	85°	100°					4	4	4	4	4	4	2	3/4.00m	2
1	0-5m	72°	280°					5	4	4	5	4	4	3	3/2.50m	1
2	0-5m	77°	35°					4	4	4	4	4	4	2	3/3.00m	2
1	0-5m	44°	10°					4	4	4	4	4	4	2	4/2.20m	2
2	0-5m	66°	238°					5	4	4	5	4	4	3	3/2.50m	2
1	0-5m	60°	52°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.20m	2
2	0-5m	54°	166°					5	4	4	5	4	4	2	3/3.50m	2
1	0-5m	69°	71°					4	4	4	4	4	4	2	4/2.70m	2
2	0-5m	84°	105°					4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2
1	0-5m	72°	40°					4	4	4	4	4	4	2	4/2.40m	2
2	0-5m	69°	36°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.20m	2
1	0-5m	65°	52°					5	4	4	5	4	5	3	3/2.80m	2
2	0-5m	60°	164°					4	4	4	4	4	4	2	3/4.50m	2
1	0-5m	50°	10°					3	4	4	3	3	3	2	4/2.30m	2
2	0-5m	60°	210°					4	4	4	4	4	4	2	5/4.50m	2
1	0-5m	63°	55°					3	4	4	3	3	3	2	4/2.50m	2
2	0-5m	57°	171°					4	4	4	4	4	4	2	3/2.00m	2
1	0-5m	67°	69°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.00m	2
2	0-5m	84°	89°					4	4	4	4	4	4	2	3/2.70m	2
1	0-5m	69°	306°					3	4	4	3	3	3	2	5/4.00m	2
2	0-5m	74°	31°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.40m	2
1	0-5m	62°	54°					3	4	4	3	3	3	2	3/1.80m	2
2	0-5m	56°	170°					4	4	4	4	4	4	2	3/2.00m	2
1	0-5m	42°	8°					4	4	4	4	4	4	2	3/3.00m	2
2	0-5m	61°	227°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.50m	2
1	0-5m	69°	74°					4	4	4	4	4	4	2	4/3.40m	2
2	0-5m	84°	88°					4	4	4	4	4	4	2	4/2.50m	2
1	0-5m	46°	15°					4	4	4	4	4	3	2	3/1.70m	2
2	0-5m	65°	231°					4	4	4	4	4	4	2	3/2.50m	2





## **ANEXOS F**

### **MAPAS Y PLANOS**

- 1) MAPA DE UBICACIÓN
- 2) MAPA DE ACCESIBILIDAD
- 3) PLANO TOPOGRÁFICO
- 4) MAPA GEOLÓGICO
- 5) MAPA GEOMORFOLÓGICO
- 6) MAPA DE PENDIENTES
- 7) MAPA DE RIESGOS