

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS  
SUSCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE  
MOVIMIENTOS EN MASA, CASERIO JANCOS, PROVINCIA  
SAN PABLO, REGION CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

Bach. Sara Estefany Leon Astopilco

Bach. Deymian Montenegro Hernández

Asesor:

Ing. Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021



## **DEDICATORIA**

Con todo el amor dedicamos esta investigación a Dios por su compañía en cumplir nuestras metas. A nuestros padres, que son los pilares fundamentales de nuestras vidas; sin ellos, jamás hubiésemos podido terminar la carrera profesional, por su tenacidad y lucha insaciable nos han hecho seguir su ejemplo. A nuestras familias en general por su apoyo, su comprensión, por sus consejos, su ánimo, su alegría

**DEYMIAN Y SARA**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por su amor y su bondad que no tiene fin, porque nos has permitido sonreír ante todos nuestros logros que son el resultado de esfuerzo y sacrificio, hemos aprendido de nuestros errores para mejorar como ser humano y crecer profesionalmente. El amor recibido, dedicación y paciencia de nuestros padres al preocuparse por nosotros estando lejos de ellos, siendo nuestros principales pilares de nuestros sueños, y por confiar y creer en nosotros, en nuestras expectativas. A nuestro asesor el Ing. Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda por su apoyo incondicional, paciencia y ser nuestro guía durante el desarrollo de la Investigación.

**DEYMIAN Y SARA**

## Tabla de contenidos

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
RESUMEN .....	12
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. <i>Realidad problemática</i> .....	14
1.2. <i>Formulación del problema</i> .....	18
1.3. <i>Objetivos</i> .....	18
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	18
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	18
1.4. <i>Hipótesis</i> .....	19
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
2.1. <i>Tipo de investigación</i> .....	20
2.2. <i>Población y Muestra</i> .....	20
2.2.1. <i>Población</i> .....	20
2.2.2. <i>Muestra</i> .....	20
2.3. <i>Técnicas e Instrumentos de recolección, Análisis de Datos, Equipos y Materiales</i> .....	20
2.3.1. <i>Técnicas e Instrumentos</i> .....	20
2.3.1.1. <i>Técnicas</i> .....	20
2.3.1.2. <i>Instrumentos</i> .....	21
2.3.2. <i>Análisis de Datos</i> .....	22
2.3.3. <i>Equipos</i> .....	22
2.3.4. <i>Materiales</i> .....	22
2.4. <i>Procedimiento</i> .....	23
2.4.1. <i>Etapa de Pre Campo o Gabinete I</i> .....	23
2.4.2. <i>Etapa de Campo</i> .....	31
2.4.3. <i>Etapa de Laboratorio</i> .....	33
2.4.4. <i>Etapa de Post Campo o Gabinete II</i> .....	38
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
3.1. <b>GEOLÓGIA</b> .....	50
3.1.1. <i>Formación Llama (Pe – vll)</i> .....	51
3.2. <b>GEOMORFOLOGÍA</b> .....	54

3.2.1. Colinas .....	54
3.2.2. Valles en V.....	55
3.2.3. Laderas .....	56
3.2.4. Planicies.....	57
3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	57
3.3.1. Fallas .....	57
3.3.2. Diaclasas .....	59
3.4. HIDROLOGÍA.....	60
3.4.1. Ríos .....	60
3.4.2. Quebradas.....	60
3.5. ASPECTOS GEODINÁMICOS.....	63
3.5.1. Geodinámica Externa.....	64
3.5.1.1. Caída de Rocas .....	64
3.5.1.2. Volcamiento .....	65
3.5.1.3. Flujos.....	65
3.5.1.4. Deslizamiento Rotacional .....	66
3.6. DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES.....	68
3.6.1. ESTACIÓN 1 .....	68
3.6.1.1. Descripción.....	68
3.6.1.2. Análisis de Susceptibilidad .....	70
3.6.1.3. Análisis de Laboratorio .....	74
3.6.1.4. Análisis de Factor de Seguridad.....	76
3.6.1.5. Diseño de Estación.....	77
3.6.2. ESTACIÓN 2 .....	79
3.6.2.1. Descripción.....	79
3.6.2.2. Análisis de Susceptibilidad.....	81
3.6.2.3. Análisis de Laboratorio .....	84
3.6.2.4. Análisis Factor de Seguridad.....	86
3.6.2.5. Diseño de Estación.....	88
3.6.3. ESTACIÓN 3 .....	89
3.6.3.1. Descripción.....	89
3.6.3.2. Análisis de susceptibilidad.....	92
3.6.3.3. Etapa de laboratorio .....	95
3.6.3.4. Factor de Seguridad .....	96
3.6.3.5. Diseño de Estación.....	98
3.6.4. ESTACIÓN 4 .....	99
3.6.4.1. Descripción.....	99
3.6.4.2. Análisis de susceptibilidad.....	101
3.6.4.3. Etapa de Laboratorio.....	104
3.6.4.4. Factor de Seguridad .....	105

3.6.4.5. <i>Diseño de estación</i> .....	107
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
4.1 <i>Discusión</i> .....	108
4.2 <i>Conclusiones</i> .....	111
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>
<i>ANEXO N° 01. Ensayo de Corte Directo Muestra N° 01</i> .....	121
<i>ANEXO N° 02. Ensayo de Corte Directo Muestra N° 02</i> .....	122
<i>ANEXO N° 03. Gráficos de Esfuerzo Cortante Muestra N° 01</i> .....	123
<i>ANEXO N° 04: Gráficos de Esfuerzo Cortante Muestra N° 02</i> .....	124
<i>ANEXO N° 05. Análisis Granulométrico por Tamizado Muestra N° 01</i> .....	125
<i>ANEXO N° 06. Análisis Granulométrico por Tamizado Muestra N° 02</i> .....	126
<i>ANEXO N° 07. Límite de Consistencia muestra N° 01</i> .....	127
<i>ANEXO N° 08. Límites de Consistencia Muestra N° 02</i> .....	128
<i>ANEXO N° 09. Ensayo de Peso Unitario Seco muestra N° 01</i> .....	129
<i>ANEXO N° 10. Ensayo de Peso Unitario Seco muestra N° 02</i> .....	130
<i>ANEXO N° 11. Ensayo de Contenido de Humedad muestra N° 01</i> .....	131
<i>ANEXO N° 12. Ensayo de Contenido de Humedad muestra N° 02</i> .....	132
<i>ANEXO N° 13. Ensayo de Propiedades Físicas</i> .....	133
<i>ANEXO N°14. Ensayo de Corte Directo en Roca</i> .....	134
<i>ANEXO N°15. Gráfico de Ensayo de Resistencia al Corte Directo en Roca – Gráfico sugerido ISRM – MI</i> .....	135
<i>ANEXO N°16. Gráfico de Ensayo de Resistencia al Corte Directo en Roca – Gráfico Método sugerido S.R. Hencher y L.R. Richards.</i> .....	136
<i>ANEXO N°17. Perfiles de Rugosidad medidos con el peine de Barton</i> .....	137
<i>ANEXO N°18. Muestra de Corte Directo el Antes y Después</i> .....	138
<i>ANEXO N°19. Ficha de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes</i> .....	139
<i>ANEXO N°20. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Cobertura Vegetal</i> .....	140
<i>ANEXO N° 21. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Pendientes.</i> .....	141
<i>ANEXO N° 22. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Geomorfología.</i> .....	142
<i>ANEXO N° 23. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Litología.</i> .	143
<i>ANEXO N° 24. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Precipitaciones.</i> .....	144
<i>ANEXO N°25. Evaluación Pseudoestáticas de las Estaciones</i> .....	145
<i>ANEXO N°26. Caída de bloques de gran tamaño</i> .....	147
<i>ANEXO N°27. Flujos y Deslizamientos de Suelo</i> .....	148

<i>ANEXO N°28. Deslizamiento Planar.....</i>	<i>149</i>
<i>ANEXO N°29. Talud que presenta caída de bloques por volcamiento. ....</i>	<i>150</i>
<i>ANEXO N°31. Mapa Temático de Estaciones .....</i>	<i>152</i>
<i>ANEXO N° 32. Mapa Geológico.....</i>	<i>153</i>
<i>ANEXO N°33. Mapa de Precipitaciones .....</i>	<i>154</i>
<i>ANEXO N°34. Mapa de Pendientes.....</i>	<i>155</i>
<i>ANEXO N°35. Mapa de Litología.....</i>	<i>156</i>
<i>ANEXO N°37. Mapa de Geomorfología.....</i>	<i>157</i>
<i>ANEXO N°38. Mapa de Cobertura Vegetal.....</i>	<i>158</i>
<i>ANEXO N°39. Mapa de Susceptibilidad.....</i>	<i>159</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<i>Tabla 1 Ficha de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes</i> .....	20
<i>Tabla 2 Estudios de la Investigación</i> .....	22
<i>Tabla 3 Clasificación de Parámetros de Factores Condicionantes</i> .....	25
<i>Tabla 4 Escala de Saaty</i> .....	25
<i>Tabla 5 Matriz de comparación de pares de Factores Condicionante</i> .....	26
<i>Tabla 6 Matriz de Normalización de Factores Condicionantes</i> .....	27
<i>Tabla 7 Matriz de Vector Suma Ponderada</i> .....	28
<i>Tabla 8 Valores de Índices Aleatorios (IA)</i> .....	28
<i>Tabla 9 Tabla de Índice y Relación de Consistencia</i> .....	29
<i>Tabla 10 Resultados de la Evaluación de Parámetros de Factores Condicionantes</i> .....	29
<i>Tabla 11 Clasificación de los Movimientos de Masa</i> .....	30
<i>Tabla 12 Coordenadas de la Zona</i> .....	38
<i>Tabla 13 Resultados del Instrumento de Observación de la Estación</i> .....	70
<i>Tabla 14 Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes</i> .....	71
<i>Tabla 15 Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes</i> .....	71
<i>Tabla 16 Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad</i> .....	72
<i>Tabla 17 Matriz de Susceptibilidad</i> .....	72
<i>Tabla 18 Resultados del Ensayo Corte Directo</i> .....	73
<i>Tabla 19 Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado</i> .....	73
<i>Tabla 20 Resultado de Limites de Consistencia</i> .....	74
<i>Tabla 21 Resultados del Ensayo de Peso Unitario en Seco</i> .....	74
<i>Tabla 22 Resultados del Instrumento de Observación de la Estación 2</i> .....	81
<i>Tabla 23 Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes</i> .....	82
<i>Tabla 24 Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes</i> .....	82
<i>Tabla 25 Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad</i> .....	83
<i>Tabla 26 Matriz de Susceptibilidad</i> .....	83



<b>Tabla 27</b> Resultados del Ensayo Corte Directo.....	84
<b>Tabla 28</b> Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado.....	84
<b>Tabla 29</b> Resultado de Limites de Consistencia.....	85
<b>Tabla 30</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario en Seco.....	85
<b>Tabla 31</b> Resultados del Instrumento de Observación de la Estación 3.....	91
<b>Tabla 32</b> Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes.....	92
<b>Tabla 33</b> Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes.....	92
<b>Tabla 34</b> Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad.....	93
<b>Tabla 35</b> Matriz de Susceptibilidad.....	93
<b>Tabla 36</b> Resultados del Corte Directo en Roca.....	94
<b>Tabla 37</b> Resultados del Corte Directo en Roca.....	94
<b>Tabla 38</b> Resultados de Peso Unitario de la Roca.....	95
<b>Tabla 39</b> Instrumento de Evaluación Estación 4.....	100
<b>Tabla 40</b> Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes.....	101
<b>Tabla 41</b> Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes.....	101
<b>Tabla 42</b> Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad.....	102
<b>Tabla 43</b> Matriz de Susceptibilidad.....	102
<b>Tabla 44</b> Resultados del Corte Directo en Roca.....	103
<b>Tabla 45</b> Resultados del Corte Directo en Roca.....	103
<b>Tabla 46</b> Resultados de Peso Unitario de la Roca.....	104

## INDICE DE FIGURAS

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 1</i> Ensayo de Corte Directo.....	33
<i>Figura 2</i> Análisis Granulométrico por Tamizado.....	34
<i>Figura 3</i> Secado de muestras para el Límite Plástico.....	35
<i>Figura 4</i> Instrumentos para el Ensayo de Peso Unitario en Seco.....	36
<i>Figura 5</i> Ubicación Política de la Zona.....	37
<i>Figura 6</i> Mapa de Ubicación Geográfica de la Zona.....	38
<i>Figura 7</i> Accesibilidad a la Zona de Estudio.....	39
<i>Figura 8</i> Probabilidad diaria de Precipitación en la Zona.....	40
<i>Figura 9</i> Flora del caserío del Jancos.....	41
<i>Figura 10</i> Vista Panorámica de la Vegetación en el Caserío de Jancos.....	42
<i>Figura 11</i> Creación de Mapas.....	46
<i>Figura 12</i> Ponderación de Resultados.....	46
<i>Figura 13</i> Creación de los Perfiles de cada Estación.....	47
<i>Figura 14</i> Aplicación del programa Slide V 5.0.....	48
<i>Figura 15</i> Columna Estratigráfica de la Zona.....	49
<i>Figura 16</i> Base de la Formación Llama.....	50
<i>Figura 17</i> Capa de Toba Andesítica.....	51
<i>Figura 18</i> Brecha Piroclástica.....	52
<i>Figura 19</i> Toba Lapilli.....	53
<i>Figura 20</i> Colinas del Distrito de San Luis.....	54
<i>Figura 21</i> Valle en V.....	55
<i>Figura 22</i> Colinas del Distrito de San Luis.....	55
<i>Figura 23</i> Planicies.....	56
<i>Figura 24</i> Fallas.....	57
<i>Figura 25</i> Falla Inferida.....	58
<i>Figura 26</i> Familia de Diaclasas.....	58
<i>Figura 27</i> Río San Miguel.....	59

<i>Figura 28 Quebrada Cuzcuden</i> .....	60
<i>Figura 29 Quebrada Lajos</i> .....	61
<i>Figura 30 Quebrada El Cardo</i> .....	62
<i>Figura 31 Caída de Rocas</i> .....	63
<i>Figura 32 Volcamiento de Roca Volcánica</i> .....	64
<i>Figura 33 Flujos de Detritos</i> .....	65
<i>Figura 34 Deslizamiento Rotacional</i> .....	66
<i>Figura 35 Foto Panorámica Estación 1</i> .....	67
<i>Figura 36 Arrastre de Vegetación</i> .....	68
<i>Figura 37 Perfil de Talud 1</i> .....	69
<i>Figura 38 Factor de Seguridad del Talud 1</i> .....	75
<i>Figura 39 Resultado de Factor de Seguridad</i> .....	77
<i>Figura 40 Propuesta de Geomalla</i> .....	77
<i>Figura 41 Modelo de Zanja de Coronación</i> .....	78
<i>Figura 42 Foto Panorámica Estación 2</i> .....	79
<i>Figura 43 Fracturamiento y Desprendimiento de Roca</i> .....	79
<i>Figura 44 Perfil Talud 2</i> .....	80
<i>Figura 45 Factor de Seguridad del Talud 2</i> .....	86
<i>Figura 46 Resultado de Factor de Seguridad</i> .....	87
<i>Figura 47 Propuesta de Geoceldas</i> .....	88
<i>Figura 48 Foto Panorámica Estación 3</i> .....	89
<i>Figura 49 Consecuencia de la Falla Regional</i> .....	89
<i>Figura 50 Producto de la Caídas de Rocas</i> .....	90
<i>Figura 51 Perfil de Talud 3</i> .....	90
<i>Figura 52 Factor de Seguridad del Talud 3</i> .....	96
<i>Figura 53 Resultado de Factor de Seguridad</i> .....	97
<i>Figura 54 Foto Panorámica Estación 4</i> .....	98
<i>Figura 55 Caída de Rocas</i> .....	99
<i>Figura 56 Perfil de Talud 4</i> .....	99
<i>Figura 57 Factor de Seguridad Talud 4</i> .....	105
<i>Figura 58 Resultado de Factor de Seguridad</i> .....	106

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo analizar y determinar las zonas susceptibles para mitigar los movimientos en masa en los taludes del caserío Jancos, provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021; el estudio tiene un enfoque descriptivo, según su propósito es aplicado, diseño no experimental y de corte transversal. Para la recolección de muestras se determinó cuatro estaciones en donde se hizo dos calicatas de suelo y se extrajo dos muestras representativas de roca las cuales fueron analizadas en laboratorio que permitió conocer sus propiedades físicas y mecánicas como cohesión, ángulo de fricción y peso unitario; además, se aplicó la recolección de datos mediante fichas de características geomorfológicas, cobertura vegetal, litología, pendientes y precipitaciones que fueron procesadas por el método de Análisis Jerárquico, obteniendo como resultado que en las cuatro estaciones determinadas se tiene índice de susceptibilidad alta y susceptibilidad muy alta proponiendo como método de mitigación el cambio de geometría del talud, la aplicación de geomallas y geoceldas y en los taludes cercanos a las quebradas la construcción de zanjas de coronación.

**Palabras clave:** Susceptibilidad, Movimiento de Masas, Proceso de Análisis Jerárquico, Mitigación.

## ABSTRACT

The objective of this research is to analyze and determine the susceptible zones to mitigate mass movements in the slopes of the Jancos hamlet, San Pablo province, Cajamarca Region, 2021; the study has a descriptive approach, according to its purpose it is applied, non-experimental and cross-sectional design. For the collection of samples, four stations were determined where two soil pits were made and two representative rock samples were extracted and analyzed in the laboratory to determine their physical and mechanical properties such as cohesion, friction angle and unit weight; In addition, data collection was applied by means of geomorphological characteristics, vegetation cover, lithology, slopes and rainfall cards that were processed by the Hierarchical Analysis method, obtaining as a result that the four stations determined have high susceptibility index and very high susceptibility, proposing as a mitigation method the change of slope geometry, the application of geogrids and geocells and in the slopes near the streams the construction of crowning ditches.

**Palabras clave:** Susceptibility, Mass Movement, Hierarchical Analysis Process, Mitigation.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Para Palomino (2011), el impacto de los diversos peligros de origen natural con los que convive el hombre es creciente, tanto en términos de impacto a la vida y salud humana, como en la economía nacional, regional y local, reduciendo sus capacidades de sostenibilidad y desarrollo (p. 05). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, bloqueo de ríos, etc. (Suarez, 2012, p.09). Por ello, la meteorización, las lluvias, los sismos y la acción del hombre actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana.

A nivel mundial los peligros geológicos se evidencian de distintos grados por lo que se realizan estudios para poder mitigarlos. Es por ello que Ramos (2018), su estudio está basado en la ubicación geográfica y condiciones topográficas como geológicas de México, las que han provocado desastres naturales, ocasionando procesos de remoción de tierras que han afectado a las comunidades aledañas. Por otro lado, Guataquirá (2018), da a conocer que en el sector Cerro de Buenavista presenta un sistema de fallas activas, pendientes inclinadas, la erosión del suelo y la hidrología, han generado áreas con una alta susceptibilidad en los puntos más altos, generando pérdida de la tierra para los pobladores y poniendo en riesgo la vida de la comunidad.

El Perú es uno de los países donde presenta bastantes peligros geológicos entre los cuales resaltan los movimientos de masa, por ello la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), los movimientos en masa del tipo

deslizamiento representan el mayor número de emergencias ocasionadas por desastres naturales. Según Carrillo (2015) quien realizó la Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo de deslizamiento en el centro poblado de Carampa, donde se presenta un deslizamiento rotacional regresivo de gran magnitud y siendo atribuidos principalmente a las precipitaciones pluviales que ocurren en la zona de estudio.

Así mismo, Zamalloa & Medina (2019), realizaron un estudio para identificar el riesgo geológico que tiene la construcción del Puesto de Salud de Huayllati en la Región Apurímac; ya que, la zona se encuentra en una ladera y en un cono aluvial. Donde el peligro y riesgo registrado es por movimiento en masa como deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas. Por otro lado, Sosa (2016) menciona que, en la localidad de Pampamarca y Acobamba en el año 2014, en invierno y las constantes precipitaciones azotaron fuertemente las laderas de las comunidades las cuales fueron afectadas de manera muy gradual al punto de que se produjeron movimientos en masa en la zona.

Sin embargo, un gran porcentaje de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anticipación y se implementa las medidas preventivas. Por esto el año 2011 se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre (SINAGERD) a cargo del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (CENEPRED), este último en octubre del año 2013 ha publicado: El "Manual Para la Evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales", que constituye una herramienta básica para la reducción y prevención de impactos negativos que puedan ocasionar los desastres naturales.

Para solucionar su investigación Ramos (2018) tiene el objetivo de demostrar que se pueden prevenir desastres naturales del tipo deslizamiento aplicando como solución el cartografiado y determinación de susceptibilidad mediante herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG), las que determinaran el índice de susceptibilidad de cada zona estudiada y su prevención. De otra manera, Guataquira (2018), mediante el SIG, realizó el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa determinando las áreas con mayor susceptibilidad; mediante la aplicación del Índice Topográfico de Humedad se pudo determinar la capacidad de retención de agua por parte del suelo que genera los flujos de tierra en las laderas más críticas.

CARRILLO (2015) optó por usar el protocolo de CENEPRED a fin de poder delimitar zonas propensas ante la ocurrencia de un deslizamiento de tierra en la zona de estudio. En tanto, se afirma que la zona urbana del C.P Carampa se encuentra asentado sobre una ladera inestable, susceptible al reactivamiento y ocurrencia de deslizamientos de tierra. Para nuestra investigación el usar el protocolo de CENEPRED nos ayudará a identificar el tipo de peligro de los movimientos de masa y realizar nuestro mapa del nivel de susceptibilidad.

Además, Zamalloa & Medina (2019) para resolver su problema realizaron una evaluación geotécnica evaluando 02 calicatas, donde se determinó sus propiedades mecánicas. Llegando a identificar el tipo de suelo como GC-GM y Mediante un SIG del cartografiado de los movimientos en masa, topografía, litología, hidrogeología, permitió obtener un mapa de peligros de movimientos en masa. De esta manera, esta investigación nos ayuda a identificar movimientos de masa en nuestra zona realizando pruebas de laboratorio tanto de suelo y rocas para identificar sus



propiedades mecánicas y físicas, y así poder realizar un mejor diseño a cada estación para poder mitigar los movimientos de masa.

Sosa (2016), solucionó su problema por el método del Análisis Estadístico Bivariante; para el cual previamente se preparó mapas temáticos para cada factor considerado; el área de estudio se identificó 67 peligros. Terminado el análisis de susceptibilidad por medio de la aplicación del Método Bivariante con la ayuda del SIG ARCGIS 10.1, se obtiene como resultado el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa de las áreas de Pampamarca y Acobamba, a partir de este mapa se puede establecer que el 33.11% zona de muy baja susceptibilidad, el 25.8 % baja susceptibilidad, el 4.22 % moderada susceptibilidad, el 21.73 % alta susceptibilidad y 15.06 % presenta muy alta susceptibilidad.

Cajamarca ubicada al norte del país, en el contexto de susceptibilidad presenta factores que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa. Tal es el caso del distrito de San Luis, provincia de San Pablo, que presenta una geomorfología muy accidentada donde destacan escarpes y laderas. Uno de los factores condicionantes son las precipitaciones intensas entre los meses de noviembre y abril cada año teniendo como consecuencia los movimientos de masa como deslizamiento rotacional, flujos de detritos, caída de rocas las cuales afectan a la zona. Por ello se tiene como objetivo analizar y determinar las zonas susceptibles para mitigar los efectos de los Movimientos en Masa.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo al analizar y determinar zonas susceptibles se mitigará los efectos de movimientos en masa en el caserío Jancos, provincia san pablo, región Cajamarca, 2021?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Analizar y determinar las zonas susceptibles para mitigar los movimientos en masa en los taludes del caserío Jancos, provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021

### 1.3.2. Objetivos específicos

Delimitar zonas susceptibles mediante la aplicación de técnicas de investigación como geología estructural, geomorfología, geodinámica, hidrogeología; las cuales permitan una adecuada evaluación de susceptibilidad en el caserío Jancos, Provincia de San Pablo, Región de Cajamarca - 2021.

Determinar mediante ensayos de laboratorio las características físicas y mecánicas de los suelos y macizos rocosos para evaluar la inestabilidad.

Estimar la susceptibilidad mediante el Proceso Análisis Jerárquico (PAJ), y obtener un mapa de susceptibilidad de la zona mediante la herramienta SIG.

Analizar el Factor de seguridad de los taludes de la zona mediante la aplicación del Software SLIDE.

Proponer y diseñar un modelo para la mitigación de los movimientos de masa en taludes.

Elaborar un mapa temático con las Zonas Susceptibles identificadas.

#### **1.4. Hipótesis**

Al analizar y determinar las zonas susceptibles se podrá mitigar los movimientos en masa en los taludes de la zona, teniendo en cuenta los diferentes análisis geológicos, geodinámico, análisis de laboratorio de roca, suelo y que al aplicando el protocolo de CENEPRED nos mostrará un índice de alta susceptibilidad por ello se propondrá un diseño de escalones, drenajes y cambio de talud.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación tiene diferentes enfoques; según su alcance es **DESCRIPTIVO** que tiene como objetivo especificar las propiedades, las características y cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández, 2010); según su propósito es **APLICADA** ya que está centrada en mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto; Por otro lado; con un enfoque **CUANTITATIVO** porque se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. De igual manera, su diseño es **NO EXPERIMENTAL** ya que no se manipula las variables y de **CORTE TRANSVERSAL**, por lo que se hace en un periodo de tiempo determinado sobre una población definida. (Oblitas, 2018).

### 2.2. Población y Muestra

#### 2.2.1. Población

Todos los macizos rocosos y suelo de los taludes del caserío de Jancos.

#### 2.2.2. Muestra

Las 4 estaciones de suelos y macizos rocosos del caserío de Jancos.

### 2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección, Análisis de Datos, Equipos y Materiales

#### 2.3.1. Técnicas e Instrumentos

##### 2.3.1.1. Técnicas

La técnica a emplear es la **Observación**; consiste en realizar un reconocimiento general de la zona a trabajar, sin necesidad de alterar o intervenir el ambiente; para que la exploración sea confiable y obtener la mayor parte de aspectos geológicos en la zona y se pueden registrar adecuadamente en los instrumentos de campo.

### 2.3.1.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos que se aplicaran en campo:

**Ficha de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes:** Se

anotó los valores encontrados en campo de acuerdo a los Descriptores de cada

Parámetro que se evalúan en cada estación.

**Tabla 1**

***Ficha de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes***

TITULO DEL PROYECTO					
UBICACIÓN		Departamento		Provincia	Distrito
ESTACIÓN		Este		Norte	Cota
Factores	Parámetro	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	Matorral arbustivo	0.558		
		Agricultura costera y andina	0.263		
		Plantación Forestal	0.122		
		Bosque seco de montaña	0.057		
		Escarpes	0.592		
	Geomorfología	Colina	0.262		
		Volcánica	0.101		
		Pie de monte	0.045		
		Llanura	0.444		
		Depósitos Cuaternario	0.252		
	Litología	Lutitas / Limoarcilla	0.148		
		Brechas - Tobas andesítica	0.083		
		Calizas	0.047		
		Margosas/ Lutitas	0.027		
		Arenisca	0.503		
Pendientes	> 45°	0.26			
	25° - 45°	0.134			
	10° - 25°	0.068			
	5° - 10°	0.035			
	0° - 5°	0.482			
Factor Desencadenante	Precipitaciones	MUY ALTA (> a 250 mm)	0.27		
		ALTA (160 mm a 250 mm)	0.141		
		MODERADA (90 a 160 mm)	0.068		
		BAJA (50 mm a 90 mm)	0.039		
		MUY BAJA (< a 50 mm)			

**NOTA:** En la tabla se observa los factores condicionantes y desencadenantes que evaluaremos en la zona de estudio los cuales se les dará un valor de acuerdo a lo que encontremos en campo.

**FUENTE:** Propia (2021).

**Fichas de Procesamiento de Datos:** Con estas fichas se reconocerá en campo los diferentes descriptores de los Factores que se evaluarán en las 4 estaciones, (**ANEXO N° 19 – N° 20 – N° 21 – N° 22 – N° 23 – N° 24**); fueron elaboradas mediante el método Proceso de Análisis Jerárquico.

### **2.3.2. Análisis de Datos**

Los análisis de los datos se harán mediante los Softwares: Herramientas SIG (ArcGis, Arcsence), Software Slide, Google Earth y AutoCAD.

### **2.3.3. Equipos**

GPS (Garmin)

Brújula tipo Brunton

Mapas topográficos (1/5000) y geológicos (1/ 5000).

Cámara fotográfica digital (12 mega pixeles)

Cuaderno de campo

### **2.3.4. Materiales**

Tablero

Picota

Protactor (1/1000)

Colores

Ácido Clorhídrico

Wincha métrica

Lápices

Bolsas de Muestreo

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Etapa de Pre Campo o Gabinete 1

Primer ítem, realizamos la búsqueda de información en las diferentes bases de datos en biblioteca virtuales y revistas científicas: Universidad Privada del Norte, Redalyc, Scielo, Alicia; donde encontramos 30 investigaciones de tesis, revistas y artículos científicos; estas investigaciones son estudios realizados a nivel internacional como local. Los criterios de selección para obtener las referencias para esta investigación fueron: uso de palabras claves como *estabilidad de taludes*, *susceptibilidad de taludes*, *movimientos de masa*, *zonas susceptibles*; estos estudios publicados preferentemente se encuentran entre el 2014 hasta el 2020 tanto en el idioma español como en inglés, de todos los estudios encontrados solo se trabajará con 10 investigaciones relevantes los cuales presentan una semejanza con nuestro estudio en donde los diferentes autores coinciden en que los movimientos en masa están sujetos a diferentes agentes de modelación del relieve terrestre teniendo al más perjudicial que es la erosión pluvial el cuál es el principal agente condicionante de nuestra zona de estudio, a continuación detallamos los estudios:

**Tabla 2**

#### *Estudios de la Investigación*

BASE DE DATOS	NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN	AUTOR	AÑO
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<i>“Análisis de Susceptibilidad Geotécnica y su influencia en los movimientos de masa en el Caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019”</i>	<i>Bach. Deiser Wilver De La Cruz Vásquez Bach. Diego Roycin Ramírez Díaz</i>	<b>2019</b>
REPOSITORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	<i>“Estimación de Áreas Susceptibles por Movimientos de Masa en la Cuenca Hidrográfica del Río Chonta – Cajamarca”</i>	<i>Bach. Roberto Tacilla Juárez.</i>	<b>2019</b>

ALICIA	<i>“Análisis de Susceptibilidad a los peligros geológicos por movimientos en masa - poblados de Pampamarca y Acobamba, Región Huánuco”</i>	Norma Luz Sosa Senticala	2016
ALICIA	<i>“Modelo De Susceptibilidad Por Movimientos En Masa En Lima Metropolitana Y El Callao”</i>	Sandra Villacorta Segundo Núñez Christian Obregón, Lucile Tatar	2014
ALICIA	<i>“Análisis del peligro y vulnerabilidades por movimiento de masas de tierra para mitigar los riesgos en el distrito de Cuenca”</i>	Mg. Hugo Juan Caballero Iparraguirre	2018
RENATI	<i>“Estudio de riesgo geológico por movimientos en masa, para la construcción del puesto de salud de Huayllati, del distrito de Huayllati, provincia de Grau, Región Apurímac”</i>	Bach. Meliza Milagros Zamalloa Pilco Bach. Luz Angela Medina Janampa	2019
REPOSITORIO UNP, IGP	<i>“Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo de deslizamiento en el centro poblado de Carampa, distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, aplicando el protocolo de CENEPRED”</i>	Br. Roberth Paúl Carrillo Elizalde	2015
REPOSITORIO UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS - ESPAÑA	<i>“Estudio de la susceptibilidad al deslizamiento de laderas en el estado de Guerrero, México, aplicando tecnologías de información geográfica”</i>	Rocío Nayelly Ramos Bernal	2018
REPOSITORIO UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	<i>“Zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa para el Municipio de Cúitiva Boyacá a escala 1:25.000”</i>	Juan Camilo Estepa Rojas Yenny Andrea Talero Rodríguez	2016
TESIS	<i>“Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector cerro de Buenavista”</i>	Manuel Felipe Guataquira Rojas	2018

**NOTA:** La tabla presenta los 10 estudios elegidos de acuerdo a los criterios de selección. **FUENTE:** Propia (2021)



Segundo ítem, para tener un conocimiento previo de la geología de nuestra zona de estudio se revisó en la plataforma de INGEMMET en el cuadrángulo de Cajamarca la Geología local. Además, se accedió a la página del GEOCATMIN para descargar y obtener data (shapefiles) de la zona de estudio, luego se descargaron imágenes satelitales del programa Google Earth para tener un plano de ubicación preliminar y un previo concepto de lo que vamos a encontrar en campo. Por último, se utilizó el programa ArcGis 10.5 en donde se utilizó la data descargada para elaborar los planos topográfico y geológico de la zona de estudio en escala 1:25000 y 1:50000 respectivamente.

Tercer ítem se elaboró el instrumento de evaluación, mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), desarrollado en 1982 por el profesor Thomas Saaty, el cuál utiliza la técnica de multicriterio y multiatributo, su aplicación es simple ya que se descompone el problema, luego se realiza juicios comparativos y finalmente se sintetiza los resultados. Para la elaboración del instrumento se realizó el siguiente procedimiento:

1° Se inició con obtención de información de la data espacial, descargando los shapefiles de cobertura vegetal, geomorfología, litología, pendientes y precipitaciones, se clasificó en Factores Condicionantes y Factores Desencadenante determinando los descriptores que predominan en la zona de estudio.

2° Luego se clasifica los descriptores de cada factor de alta susceptibilidad a baja susceptibilidad y se le da una breve descripción; los cuales son evaluados por la Escala de Saaty.

**Tabla 3**
***Clasificación de Parámetros de Factores Condicionantes***

<b>Parámetros</b>	<b>Características</b>	<b>Nivel de Susceptibilidad</b>
<b>Cobertura Vegetal</b>	<i>La cobertura vegetal aporta de manera positiva a los taludes y laderas debido a que las raíces refuerzan la resistencia del suelo; por otro lado, la deforestación afecta de manera negativa a los suelos</i>	Baja
<b>Geomorfología</b>	<i>Se consideró a la geomorfología como tercer factor potencial para generar movimientos de masa. Como se sabe las geoformas que han sufrido mayor acción erosiva han tenido y tienen mayor condición para que el material presente rotura, que las zonas de menor actividad.</i>	Media
<b>Pendientes</b>	<i>La pendiente es un factor que condiciona los taludes y laderas de la zona porque depende de este y su inclinación abarcar más porcentaje de susceptibilidad al movimiento de masa debido a que mayor inclinación mayor acción de gravedad a la que estén sometidos los taludes</i>	Alta
<b>Litología</b>	<i>Es uno de los factores más importantes a evaluar, cuyas propiedades como tipo de material, textura, estructura y grado de meteorización van a determinar el comportamiento dinámico de las laderas.</i>	Muy Alta

**NOTA:** En la tabla se observa los cuatro factores condicionantes con sus respectivas características y la magnitud de susceptibilidad que ocasiona cada uno de los factores en la zona de estudio.

**FUENTE:** Propia (2021).

**Tabla 4**
***Escala de Saaty***

<b>ESCALA NUMERICA</b>	<b>ESCALA VERBAL</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
9	<i>Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.</i>
7	<i>Mucho más importante o preferido que.</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.</i>
5	<i>Más importante o preferido que...</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo</i>
3	<i>Ligeramente más importante o preferido que...</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.</i>
1	<i>Igual o diferente a ...</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos</i>
1/3	<i>Ligeramente menos importante o preferido que...</i>	<i>Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.</i>

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

**NOTA:** En la tabla se muestra la escala de Saaty la cual permite evaluar de forma verbal y numérica la comparación de dos parámetros mediante una serie de interrogantes, los valores van desde 1/9 hasta 9. **FUENTE:** Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (Versión 02) (2004). Saaty (1980).

3° Se verifica el tipo de matriz el cual considera la cantidad de descriptores de cada factor; en este caso nuestra matriz es de 4x4. Ahora se elabora la matriz de comparación de pares donde se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro, donde los valores oscilan entre 9 y 1/9 teniendo en cuenta a la escala de Saaty, luego se hace una suma de cada columna y debajo de ella se obtiene la división de 1 entre la suma.

**Tabla 5**

**Matriz de comparación de pares de Factores Condicionantes**

Parámetros	Cobertura Vegetal	Pendientes	Geomorfología	Litología
Cobertura Vegetal	<b>1.00</b>	0.33	0.20	0.14
Pendientes	3.00	<b>1.00</b>	0.33	0.20
Geomorfología	5.00	3.00	<b>1.00</b>	0.33
Litología	7.00	5.00	3.00	<b>1.00</b>
<b>Suma</b>	16.00	9.33	4.53	1.68
<b>1/Suma</b>	0.06	0.11	0.22	0.60

**NOTA:** En la tabla se muestra el resultado de la comparación de pares de los parámetros usando la escala de Saaty, y la suma de dichas columnas. **FUENTE:** Propia (2021).

4° A continuación, se realiza la Matriz de Normalización la cual consiste en hallar el Vector Priorización, para ello primero debe obtenerse los valores mediante la multiplicación de los valores de la Matriz de Comparación de pares por la división de 1 entre la suma total, seguido se obtiene, el vector priorización es la suma de cada valor de la fila entre la cantidad de estos; adicional a esto se obtiene el porcentaje del vector priorización el cual es multiplica por 100%.

**Tabla 6**
***Matriz de Normalización de Factores Condicionantes***

<b>Parámetros</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Pendientes</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Litología</b>	<b>Vector Priorización (Ponderación)</b>	<b>Porcentaje%</b>
Cobertura Vegetal	0.063	0.036	0.044	0.085	<b>0.057</b>	5.7%
Pendientes	0.188	0.107	0.074	0.119	<b>0.122</b>	12.2%
Geomorfología	0.313	0.321	0.221	0.199	<b>0.263</b>	26.3%
Litología	0.438	0.536	0.662	0.597	<b>0.558</b>	55.8%

**NOTA:** En la tabla se muestra el resultado del vector priorización de cada parámetro evaluado, el cual indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de susceptibilidad.

**FUENTE:** Propia (2021).

5° Luego se obtiene el Vector Suma Ponderada, el cual consiste en multiplicar los valores de cada fila por el valor del vector priorización obtenido en la Tabla 6; después de haber obtenido dicho resultado, el vector suma ponderada se obtiene por la suma de cada columna.

**Tabla 7**
***Matriz de Vector Suma Ponderada***

<b>Parámetros</b>	<b>Muy alta (Más de 100%)</b>	<b>Alta (50-100%)</b>	<b>Mediana (30-50%)</b>	<b>Baja (15-30%)</b>	<b>Muy baja (0-15%)</b>
<b>Muy alta (Más de 100%)</b>	0.035	0.104	0.174	0.244	0.313

<b>Alta (50-100%)</b>	0.022	0.068	0.203	0.339	0.475
<b>Mediana (30-50%)</b>	0.027	0.044	0.134	0.403	0.672
<b>Baja (15-30%)</b>	0.036	0.052	0.086	0.260	0.781
<b>Muy baja (0-15%)</b>	0.055	0.070	0.101	0.166	0.503
<b>Vector Suma Ponderada</b>	0.175794	0.339002	0.698215	1.411814	2.743025

**NOTA:** En la tabla se muestra el resultado del vector suma ponderada de cada parámetro evaluado.

**FUENTE:** Propia (2021).

6° Para comprobar que los resultados obtenidos de la matriz son correctos, debemos hallar el Índice de Consistencia (IC) se obtiene mediante el donde  $\lambda_{\text{máx.}}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión. Si el índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa.

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx.}} - n}{n - 1}$$

La Relación de Consistencia (RC) este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0,1$ ).

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

**Tabla 8**

**Valores de Índices Aleatorios (IA)**

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

**NOTA:** En la tabla se muestra valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes “ $n$ ”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001). **FUENTE:** Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (Versión 02) (2004)

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

**Tabla 9**

**Tabla de Índice y Relación de Consistencia**

<i>Índice de Consistencia</i>	0.039
<i>Relación de Consistencia</i>	0.045

**NOTA:** En la tabla se muestra el resultado del Índice de Consistencia y Relación de Consistencia el cual es menor al 10% ( $RC < 0,1$ ). **FUENTE:** Propia (2021).

7° Finalmente se elabora el cuadro con los pesos ponderados de cada Parámetro del Factor Condicionante, los cuales se tendrán en cuenta para la evaluación de Susceptibilidad.

**Tabla 10**

**Resultados de la Evaluación de Parámetros de Factores Condicionantes**

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS						PESO POND.	%
<b>Cobertura Vegetal</b>	<i>Matorral arbustivo</i>	<i>Agricultura costera y andina</i>	<i>Plantación Forestal</i>	<i>Bosque seco de montaña</i>	-	-	<b>0.057</b>	5.7%
<b>Geomorfología</b>	> 45°	25°- 45°	10° - 25°	5°- 10°	0°- 5°		<b>0.122</b>	12.2%
<b>Pendientes</b>	<i>Escarpes</i>	<i>Colina Volcánica</i>	<i>Pie de monte</i>	<i>Llanura</i>	-	-	<b>0.263</b>	26.3%
<b>Litología</b>	<i>Depósitos Cuaternario</i>	<i>Lutitas Limoarcilla</i>	<i>Brechas - Tobas andesítica</i>	<i>Calizas Margosas Lutitas</i>	<i>Arenisca</i>	<i>Caliza Masiva</i>	<b>0.558</b>	55.8%

**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados encontrados para cada parámetro condicionante propuesto de acuerdo a la zona de estudio, obteniendo que el más afectante a la zona es la litología de está con un 55.8%. **FUENTE:** Propia (2021)

8° El procedimiento mostrado es el que se realiza con cada descriptor de cada parámetro, los cuales, al obtener la tabla de Resultados de la Evaluación de Parámetros, se inicia con la elaboración del instrumento el cual aplicaremos en campo.

## 2.4.2. Etapa de Campo

Para esta etapa se realizaron las salidas a campo, considerando las medidas de bioseguridad. En la zona de estudio se procede a observar el punto de inicio en el GPS registrándolo en la libreta de campo y una fotografía. Con ayuda del plano topográfico se fue reconociendo la zona, se llevó a cabo la identificación de geología, geomorfología, hidrogeología, estructuras y para la evaluación de Movimientos en Masa se consideró la clasificación de (Varnes, 1978); el cual tipifica los principales tipos de movimientos que a continuación se detallan:

**Tabla 11**

### *Clasificación de los Movimientos de Masa*

<b>TIPO DE MOVIMIENTOS</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>		
	<b>ROCA</b>	<b>SUELOS INGENIERILES</b>	<b>TIERRA</b>
<b>CAÍDAS</b>	Caída de rocas	DETRITO predominantemente granular (<80% arena y más fina)	Caída de detritos
<b>VUELCOS</b>	Vuelcos de roca	Vuelco en suelo granular	Caída de tierra
<b>DESLIZAMIENTO</b>	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de detritos	Vuelco en suelo cohesivo
<b>DESLIZAMIENTO LATERAL</b>	Desplazamiento de rocas	Desplazamiento de detritos	Derrumbe de tierra
<b>FLUJOS</b>	Flujos de rocas reptación de rocas	Flujos de detritos	Deslizamiento de tierra
<b>COMPLEJO</b>	Combinación de dos o más de los principales tipos de deslizamientos.	Avalancha, reptación de suelos, soliflucción	Flujo húmedo de arna y limo
			Flujo rápido de tierra
			Flujo loess
			Flujo seco de arena
			Flujo de tierra

**NOTA:** En la tabla se describe los movimientos de masa que existen y el tipo de material que tiene cada uno. **FUENTE:** Varnes (1978).

Se reconoció las principales unidades litoestratigráficas de la zona, cartografiando las estaciones con indicios de movimientos en masa y deslizamientos, por antecedentes anteriores se sabe que existen varios tipos de deslizamientos que

perjudican a la población y vías de acceso de esta manera la geología es un factor importante en determinar la susceptibilidad. También se llegó a reconocer 4 puntos más vulnerables a la ocurrencia de movimiento en masa; de esta manera se realizó la evaluación de estas cuatro estaciones mediante la Ficha de Observación de Factores Condicionantes (geomorfología, litología, cobertura vegetal, pendientes) y Factores Desencadenantes (precipitaciones por promedio anual), teniendo en cuenta las Fichas de Procesamiento de Datos, las cuales nos guiamos de acuerdo a la descripción de sus parámetros que se está evaluando en cada estación.

Luego de obtener los valores de campo en el instrumento de observación, procedemos a la extracción de las muestras de las estaciones; se decidió realizar los ensayos de suelos de las estaciones N° 01 y N° 02, ya que ambas estaciones son deslizamientos de detritos. Primero se realizó el debido reconocimiento de la zona para evaluar la accesibilidad de la zona, luego se hizo las calicatas con las dimensiones de 1.5 x 1.5 m y a una profundidad de 3 metros. Después de haber realizado las calicatas, se recogió la muestra en un tubo de 5 cm de diámetro y 25 de largo las cuales fueron tapados; también se recogió aproximadamente 8 kilos de muestra de cada calicata; todos debidamente identificados con su código de cada estación. Luego fueron enviadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos para efectuar los ensayos respectivos. Para las estaciones N° 03 y N° 04, también se reconoció la zona para evaluar la accesibilidad de donde sacar la muestra y que no esté expuesta a la erosión. Las medidas de la muestra son de 30 x 35 x 20 cm., se le designo un código de identificación, se le envió la muestra al laboratorio GEOMECH - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de Excavaciones en la ciudad de Lima para efectuar los ensayos respectivos.



### 2.4.3. Etapa de Laboratorio

Esta etapa consistió en analizar cada muestra extraída de campo, se extrajo dos muestras de suelo y dos de roca. Se procedió a iniciar con las muestras de suelo las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos en la ciudad de Cajamarca, para efectuar los ensayos respectivos.

Se llevó a cabo los siguientes ensayos:

Ensayo de Corte Directo	(ASTM D 3080)
Análisis Granulométrico por Tamizado	(AASHTO T-27 ASTM D 422)
Ensayo de Peso Unitario Seco	( NTO 400.017 / ASTM C-29)
Contenido de Humedad	( Norma ASTM D 2216/4643)
Límites de Consistencia	( Norma AASHTO T-90–ASTM D 4318)

A continuación, se detallará el procedimiento de estos:

#### **Ensayo Corte Directo (ASTM D 3080)**

Este ensayo tiene como finalidad calcular el valor de cohesión y el ángulo de fricción; primero se pesa la muestra, se mide el área y diámetro; ya que de esto dependerá el peso a la cual estará sometida la muestra. Estando consolidada la muestra se coloca en el equipo, y se procede a colocar diferentes cargas. En la maquina se muestra todos los valores lo cuales vamos anotando; hasta que se produzca el fallamiento a partir de esto se calcula el valor de cohesión y ángulo de fricción de cada muestra.

**Figura 1**

***Ensayo de Corte Directo***



**NOTA:** En la figura se observa la toma de datos que arroja la máquina de Corte Directo. **FUENTE:** Propia (2021).

**Análisis Granulométrico por Tamizado (AASHTO T-27 ASTM D 422)**

Este ensayo sirve para determinar el tamaño de los elementos que componen la muestra, donde se obtiene el porcentaje de arenas, limos, gravas y finos; dando a conocer la clasificación de suelo según el SUCS. El procedimiento es verificar que la muestra esté seca, luego se pesa la muestra, se arma los tamices de acuerdo a la medida de las mallas y se vacía la muestra de suelo por las mallas. Para finalizar se pesa el tamiz más el contenido del suelo que quedo en esta, y se procede a notar en la libreta.

**Figura 2**

***Análisis Granulométrico por Tamizado.***



**NOTA:** En la figura se observa el proceso de tamizado desde la malla 4" hasta N° 200, obteniendo una clasificación SC del sistema SUCS. **FUENTE:** Propia (2021)

**Ensayo de Límites de Consistencia (Norma AASHTO T-90-ASTM D 4318)**

Este ensayo tiene la finalidad de obtener tanto el Límite Líquido como Plástico, las cuales ayudaran a entender el comportamiento de los suelos en nuestra zona. El procedimiento general del límite líquido, consiste en colocar una muestra húmeda en la Copa de Casagrande, se divide la muestra en 2 y seguidamente se empieza a golpear y contar el número de golpes requerido para cerrar la ranura; si el número de golpes es exactamente 25, se obtiene el límite líquido. Por otro lado, el límite plástico se realiza con una muestra pequeña húmeda convirtiéndola en un cilindro pequeño

de 3 mm de diámetro, luego, rodando dicho suelo entre los dedos de la mano y una superficie lisa, hasta que los cilindros presenten grietas se obtendrá el resultado.

**Figura 3**

***Secado de muestras para el Límite Plástico***



**NOTA:** En la figura se observa el proceso de tamizado desde la malla 4” hasta N° 200, obteniendo una clasificación SC del sistema SUCS. **FUENTE:** Propia (2021).

**Ensayo Peso Unitario Seco (NTP 400-017 / STM C – 29)**

Consiste en colocar la muestra en la material olla de rendimiento y a golpear con la varilla de acero de tal manera que esto hará que se compacte la muestra a partir de eso se pesa la muestra además de aplicar una fórmula para sacar el peso unitario de la muestra.

**Figura 4**

***Instrumentos para el Ensayo de Peso Unitario en Seco***



**NOTA:** En la figura se observa los instrumentos los cuales son usados por el ensayo de peso unitario en seco; la olla de rendimiento y la varilla. **FUENTE:** Propia (2021)

Ahora se procede a trabajar con las muestras de rocas extraídas, las cuales se le designo un código de identificación, y fueron al laboratorio GEOMECH - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones para efectuar los ensayos respectivos, donde se aplicó las normas internacionales para ensayos de Mecánica de Rocas como las indicas en el ASTM (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales), las Sugerencias / Recomendaciones del ISRM (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas) y los estudios avanzados del ARMA (Asociación Americana de Mecánica de Rocas). Se llevó acabo los siguientes ensayos:

**Ensayo de Corte Directo, Ensayo de Peso Unitario Seco**

Debido a que en la Ciudad de Cajamarca no cuenta con un laboratorio de rocas, en la que se realicen estos ensayos, fue enviado a la ciudad de Lima.

### 2.4.4. Etapa de Post Campo o Gabinete II

En esta etapa se procesa todos los datos obtenidos en campo y laboratorio detallado cada objetivo para obtener los resultados. Se inicia con los aspectos generales, los cuales nos ayudan a identificar la ubicación de la zona.

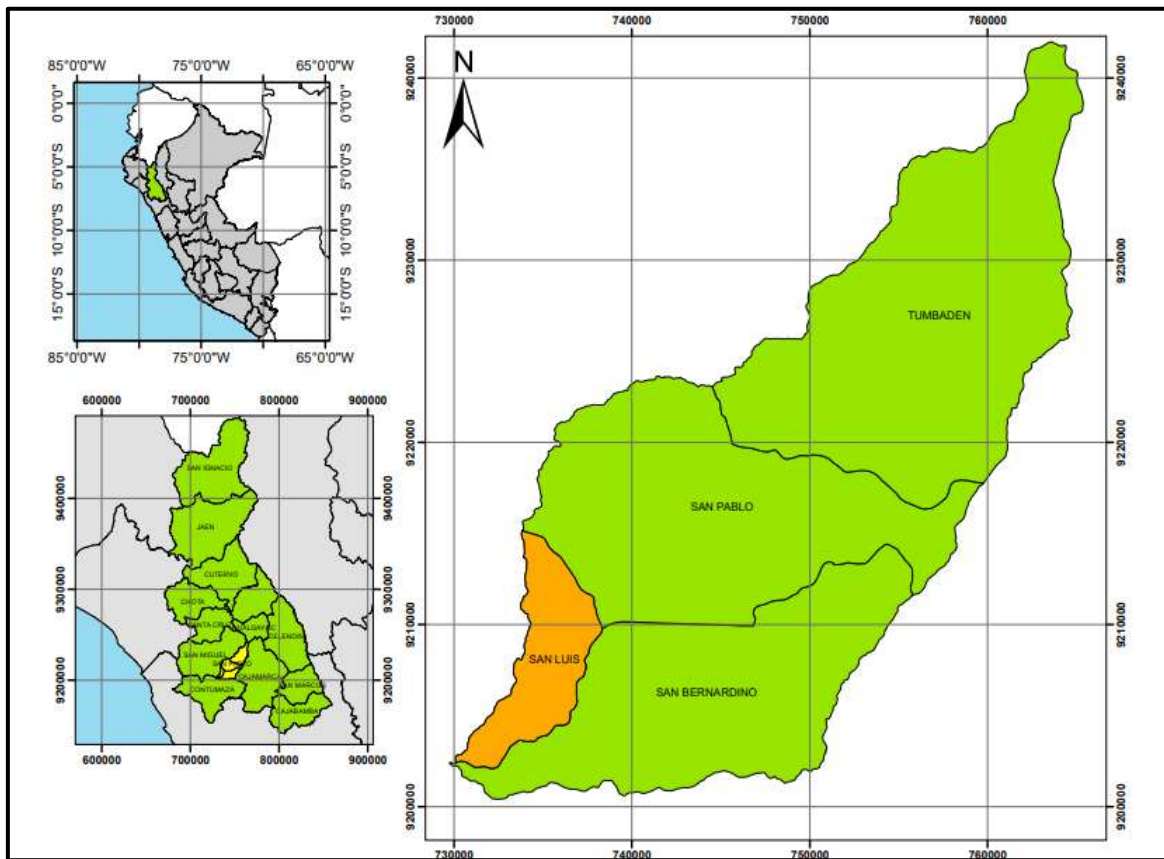
#### Aspectos Generales

##### Ubicación Política

La zona de estudio comprende el caserío de Jancos, del distrito de San Luis, de la Provincia de San Pablo y Región Cajamarca (Zona 17).

**Figura 5**

#### *Ubicación Política de la Zona*



**NOTA:** Esta figura demuestra los diferentes mapas de la ubicación de la zona de estudio. **FUENTE:** Propia (2021)

## Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada a una altitud entre los 1785 y 3 108 m.s.n.m. barca tres caseríos como Capellanía, El Palto y Jancos que pertenece al distrito de San Luis. Con la posición geográfica delimitada por las siguientes coordenadas:

Tabla 12

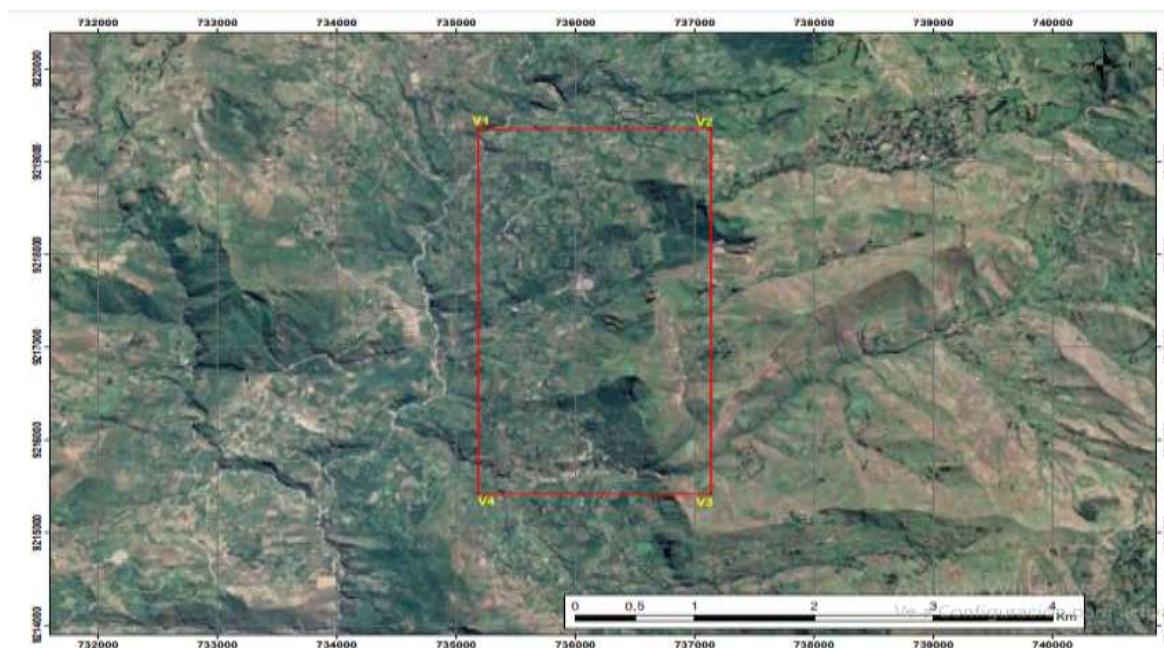
### Coordenadas de la Zona

VERTICE	NORTE	ESTE	COTA
1	9220765	731222	3018
2	9220765	741282	3012
3	9213816	741282	2950
4	9213816	731222	2945

**NOTA:** La tabla muestra las coordenadas de la zona de estudio las cuales empleamos el sistema UTM–WGS84. **FUENTE:** Propia (2021)

Figura 6

### Mapa de Ubicación Geográfica de la Zona



**NOTA:** En la figura se observa el área de estudio ubicado los cuatros vértices. **FUENTE:** Google Earth (2021).

## Accesibilidad

El acceso es mediante carreteras tipo asfaltadas y trochas. El acceso a la zona de estudio es mediante la ruta Cajamarca – San Pablo – caserío de Jancos. La ruta Cajamarca- San Pablo – caserío de Jancos es asfaltada tiene una distancia de 88.1 km con un tiempo de 1 hora y 58 min. Se inicia tomando carro en el paradero ubicado en la Av. Angamos frente al Grifo Continental, se siguió la carretera 3N hasta el desvío en la Granja Porcón, desde el cruce se transitó por la carretera 8A que se dirige a San Pablo. Al llegar entre el cruce San Pablo – San Miguel y San Pablo – Chilete, se toma el desvío San Pablo – San Miguel que es la ruta 103, la cual nos dirige al caserío de Jancos a una distancia aprox. 28 min donde finalmente es el punto inicial de la zona de estudio.

**Figura 7**

### *Accesibilidad a la Zona de Estudio*



**NOTA:** Se observa la ruta desde la Región Cajamarca hasta la zona de estudio. **FUENTE:** Google Earth (2021).

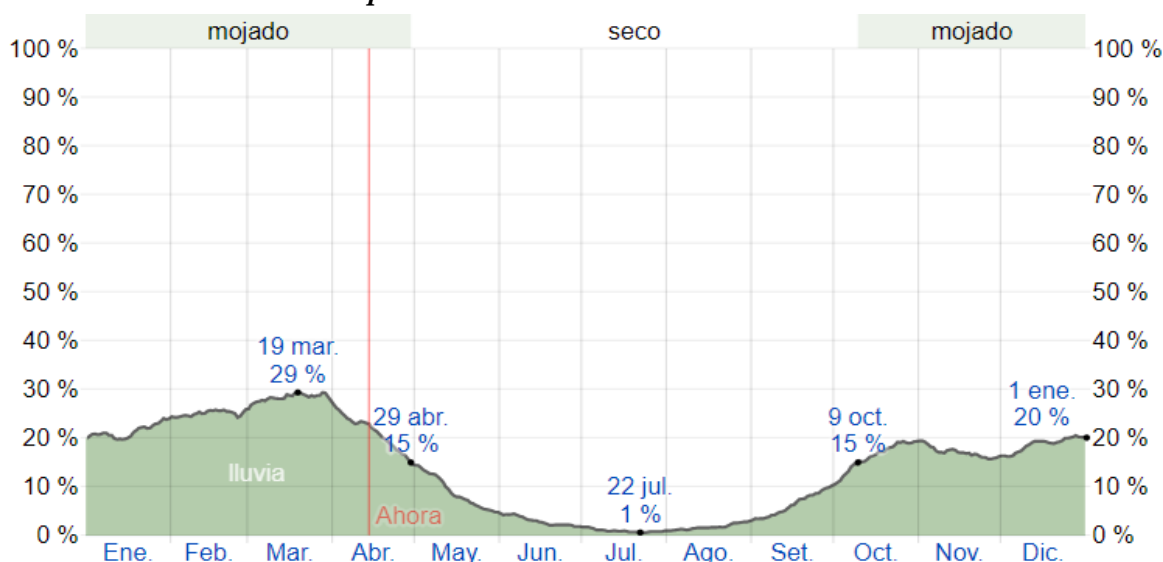


## Clima

El distrito de San Luis de la provincia de San Pablo presenta un clima seco y semicálido, se caracteriza por presentar 3000 mm de precipitación promedio anual, deficiente en lluvias en todas las estaciones y sin cambio térmico invernal bien definido, su periodo de estiaje radica entre mayo y septiembre su temperatura anual varía entre 8 °C y 21°C, presentando mayores temperaturas entre abril y octubre. La temporada de lluvia dura 7 meses, del 25 de septiembre hasta el 16 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 22 de marzo, con una acumulación total promedio de 45 milímetros. El periodo del año sin lluvia dura 4.3 meses, del 16 de mayo al 25 de setiembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 20 de julio, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

**Figura 8**

### *Probabilidad diaria de Precipitación en la Zona*



**NOTA:** Según la imagen los días más secos son desde el 29 abril al 09 de octubre donde la probabilidad de que ocurra algún movimiento en masa es menor y el mayor porcentaje de lluvia es desde el 10 de octubre hasta el 28 de abril. **FUENTE:** Weather Spark (2021).

## Vegetación

El distrito de San Luis tiene una superficie de 42,88 km. por lo que presenta una vegetación muy variada de bosques secos y tropicales entre los cuales encontramos arboles como la Tara, Nogal, Molle y Eucalipto; por otro lado, la población dedicada a la producción y comercio de fruta, legumbres se observa los cultivos de palta, plátano, naranja, mangos, sandías, papayas, trigo, camote entre otros más.

**Figura 9**

### *Flora del caserío del Jancos*

**NW**



**NOTA:** En la figura se aprecia un árbol de Nogal y plantas de plátano. **FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 10**

***Vista Panorámica de la Vegetación en el Caserío de Jancos***



**NOTA:** En la figura se aprecia parte de la flora de la zona, donde existe parte altura y parte valle.  
**FUENTE:** Propia (2021)

### **Aspectos Geológicos**

#### **Geología Regional**

##### **Formación Farrat (ki – f)**

Según Benavides (1956) esta formación consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso. La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhúaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca.

##### **Formación Inca (ki – in)**

Para Benavides (1956), la formación Inca infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat. Esta formación se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento.

### **Formación Chúlec (Ki – chu)**

La formación Chúlec, se extiende en la zona norte del Perú suprayaciendo concordantemente a la formación Inca e infrayaciendo con la misma relación a la formación Pariatambo. Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Generalmente los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados. (Benavides, 1956).

### **Formación Pariatambo (ki – pa)**

Esta unidad para Benavides (1956); consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente la formación Pariatambo yace concordantemente sobre la formación Chúlec e infrayace, con suave discordancia a la formación Yumagual.

### **Formación Pulluicana (ks – pu)**

Un estudio realizado por Gobierno Regional de Cajamarca (2009), esta formación predomina intercalaciones de calizas, donde hay capaz de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosos, así como algunas capas de limonitas y areniscas.

### **Formación Quilquiñán (ks – q)**

Para Benavides (1956), esta formación infrayace con discordancia paralela a la formación Cajamarca. Su base consiste en una gruesa secuencia de calizas nodulares macizas, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas, continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas pardo-amarillentas y bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles.

### **Formación Cajamarca (ks – ca)**

La formación Cajamarca, nombre dado por BENAVIDES (1956), esta unidad yace concordantemente sobre el Grupo Quilquiñán y con la misma relación subyace a la formación Celendín. Consiste generalmente de calizas gris oscuras o azuladas y macizas, con delgados lechos de lutitas y margas de los mismos colores.

### **Grupo Calipuy (P – ca)**

#### **Formación Llama (Pe – vll)**

El volcánico Llama suprayace a los conglomerados de la formación Chota que se considera correspondiente al cretáceo superior, este se correlaciona con la parte inferior del grupo Calipuy. Su litología comienza con un conglomerado basal rojizo intercalado con capas de toba andesítica de color morado o violáceo. Los fragmentos del conglomerado son guijarros bien redondeados de cuarcita con proporciones menores de caliza y roca volcánica. Sobre el conglomerado basal se encuentra una secuencia gruesa de piroclásticos y derrames también se encuentran derrames andesíticos porfiríticos o equigranulares, mostrando tonos gris verdosos y gris azulados cuando están frescos, además se encuentran horizontes de tobas andesíticas de varios colores. (Gobierno Regional de Cajamarca, 2009).

#### **Formación Porculla (Nm – vp)**

Para el Gobierno Regional de Cajamarca (2009), el volcánico Porculla suprayace en discordancia angular a rocas tan diferentes como el basamento metamórfico precambriano paleozoico y el volcánico Llama. Su litología consiste de un grosor considerable de volcánicos dacíticos con intercalaciones de andesitas donde los piroclastos son más abundantes que los derrames. La litología típica es una dacita compuesta por pequeños fenocristales de presenta sills y pequeños stocks en

muchas áreas plagioclasas y cuarzo en una matriz fina y dura de color gris verdoso.

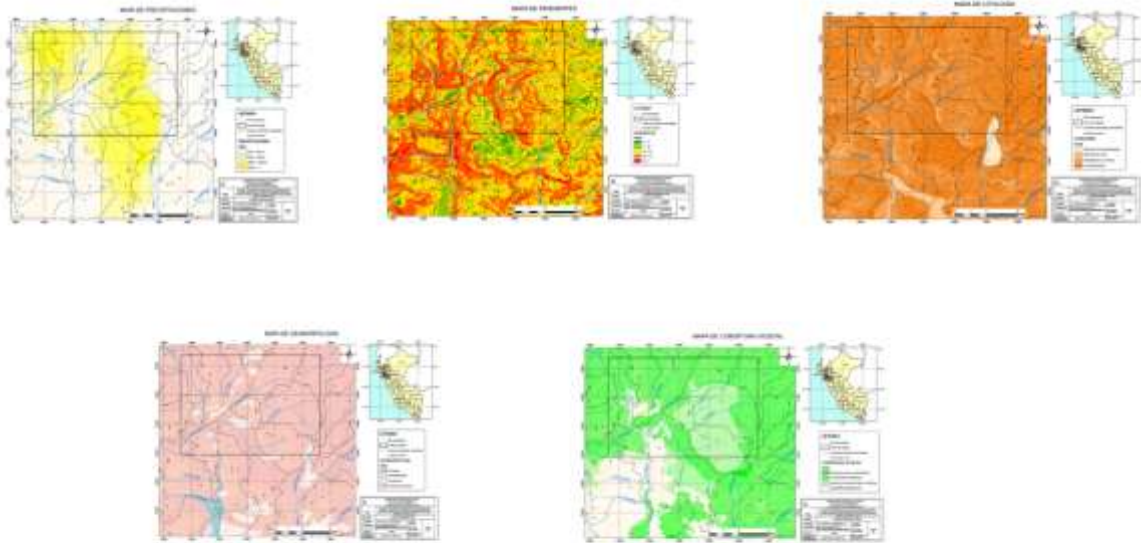
### **Depósito Cuaternarios**

En discordancia angular sobre todas las unidades descritas anteriormente se tiene una variedad de depósitos cuaternarios. En nuestra zona de estudio encontramos **cuaternarios aluviales (Q –al)** en las faldas de cerros, laderas de valles, y **cuaternarios fluviales (Q – fl)** en los lechos de los ríos. Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte y en los fluviales las diferentes terrazas dejadas por los ríos. (Benavides, 1956).

Luego se continuo con el procesamiento de datos geológicos, geomorfológicos, geodinámica externa e hidrología, los cuales fueron desarrollados de acuerdo a lo encontrado en la zona de estudio. Con siguiente, comenzó con la descripción de los taludes donde se determinaron en detallar 5 aspectos trabajados: Descripción de la Estación donde se detalla claramente en las condiciones que se encuentra la estación, teniendo en cuenta el movimiento de masa predominante. Análisis de Susceptibilidad, consistió en analizar los valores obtenidos en el instrumento de Observación y hallar la susceptibilidad de cada estación, mediante el Proceso de Análisis Jerárquico. Luego de haber obtenido los valores de la susceptibilidad se elabora los planos de cada factor mediante la aplicación de herramientas SIG, teniendo en cuenta los parámetros estudiados se realizó los mapas de Geomorfología, Litología, Pendientes, Cobertura Vegetal y Precipitaciones con la data descargada (*Figura 11*), luego se pondera los resultados del proceso de Análisis Jerárquico (*Figura 12*), para así obtener el mapa de susceptibilidad de la zona (ANEXO N° 39).

**Figura 11**

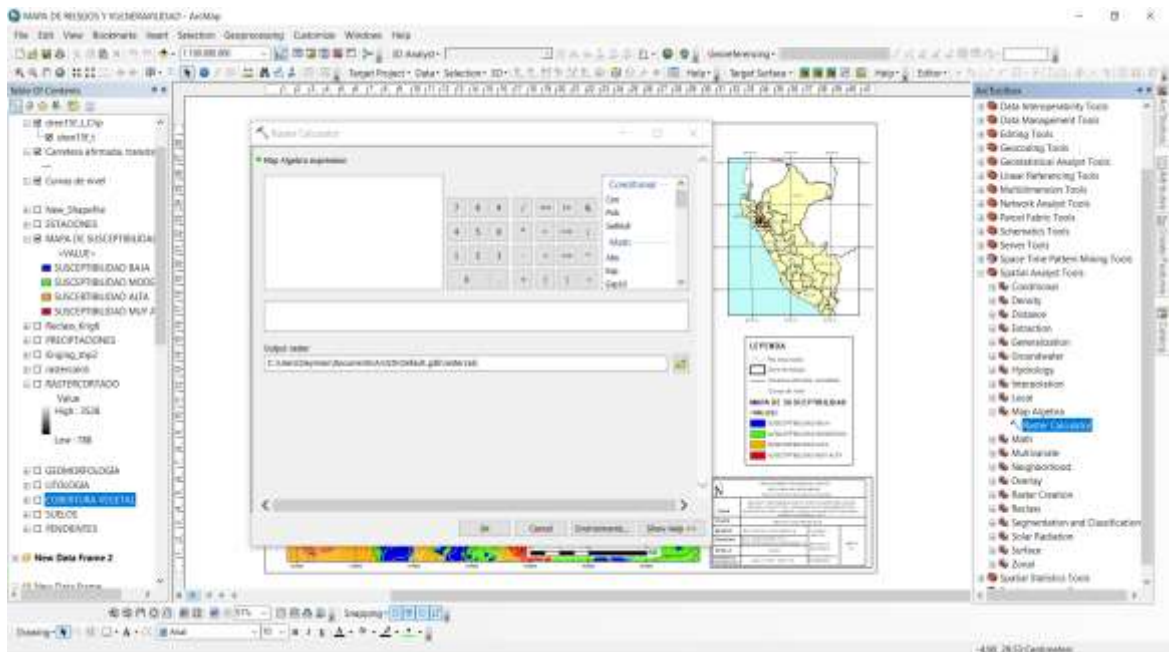
**Creación de Mapas**



**NOTA:** En la figura se observó los mapas de los diferentes Factores de la zona, Litología, Pendientes, Geomorfología, Precipitaciones y Cobertura Vegetal. **FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 12**

**Ponderación de Resultados.**

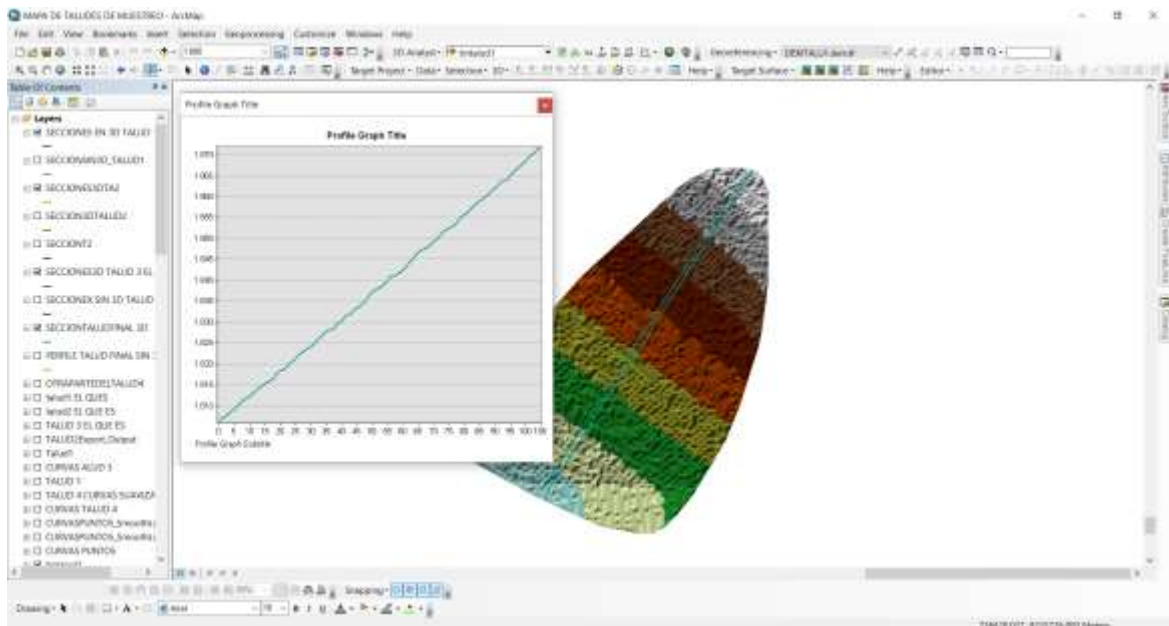


**NOTA:** En la figura se observó la ponderación de los mapas anteriores, para la creación del mapa de susceptibilidad de la zona mediante la herramienta ArcMap – Map Algebra. **FUENTE:** Propia (2021).

Para continuar con el procedimiento se necesita realizar perfiles de cada estación es por esto que para la creación de los perfiles de los taludes se utiliza la herramienta de ArcMap, generando un modelo TIN el cual nos sirve para crear una recta y a continuación con la herramienta Interpolate Shape para obtener nuestro perfil de cada estación.

**Figura 13**

### ***Creación de los Perfiles de cada Estación***



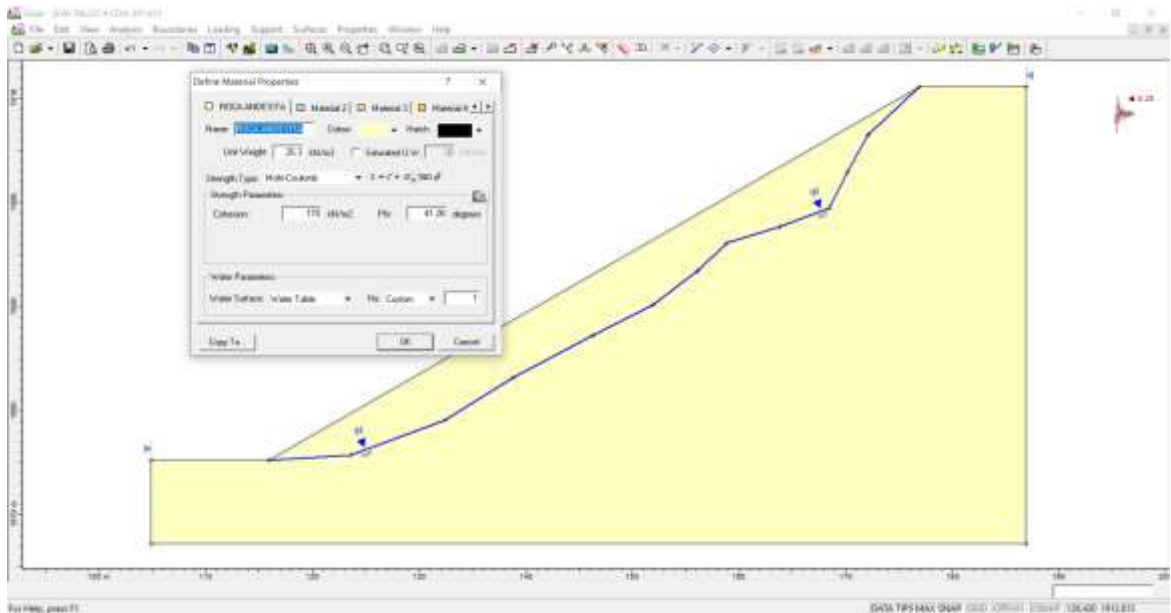
**NOTA:** Se observa el perfil creado de una estación de la zona de estudio la cual será procesada después en el programa Slide. **FUENTE:** Propia

Seguidamente para realizar el cálculo de factor de seguridad de cada talud es necesario utilizar los perfiles creados anteriormente en la herramienta ArcMap ya que estos serán descargados y procesados en el programa Excel para darle formato en este programa se guardará en formato .csv para luego exportarlos al programa AutoCAD en el cual se dará forma al perfil para después exportarlo a la herramienta que nos permitirá calcular el factor de seguridad.



**Figura 14**

**Aplicación del programa Slide V 5.0**



**NOTA:** Se observa el procesamiento de los resultados de laboratorio para determinar el factor de seguridad de los taludes. **FUENTE:** Propia (2021)

A continuación, se procesará los datos en la herramienta Slide V.5.0 en el cual, utilizando los resultados de laboratorio de cada estación como cohesión, ángulo de fricción y peso unitario servirá para determinar el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas el cuál si es menor a 1.1 se considera el talud inestable y si es mayor a 1.0 se considera estable. Por último, para proponer un método de diseño en el que se evaluó cual es más económico y fácil de ejecutar.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se darán a conocer los resultados que se obtuvieron en campo desde la geología hasta la propuesta de diseño para cada estación.

### 3.1. GEOLÓGIA

En el distrito de San Luis de la provincia de San Pablo, la geología viene a ser un aspecto muy importante en la susceptibilidad de la zona; ya que, puede amplificar o atenuar la magnitud del evento de movimiento de masa, debido a la permeabilidad de la roca o suelo y su distribución puede dar como resultado un evento catastrófico para los ciudadanos que habitan en la zona por ello se reconoció la unidad volcánica del Paleógeno (Paleoceno – Oligoceno) donde el piso estratigráfico es la Formación Llama (Pe – VII) que está comprendido en el Grupo Calipuy.

**Figura 15**

**Columna Estratigráfica de la Zona**

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. fluviales y aluviales			Arenas, gravas. Limos, arcillas.	
		Pleistoceno	Dep. lagunares y glaciares			Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	
	NEOGENO	PLIOCENO	Formación Condebamba	150		Lufitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.	
			Formación Cajabamba	200		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas. Disc. ang.	
		MIOCENO	Sup.	Formación Bambamarca	300		Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas. rojizas, aglomerados y piroclastos.
			Inf.				Dacita
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Calipuy	Formación Porculla	2100		Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas. areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares. Diorita
				Formación Llama	600		Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lufitas tobáceas. Derrames y brechas andesíticas. Disc. and.

**NOTA:** Se observa la columna estratigráfica de Cajamarca, donde encerramos de color amarillo la Formación Llama la cual se identifica en la geología de la zona. **FUENTE:** Orbsa Geología UNC (2013).

### 3.1.1. Formación Llama (Pe – vll)

En la zona de estudio San Luis la formación predominante es Volcánico Llama, el cual se correlaciona con la parte inferior del grupo Calipuy. Se aprecia la Formación Llama en la trayectoria de la carretera San Pablo – San Miguel. Se observó un conglomerado basal de color rojizo; el cual vendría hacer la base de la Unidad Litoestratigráfica.

Figura 16

#### *Base de la Formación Llama*



**NOTA:** En la figura se observa el conglomerado de color rojizo donde se ha observado granos de cuarcita y carbonatos. **FUENTE:** Propia (2021)

Figura 17

*Capa de Toba Andesítica*



**NOTA:** Se observa una capa de toba andesítica de color morado o violáceo de unos 10 cm.  
**FUENTE:** Propia (2021).

También se observó 2 facies:

La primera es un Andesita; la cual está compuesta por una lava andesítica de color rojizo con abundantes plagioclasas y algunos cristales ferromagnesianos que se altera y algunos son magnéticos (cristales de olivinos). La segunda es una Toba Lapilli con fragmentos de andesita verdosas y en campo se observó 2 tipos: una rica en minerales de fenocristales de anfíboles en mayor parte y la otra sus cristales de anfíboles son pequeños y lo que predomina son las plagioclasas con fragmentos de lava y una matriz carbonatada la cual burbujea al ser vertida ácido.

Figura 18

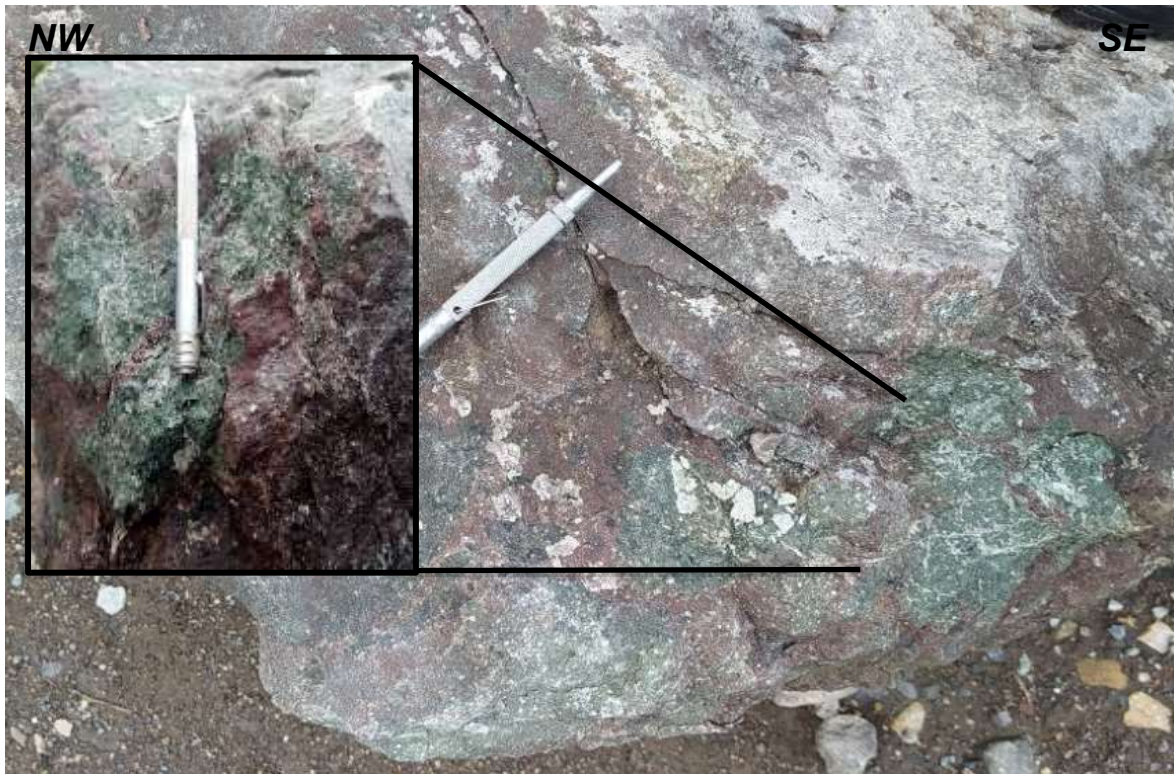
*Brecha Piroclástica*



**NOTA:** En la figura se observa un aglomerado donde los fragmentos encerrados de color verde predominan el olivino y presenta magnetismo, y los encerrados de color naranja son fragmentos de hematita con fenocristales. **FUENTE:** Propia (2021).

Figura 19

*Toba Lapilli*



**NOTA:** La muestra de debido a que la presencia de los ferromagnesianos tiene bastante magnetismo. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.2. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología de la zona es muy accidentada se tienen los relieves montañosos de pendientes pronunciadas; que caracteriza la mayor parte del relieve andino y cordillerano. A continuación, explicaremos la geomorfología de la zona de estudio.

#### 3.2.1. Colinas

Las colinas en la zona de estudio presentan laderas mayores a 20° de pendiente.

**Figura 20**

***Colinas del Distrito de San Luis***



**NOTA:** La colina litológicamente está compuesta de rocas volcánicas de la formación Llama.  
**FUENTE:** PROPIA (2021)

**3.2.2. Valles en V**

Los valles en V son típicos en los cursos altos de los ríos, las dos vertientes laterales presentan fuertes pendientes y quebrada El Cardo erosiona verticalmente

**Figura 21**

*Valle en V*



**NOTA:** En la figura se observa un valle entre montañas, las cuales se formaron debido a la erosión por el flujo de agua de la quebrada El Cardo. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.2.3. Laderas

A lo largo de la zona de estudio encontramos laderas entre  $10^\circ$  y  $30^\circ$  de pendiente clasificándose como laderas inclinadas a muy inclinadas según Demek.

**Figura 22**

*Colinas del Distrito de San Luis*



**NOTA:** Las flechas rojas indican el sentido de la pendiente **FUENTE:** Propia (2021)



### 3.2.4. Planicies

Son zonas cuyas superficies presentan ligeras ondulaciones, litológicamente está constituido por rocas volcánicas de las Formación Llama. La cobertura vegetal es principalmente por arbustos y sembríos.

Figura 23

*Planicies*

**SW**

**NW**



**NOTA:** En la figura se observa una planicie de la zona, con bastante vegetación y quebrada.  
**FUENTE:** Propia (2021)

## 3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En nuestra zona de estudio que corresponde al distrito de San Luis, provincia de San Pablo hemos evidenciado la presencia de algunas estructuras geológicas como fallas, diaclasas, fracturas, los cuales a continuación los describimos e ilustramos.

### 3.3.1. Fallas

En nuestra zona se puede evidenciar un conjunto de fallas debido a la debilidad del macizo rocoso y producto del peso ha ido asentando a lo largo de muchos años y es por esto que se ha producido un fallamiento en partes continuas del talud. Se muestra un sistema de fallas originado por la deformación a lo largo de los miles de años el

cual está sometido a esfuerzos normales y axiales y por ende el macizo rocoso se encuentra deformado.

**Figura 24**

**Fallas**



**NOTA:** Sistema de fallas ubicado en las coordenadas **E:**736039 y **N:** 9216339. **FUENTE:** Propia (2021).

En la zona también se observa una falla regional inferida la cual tiene una dirección NE – SW, de la que depende el comportamiento del talud mostrado en la figura 17; ya que controla su estabilidad ocasionado innumerables deslizamientos de rocas y suelo en los últimos años adicionando a esto la presencia de lluvias que resulta ser muy perjudicial para la población de Jancos.

Figura 25

**Falla Inferida**



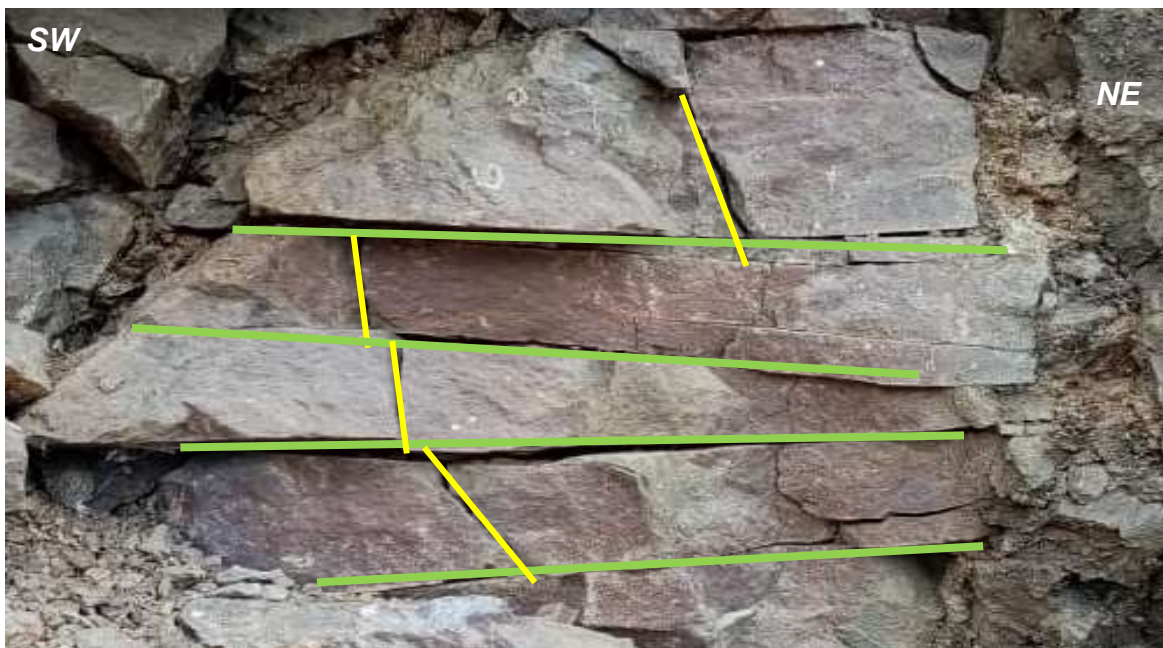
**NOTA:** Falla Regional Inferida ubicada en las coordenadas **E:** 736122 y **N:** 9217813. **FUENTE:** Propia (2021).

**3.3.2. Diaclasas**

En la zona de estudio encontramos varios taludes donde se observan familias de diaclasas.

Figura 26

**Familia de Diaclasas**



**NOTA:** En la figura se observa diaclasas las que están orientadas en muchas direcciones por lo cual podemos deducir que han sido resultado de la torsión. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.4. HIDROLOGÍA

Respecto a la Hidrología la zona presenta tres ríos principales cuenca del Jequetepeque en donde discurren las aguas del río principal San Miguel y sus principales quebradas Cuzcuden, El Cardo, Lajos, los cuales en tiempo de lluvia perjudican a la zona y se observan los movimientos de masa.

#### 3.4.1. Ríos

**Río San Miguel:** El río San Miguel, va de N a S el cual tributan las quebradas El Pozo, Moyan y Yerba Buena, finalmente desemboca en el río Jequetepeque.

**Figura 27**

*Río San Miguel*



**NOTA:** Río San Miguel ubicado en las coordenadas E:737712 y N:9222054; principal vertiente al río Jequetepeque con un azimut de N210°. **FUENTE:** Propia (2021).

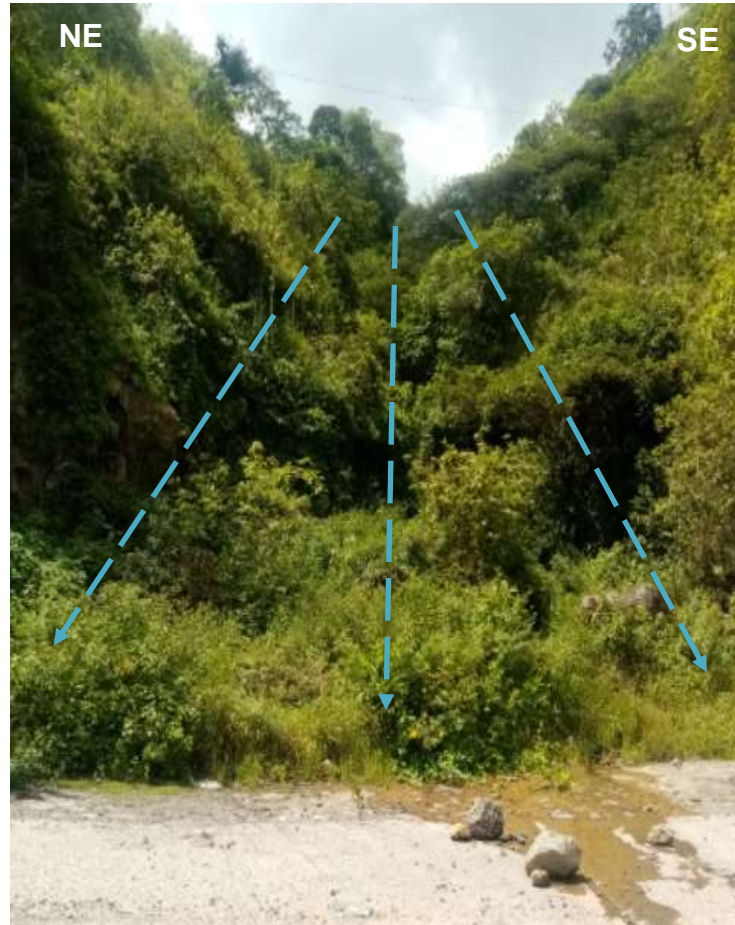
#### 3.4.2. Quebradas

**Cuzcuden:** Nace al NE del distrito de San Luis descendiendo con dirección SW beneficiando a los cultivos a través de canales al caserío de Jancos discurriendo sus

aguas en el Río San Miguel formando parte del río Jequetepeque y aguas abajo con la represa Gallito Ciego.

**Figura 28**

***Quebrada Cuzcuden***



**NOTA:** Quebrada Cuzcuden ubicado en las coordenadas **E:736677** y **N:9219854**; principal vertiente del río San Miguel, su azimut es **N250°**. **FUENTE:** Propia (2021).

**Lajos:** Nace al NW del centro poblado de Capellania aguas arriba y desciende con dirección al SE, al pie del poblado en donde recibe las aguas de la quebrada El Cardo.

Figura 29

*Quebrada Lajos*



**NOTA:** Quebrada El Cardo se encuentra ubicado en las coordenadas **E:736622 N:9215633**; principal vertiente del río San Miguel, su azimut es **N280°**. **FUENTE:** Propia (2021).

**El Cardo:** Nace al NE del centro poblado de Capellania teniendo una dirección hacia el SE aguas abajo en donde se une con la quebrada Lajos.

Figura 30

*Quebrada El Cardo*



**NOTA:** Quebrada El Cardo se encuentra ubicado en las coordenadas E:736622 N:9215633; principal vertiente del río San Miguel, su azimut es N264° y buzamiento S30°E. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.5. ASPECTOS GEODINÁMICOS

El estudio ha permitido observar que ocurren fenómenos de geodinámica externa cuyos indicios se manifiestan por los deslizamientos rotacional, caídas de rocas, volcamiento, flujos de detritos. En algunos sectores del tramo, los afloramientos y las acumulaciones de tierra y material rocoso se hallan en montículos con demasiada cantidad que traen en consecuencia el cierre de la vía principal que conduce a la provincia de San Miguel.

### 3.5.1. Geodinámica Externa

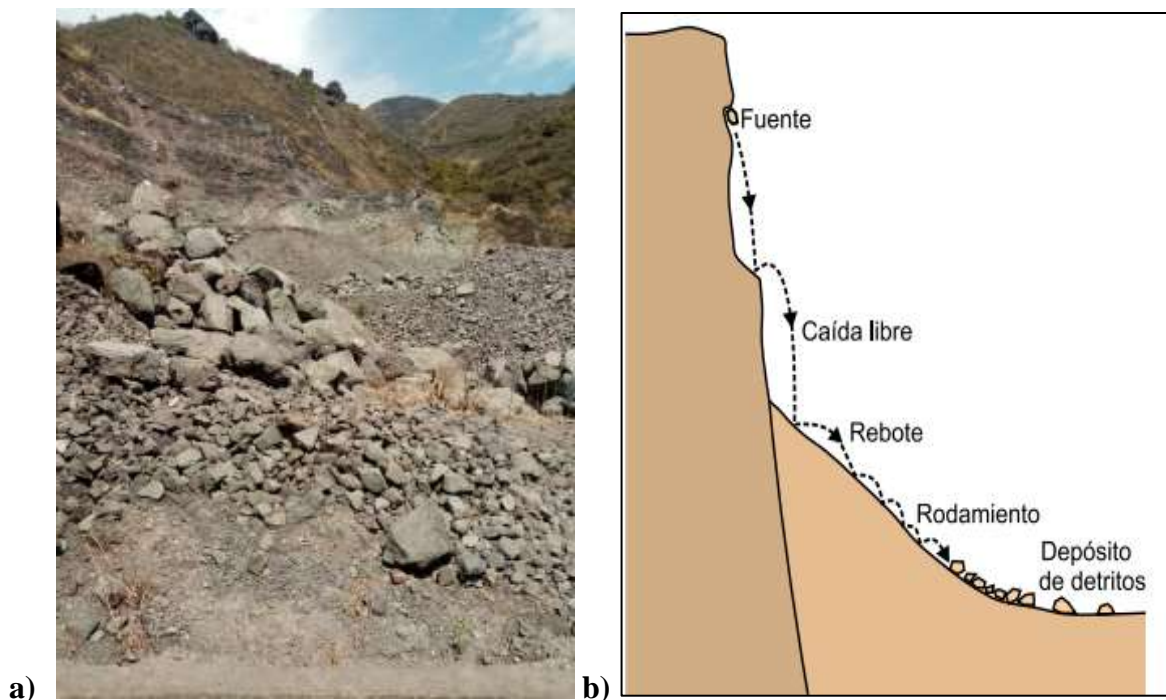
Entre los factores que tienen más incidencia en la geodinámica de la zona de estudio es la erosión pluvial ya que a partir de este se originan los movimientos de masa: deslizamientos, volcamiento, flujos de detritos y caída de rocas, los cuales afectan de manera directa el bienestar de las personas que transitan por las vías de acceso a sus viviendas.

#### 3.5.1.1. Caída de Rocas

La caída de rocas es muy frecuente en la zona debido a que el material que soporta es muy deleznable, por lo que ante la presencia de fuertes precipitaciones se produce un desprendimiento de rocas frecuentemente.

**Figura 31**

#### *Caída de Rocas*



**NOTA:** En la figura **a)** se observa una caída de rocas de la zona hacia la carretera, en la **b)** esquema de caída de rocas **FUENTE:** **a)** PROPIA (2021) y **b)** Corominas y Yagué (1997).

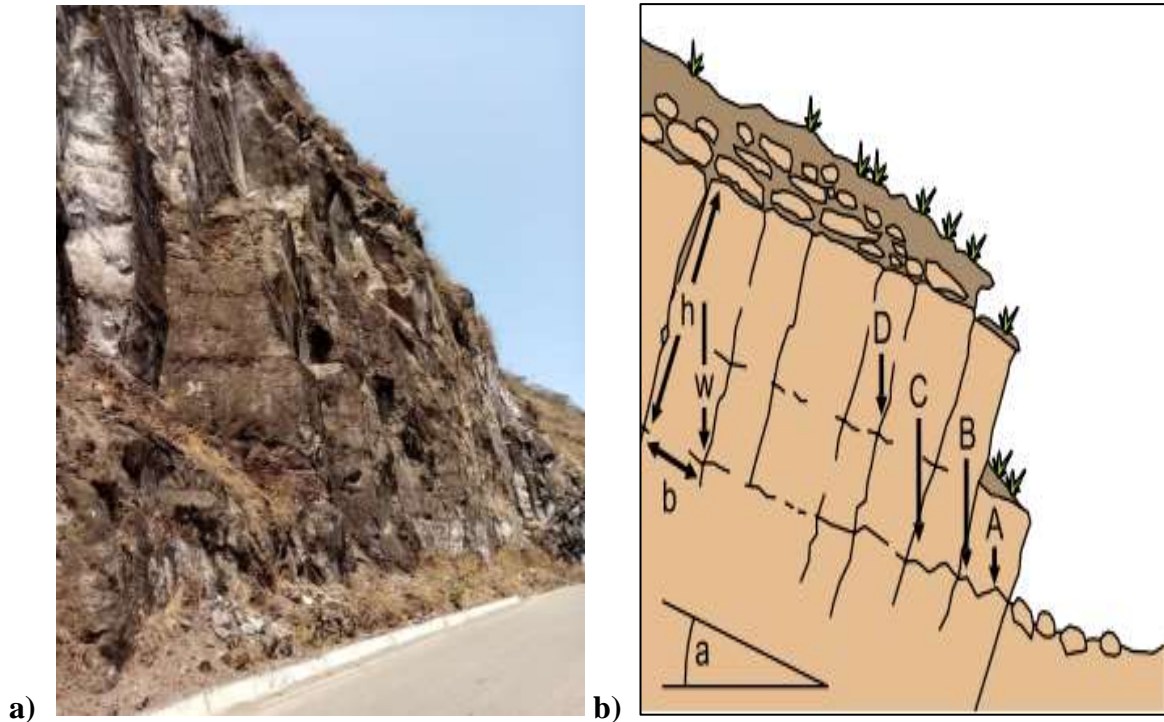


### 3.5.1.2. Volcamiento

Las pendientes de los taludes favorecen para el volcamiento de rocas a que son muy pronunciadas y son de macizos rocosos grandes.

**Figura 32**

#### *Volcamiento de Roca Volcánica*



**NOTA:** En la figura a) se observa un volcamiento de rocas hacia la carretera, en la b) Esquema del vuelco en bloque. **FUENTE:** a) PROPIA (2021) b) Freitas y Waters, (1973) y Varnes (1976).

### 3.5.1.3. Flujos

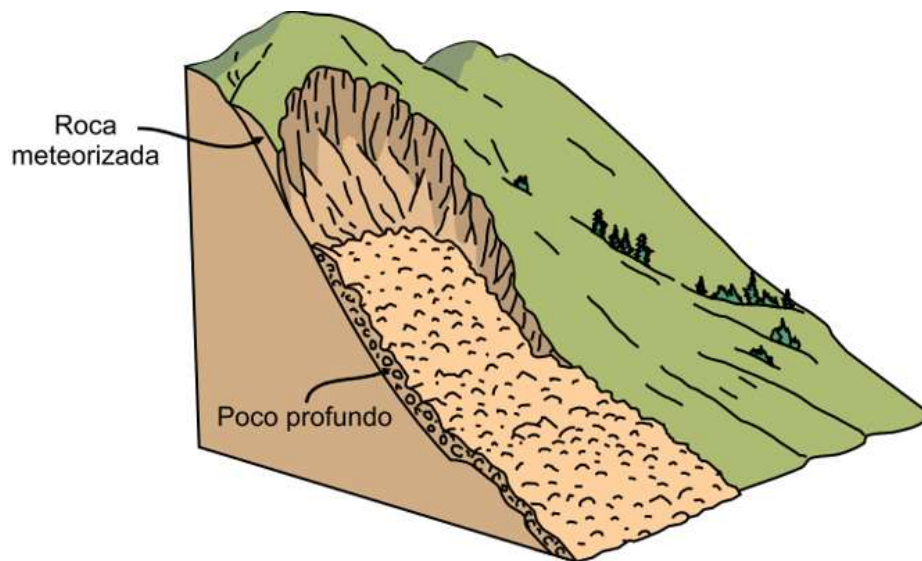
Es muy habitual que se produzcan este tipo de deslizamientos en la zona de estudio y más frecuente en épocas de invierno debido a que el suelo soporta intensas lluvias, por lo tanto, su capacidad portante es sobrepasada teniendo como resultado los flujos de detritos, los cuales arrastran con lo que se encuentran en su camino.

**Figura 33**

***Flujos de Detritos***



a)



b)

**NOTA:** En la figura a) se observa un flujo de detritos, en la b) Esquema de flujos de detritos.

**FUENTE:** a) PROPIA (2021) b) Ayala Carcedo y Olcinas, (2002).

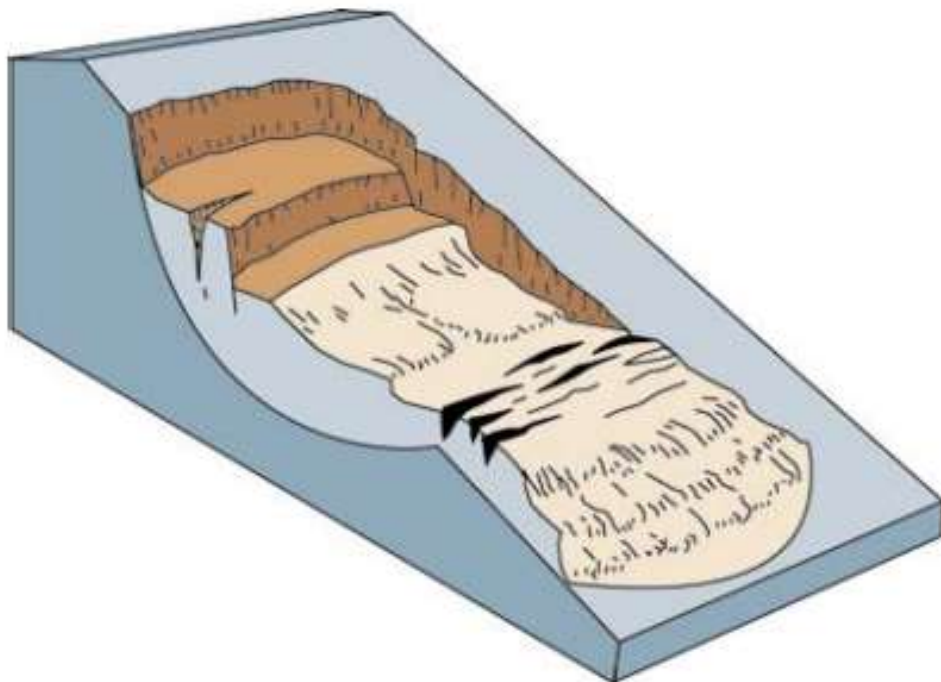
#### **3.5.1.4. Deslizamiento Rotacional**

En la zona se ha identificado la presencia de deslizamiento rotacional producto de una falla regional que controla este deslizamiento, reduciendo su estabilidad y a esto sumándole la pendiente elevada hace de este un peligro de la población, por lo que

perjudica el bienestar y tranquilidad de la población ya que ante cualquier evento este puede perjudicar el acceso a la comunidad y la pérdida de alguna vida.

**Figura 34**

***Deslizamiento Rotacional***



**NOTA:** En la figura **a)** se observa un deslizamiento tipo rotacional en la cual afecta a la carretera, en la **b)** Esquema de un deslizamiento rotacional. **FUENTE:** **a)** PROPIA (2021).

### 3.6. DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES

#### 3.6.1. ESTACIÓN 1

##### 3.6.1.1. Descripción

Se encuentra ubicado en las coordenadas E:736597, N:9215659; el cual se considera que es un deslizamiento de masa del tipo flujo de detritos porque arrastra a su paso bloques de rocas, suelo y vegetación, aproximadamente tiene una altura de 50 m. Las épocas más frecuentes en los que existe deslizamientos son entre noviembre y abril épocas de muchas precipitaciones en esta zona, otro factor de riesgo es la proximidad que tiene con la quebrada El Cardo ya que en época de mucha lluvia puede desbordar y ocasionar un movimiento de masa, teniendo como evidencia el último flujo de detritos que se produjo en el mes de febrero del año 2021 bloqueando la carretera y poniendo en peligro la seguridad de los habitantes en esta zona y los vehículos que transitan.

**Figura 35**

**Foto Panorámica Estación 1**



**NOTA:** Deslizamiento de flujos, caída de rocas, arrastre de vegetación. **FUENTE:** Propia (2021)

**Figura 36**

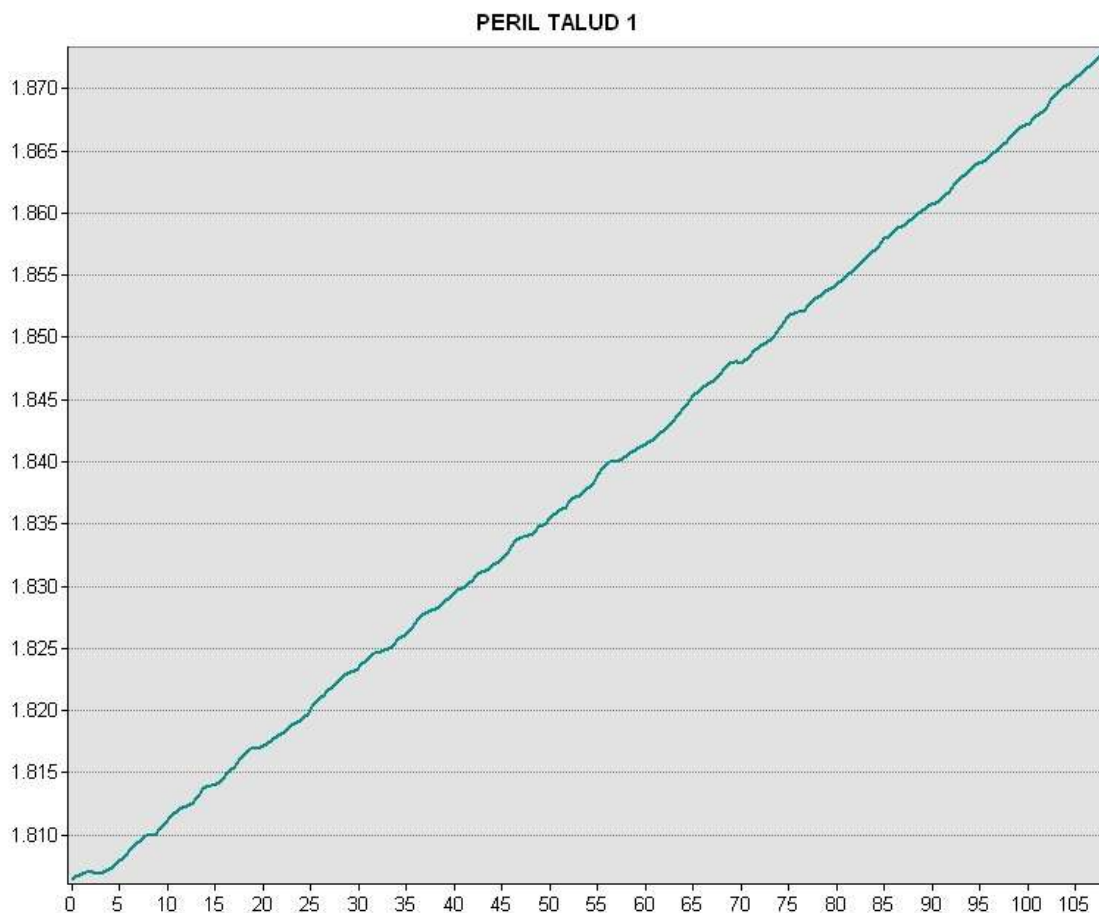
**Arrastre de Vegetación**



**NOTA:** En la figura se observa parte de la vegetación que ha sido arrastrada por un deslizamiento.  
**FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 37**

***Perfil de Talud 1***




**NOTA:** En la figura se muestra el perfil del talud 1, el cual tiene una altura de 50 m y profundidad de 105 m, se obtuvo en el Software ArcGis. **FUENTE:** Propia (2021).

**3.6.1.2. Análisis de Susceptibilidad**

Mediante el Instrumento de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes se obtuvo los valores que presenta la estación 1 en campo, por lo que se describirá los pasos para encontrar el valor de susceptibilidad de la estación.

1° Se obtuvo los valores de la estación 1 en el instrumento de Observación.

**Tabla 13**
**Resultados del Instrumento de Observación de la Estación 1**

TITULO DEL PROYECTO		“Análisis y Determinación de Zonas Susceptibles para Mitigar los Efectos de Movimientos en Masa, Caserío Jancos, Provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021”					
UBICACIÓN	Departamento	Cajamarca	Provincia	San Pablo	Distrito:	San Luis	
EST.	01	Este	736597	Norte	9215659	Cota:	2 895 m.s.n.m.
Factores	Parámetro	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía		
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	Matorral arbustivo	0.558	x			
		Agricultura costera y andina	0.263				
		Plantación Forestal	0.122				
		Bosque seco de montaña	0.057				
		Escarpes	0.592	x			
	Geomorfología	Colina Volcánica	0.262				
		Pie de monte	0.101				
		Llanura	0.045				
		Depósitos Cuaternario	0.444	x			
		Lutitas / Limoarcilla	0.252				
Litología	Brechas - Tobas andesítica	0.148					
	Calizas	0.083					
	Margosas/ Lutitas	0.047					
	Arenisca	0.027					
	Caliza Masiva	0.503	x				
Pendientes	> 45°	0.260					
	25° - 45°	0.134					
	10° - 25°	0.068					
	5° - 10°	0.035					
	0° - 5°	0.482	x				
Factor Desencadenante	Precipitaciones	MUY ALTA > a 250 mm	0.270				
		ALTA (160 mm a 250 mm)	0.141				
		MODERADA (90 a 160 mm)	0.068				
		BAJA (50 mm a 90 mm)	0.039				
		MUY BAJA (< a 50 mm )					

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en campo de la evolución de factores condicionantes y desencadenantes en la estación 1; obteniendo que en todos los descriptores presenta el mayor valor. **FUENTE:** Propia (2021).

2° Ahora tenemos que hallar el valor total de los factores condicionantes y desencadenantes. En este caso hallamos el valor total de los Factores Condicionantes, mediante:

$$V.T = VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC$$

**Tabla 14**

**Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes**

<i>Evaluación de Factores Condicionantes</i>									
<i>Descriptor</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>		<i>Geomorfología</i>		<i>Pendientes</i>		<i>Litología</i>		<i>VALOR TOTAL</i>
	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	
<i>TALUD 1</i>	<i>0.057</i>	<i>0.558</i>	<i>0.122</i>	<i>0.592</i>	<i>0.263</i>	<i>0.503</i>	<i>0.558</i>	<i>0.444</i>	<i>0.484</i>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores condicionantes de la estación 1, donde halla el valor total de los descriptores. **FUENTE:** Propia (2021).

Por otro lado, la evaluación de Factores Desencadenantes es un solo parámetro, por lo que se considera lo que hallamos en campo como valor total.

**Tabla 15**

**Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes**

<i>Evaluación de Factores Desencadenantes</i>		
<i>Descriptor</i>	<i>Precipitaciones Pluviales</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
<i>TALUD 1</i>	MUY ALTA (> a 250 mm)	<b>0.482</b>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores desencadenantes de la estación 1, donde se considera como valor total a lo encontrado en campo. **FUENTE:** Propia (2021).

3° Luego de haber obtenido los valores totales de ambos factores, hallaremos la susceptibilidad, la cual se considera el peso ponderado para evaluar es de 0.5 para cada factor:



**Tabla 16**

**Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad**

<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>					
<b>FACTORES</b>	<b>Factores Condicionantes</b>		<b>Factores Desencadenantes</b>		<b>VALOR TOTAL</b>
	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	
<b>TALUD 1</b>	0.484	0.5	0.482	0.5	0.483

**NOTA:** Valor total de la Susceptibilidad de cada talud, observando que el valor total de la susceptibilidad en la Estación 1 es de 0.483. **FUENTE:** Propia (2021).

4° Ahora se evaluará el nivel de susceptibilidad mediante la matriz la cual está dividida en rangos.

**Tabla 17**

**Matriz de Susceptibilidad**

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>
<b>Susceptibilidad Muy Alto</b>	0.400 – 500
<b>Susceptibilidad Alto</b>	0.300 – 0.400
<b>Susceptibilidad Medio</b>	0.200 – 0.300
<b>Susceptibilidad Bajo</b>	0.100 – 0.200

**NOTA:** En la tabla se muestra encerrado de color verde el resultado en la matriz, la Estación 1 se encuentra con un nivel de susceptibilidad Muy Alto por lo que el rango oscila en 0.400 a 0.500; y en la evaluación de esto obtuvimos como resultado 0.483. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.1.3. Análisis de Laboratorio

#### Ensayo Corte Directo (ASTM D 3080)

La Calicata 1, la cual viene hacer de la Estación N°01, su ángulo de fricción es 26,10 y su cohesión es 0,00 debido a que es un suelo granular (gravas, arenas) presentando poca resistencia al corte.

Tabla 18

#### Resultados del Ensayo Corte Directo

Muestra	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Angulo de Fricción Interna (φ)	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
C 01	1,910	1,61	26,10	0,00

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de corte directo de la calicata 1, donde se da a conocer la densidad húmeda y seca, el ángulo de fricción interna y la cohesión de la muestra, también se pueden observar en el Anexo N° 13 **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

#### Análisis Granulométrico por Tamizado (AASHTO T-27 ASTM D 422)

La Calicata 1, la cual viene hacer de la Estación N°01, según la Clasificación SUCS es SP que vienen hacer arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos, también presenta 5,6 % de humedad en la muestra.

Tabla 19

#### Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado

Muestra	Peso Total	Peso Gravas	Peso Arena	Clasificación SUSC	Clasificación AASHTO	% Humedad
C 01	1443,0	73,0	1370,0	SP	A-2-4 (0)	5,6

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del análisis granulométrico por tamizado, donde se da a conocer el peso total, peso de gravas y arena, la clasificación SUCS Y AASHTO y el contenido de humedad en cada muestra, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 05. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

### Ensayo de Límites de Consistencia (Norma AASHTO T-90-ASTM D 4318)

En la Calicata 01 el L.L. es de 25,61% y el L.P. no presenta, por lo que es un suelo arenoso.

Tabla 20

#### Resultado de Límites de Consistencia

Muestra	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plástico
C 01	25,61%	NP	NP

**NOTA:** En la tabla se observa el resultado de los límites de consistencia tanto liquido como plástico de las ambas calicatas, en la calicata 01 el suelo no presenta limite plástico debido a que no presenta plasticidad, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 07. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

### Ensayo Peso Unitario Seco (NTP 400-017 / STM C – 29)

La Muestra 1 en la prueba de suelto obtuvo un peso unitario promedio de 1,596 gr/c<sup>3</sup>, y en varillado dio como resultado 1,623 gr/c<sup>3</sup>.

Tabla 21

#### Resultados del Ensayo de Peso Unitario en Seco

ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO							
MUESTRA 1							
Ensayo	SUELTO			VARILLADO			
	N°	I	II	III	I	II	III
Peso Unitario		1,531	1,507	1,481	1,632	1,644	1,592
Peso Unitario Prom.		1,596 gr/c <sup>3</sup>			1,623 gr/c <sup>3</sup>		

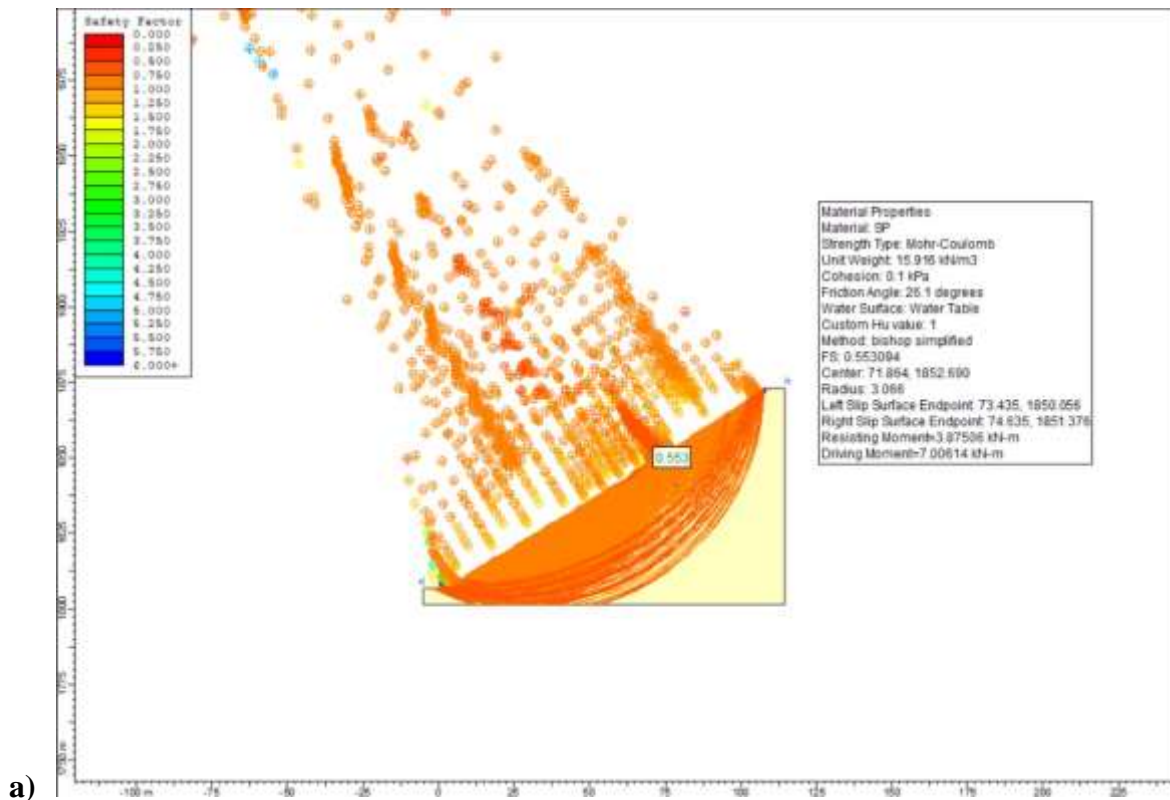
**NOTA:** En la tabla se observa el resultado del peso unitario en seco, llevado a cabo en dos ensayos suelto y varillado, este valor será usado para el software Slide, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 01. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

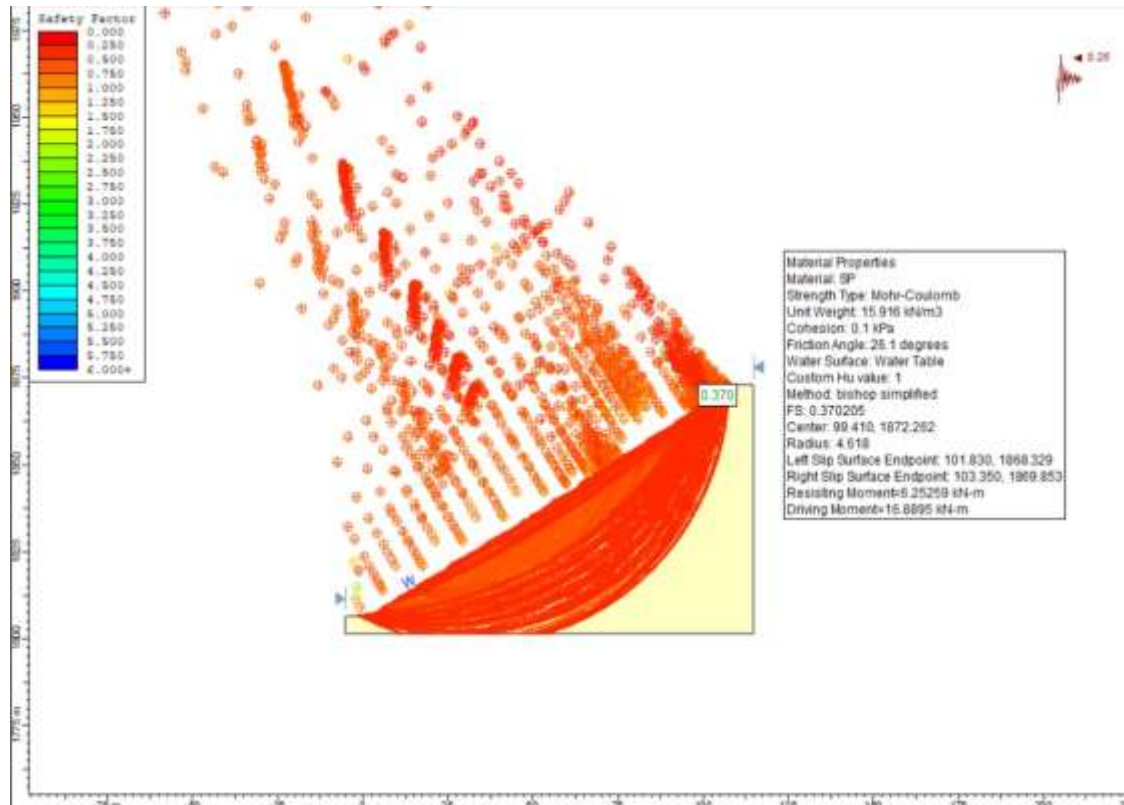
### 3.6.1.4. Análisis de Factor de Seguridad

Se analizará mediante el software Slide con los datos obtenidos en laboratorio, cohesión de  $0 \text{ kg/cm}^2$ , su ángulo de fricción  $26,10^\circ$  y peso unitario  $1,506 \text{ gr/cc}$ . También se llevó a cabo el diseño con índice de sismicidad que en el departamento de Cajamarca es de 0.25.

Figura 38

Factor de Seguridad del Talud 1





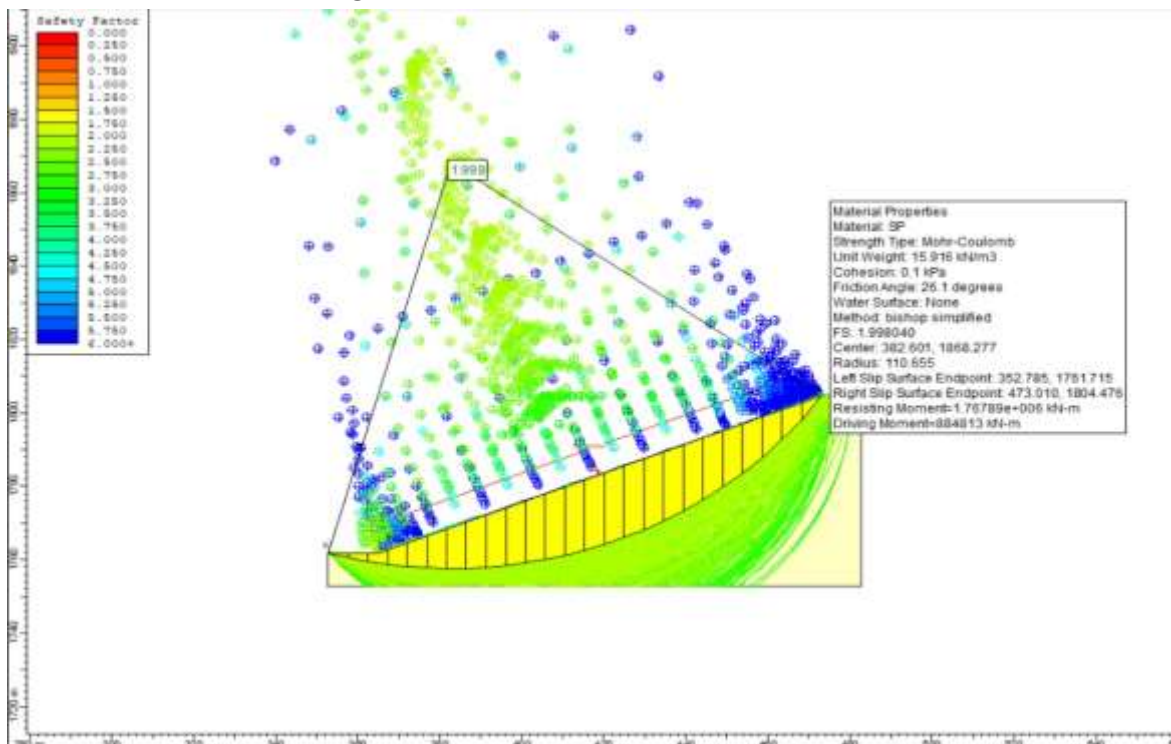
**b)** *NOTA:* En la figura **a)** se observa el modelo de talud con un factor de seguridad de 0.553 mediante el Método de Bishop Simplified, en cambio en la figura **b)** se le aplica un índice de sismicidad de 0.25 obteniendo un F.S. de 0.370; por lo que ninguno de los dos modelos es estable ya que el F.S. > 1 según el Manual de Protección de Taludes (Pág. 113). **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.1.5. Diseño de Estación

Considerada de acuerdo a su movimiento de masa como flujo de detritos, presenta un ángulo de pendiente 32°, su clasificación SUCS es SP que son arenas mal graduadas, arena con gravas con poca o nada de finos y un Factor de Seguridad de 0,553. Sus propiedades influyen mucho en la inestabilidad del talud, ya que no presenta cohesión y su ángulo de pendiente es abrupto; por ello se opta modificar el ángulo de pendiente del talud para mejorar la estabilidad del mismo e instalar una capa de geomalla uniaxial para ayudar a estabilizar el suelo que se encuentran en toda la pendiente del talud. De esta manera se logrará tener un talud estable y sin poner en riesgos la vida de las personas que transitan por esta vía.

**Figura 39**

**Resultado de Factor de Seguridad**



**NOTA:** La figura muestra el resultado aplicado en Talud N°1; se disminuyó el ángulo de pendiente de 32° a 22° obteniendo un F.S. de 1.998. **FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 40**

**Propuesta de Geomalla**

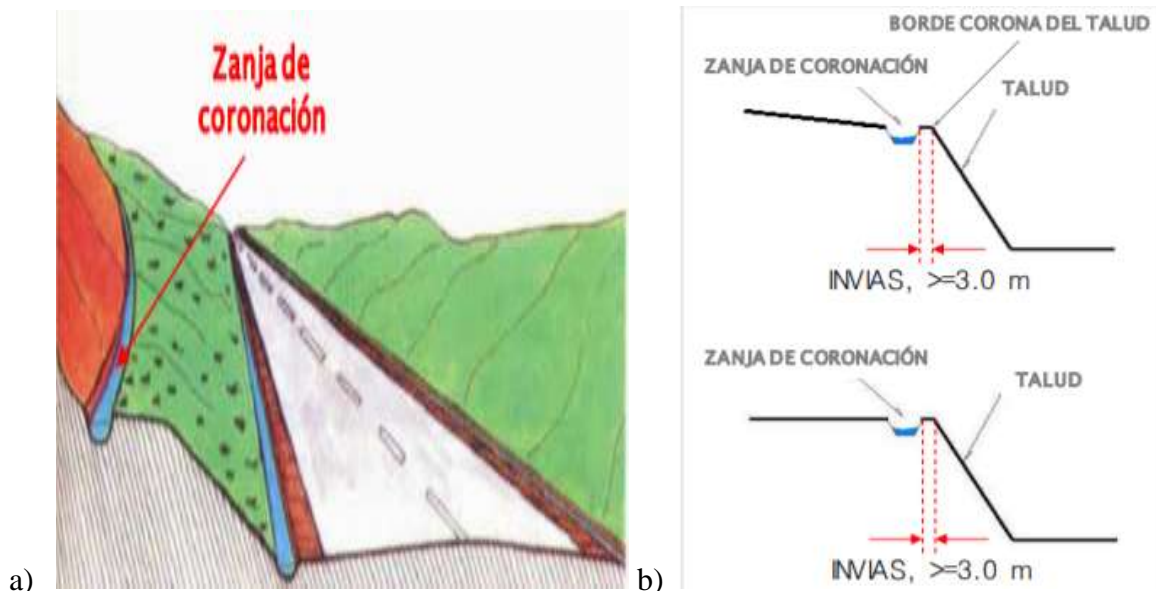


**NOTA:** En la figura se observa una Geomalla tejida uniaxial Terragrid UX 120 que su resistencia a la tensión a largo plazo es de 76.0KN, la cual ayudara a controlar la estabilidad del talud. **FUENTE:** Eco Green.

También se ha considerado realizar una zanja de coronación en la parte alta de este aprovechando que junto a este talud pasa el río Cardo y que debido a que en las épocas de invierno el índice de precipitaciones es muy elevado por lo que desestabiliza el suelo y por ende se producen deslizamientos además de que se producen en algunos casos flujos de detritos, es necesario que se realice este canal. Esta propuesta también beneficiaría a la población ya que se mejoraría el riego de sus cultivos ya que de manera más fácil y tecnificada llegaría el agua a sus sembríos.

**Figura 41**

**Modelo de Zanja de Coronación**



**NOTA:** En la figura **a)** se observa un modelo de zanja de coronación en la parte superior del talud. **b)** se observa un modelo de zanja de coronación con medidas adecuadas. **FUENTE:** Tipología obras de drenaje y Subdrenaje en vías, Colombia.

**3.6.2. ESTACIÓN 2**

**3.6.2.1. Descripción**

Se encuentra ubicado en las coordenadas E:735931, N:9217043; es considerado como un talud en el que se produce frecuentemente la caída de suelo debido a que la roca por lo que se encuentra muy meteorizado y fracturado, en esta estación el principal agente de caída de rocas es la erosión pluvial ya que condiciona la

estabilidad del talud y sus propiedades físicas que al estar sometido a las frecuentes lluvias en la zona el suelo se satura y sus capacidad portante se ve afectada por lo que por consecuencia se producen caídas y algunos deslizamientos de roca llenando las cunetas de drenaje y desviando el cauce de las escorrentías hacia los terrenos de los pobladores afectando su sembríos.

**Figura 42**

**Foto Panorámica Estación 2**



**NOTA:** En la figura se observa como la roca por mucho intemperismo ha sido fracturada y ha llegado a ser suelo. **FUENTE:** Propia (2021)

**Figura 43**

**Fracturamiento y Desprendimiento de Roca**

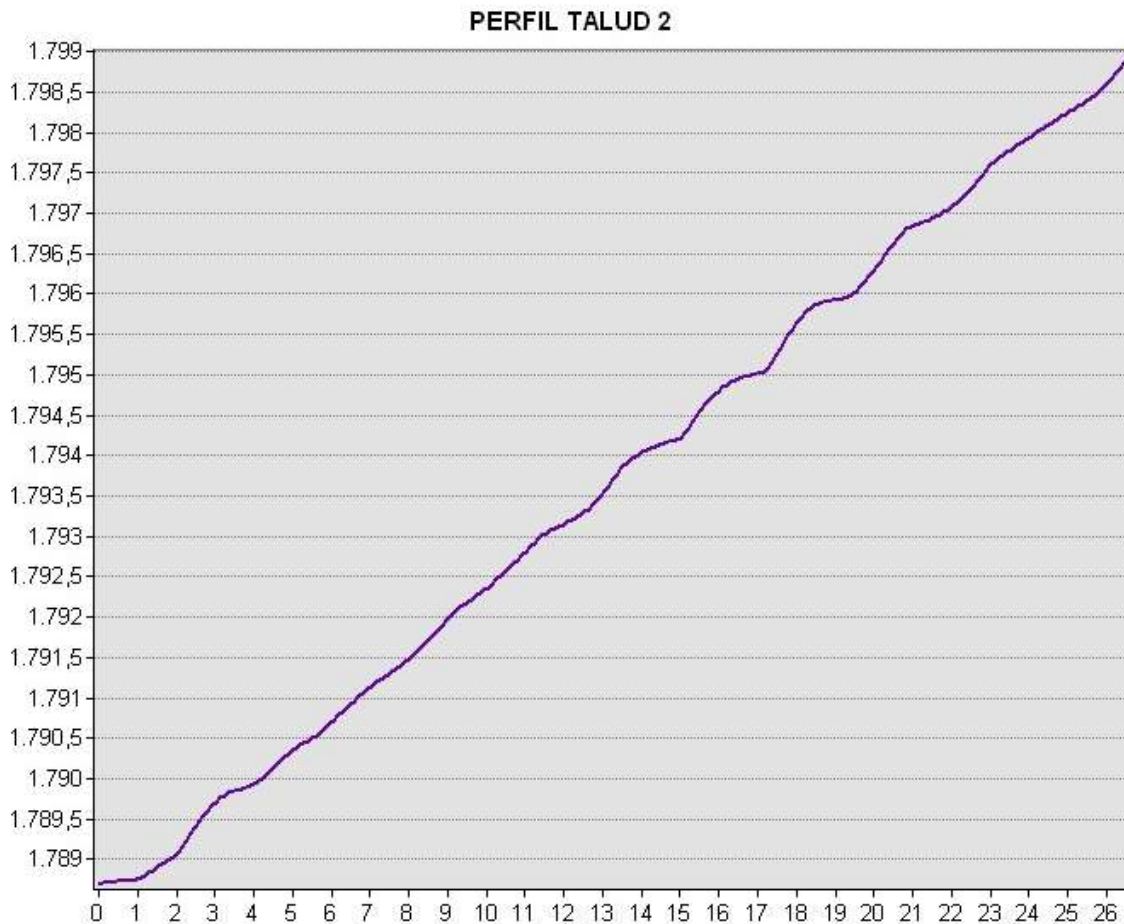


**NOTA:** a) se observa como la roca del talud esta demasiada intemperizada por lo que en la b) se muestra como se desprende y cae en la pista como en la cuneta. **FUENTE:** Propia (2021).



**Figura 44**

**Perfil Talud 2**




**NOTA:** En la figura se muestra el perfil del talud 2, el cual tiene una altura de 10 m y profundidad de 26 m, se obtuvo en el Software ArcGis. **FUENTE:** Propia (2021).

**3.6.2.2. Análisis de Susceptibilidad**

Mediante el Instrumento de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes se obtuvo los valores que presenta la estación 2 en campo, por lo que se describirá los pasos para encontrar el valor de susceptibilidad de la estación.

1° Se obtuvo los valores de la Estación 2 en el instrumento de Observación.

**Tabla 22**
**Resultados del Instrumento de Observación de la Estación 2**

TITULO DEL PROYECTO		“Análisis y Determinación De Zonas Susceptibles Para Mitigar Los Efectos De Movimientos En Masa, Caserío Jancos, Provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021”				
UBICACIÓN		Departamento	Cajamarca	Provincia	San Pablo	Distrito: San Luis
EST.	02	Este	735931	Norte	9217043	Cota: 3 108 m.s.n.m.
Factores	Parámetro	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía	
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	Matorral arbustivo	0.558			
		Agricultura costera y andina	0.263	x		
		Plantación Forestal	0.122			
		Bosque seco de montaña	0.057			
	Geomorfología	Escarpes	0.592			
		Colina Volcánica	0.262	x		
		Pie de monte	0.101			
	Litología	Llanura	0.045			
		Depósitos Cuaternario	0.444	x		
		Lutitas / Limoarcilla	0.252			
Brechas - Tobas andesítica		0.148				
Calizas		0.083				
Margosas/ Lutitas		0.047				
Arenisca		0.027				
Pendientes	> 45°	0.503				
	25° - 45°	0.260	x			
	10° - 25°	0.134				
	5° - 10°	0.068				
	0° - 5°	0.035				
Factor Desencadenante	Precipitaciones	MUY ALTA > a 250 mm	0.482	x		
		ALTA (160 mm a 250 mm)	0.270			
		MODERADA (90 a 160 mm)	0.141			
		BAJA (50 mm a 90 mm)	0.068			
		MUY BAJA (< a 50 mm )	0.039			

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en campo de la evolución de factores condicionantes y desencadenantes en la Estación 2. **FUENTE:** Propia (2021).

2° Ahora tenemos que hallar el valor total de los factores condicionantes y desencadenantes. En este caso hallamos el valor total de los Factores Condicionantes, mediante:

$$V.T = VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC$$

**Tabla 23**

**Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes**

<i>Evaluación de Factores Condicionantes</i>									
<i>Descriptor</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>		<i>Geomorfología</i>		<i>Pendientes</i>		<i>Litología</i>		<i>VALOR TOTAL</i>
	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	
<i>TALUD 2</i>	<i>0.057</i>	<i>0.263</i>	<i>0.122</i>	<i>0.262</i>	<i>0.263</i>	<i>0.260</i>	<i>0.558</i>	<i>0.482</i>	<i>0.384</i>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores condicionantes de la Estación 2, donde halla el valor total de los descriptores. **FUENTE:** Propia (2021).

Por otro lado, la evaluación de Factores Desencadenantes es un solo parámetro, por lo que se considera lo que hallamos en campo como valor total.

**Tabla 24**

**Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes**

<i>Evaluación de Factores Desencadenantes</i>		
<i>Descriptor</i>	<i>Precipitaciones Pluviales</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
<i>TALUD 2</i>	MUY ALTA (> a 250 mm)	<b>0.482</b>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores desencadenantes de la Estación 2, donde se considera como valor total a lo encontrado en campo. **FUENTE:** Propia (2021).

3° Luego de haber obtenido los valores totales de ambos factores, hallaremos la susceptibilidad, la cual se considera el peso ponderado para evaluar es de 0.5 para cada factor:

**Tabla 25**

**Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad**

<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>					
<b>FACTORES</b>	<b>Factores Condicionantes</b>		<b>Factores Desencadenantes</b>		<b>VALOR TOTAL</b>
	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	
<b>TALUD 2</b>	0.384	0.5	0.482	0.5	0.433

**NOTA:** Valor total de la Susceptibilidad de cada talud, observando que el valor total de la susceptibilidad en la Estación 2 es de 0.433. **FUENTE:** Propia (2021).

4° Ahora se evaluará el nivel de susceptibilidad mediante la matriz la cual está dividida en rangos.

**Tabla 26**

**Matriz de Susceptibilidad**

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>
<b>Susceptibilidad Muy Alto</b>	0.400 – 500
<b>Susceptibilidad Alto</b>	0.300 – 0.400
<b>Susceptibilidad Medio</b>	0.200 – 0.300
<b>Susceptibilidad Bajo</b>	0.100 – 0.200

**NOTA:** En la tabla se muestra encerrado de color morado el resultado en la matriz, la estación 2 se encuentra con un nivel de susceptibilidad Muy Alto por lo que el rango oscila en 0.400 a 0.500; y en la evaluación de esto obtuvimos como resultado 0.433. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.2.3. Análisis de Laboratorio

#### Ensayo Corte Directo (ASTM D 3080)

La Calicata 2, la cual viene hacer de la Estación N°02, su ángulo de fricción es 20,30 y su cohesión es 0,11 debido a que es un suelo areno arcilloso y sus partículas tienden a juntarse (interacción agua/partícula).

**Tabla 27**

**Resultados del Ensayo Corte Directo**

Muestra	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Angulo de Fricción Interna (φ)	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
C 02	1,840	1,532	20,30	0,11

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de corte directo de las dos calicatas donde se da a conocer la densidad húmeda y seca, el ángulo de fricción interna y la cohesión de las muestras, también se pueden observar en el Anexo N° 13 **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

**Análisis Granulométrico por Tamizado (AASHTO T-27 ASTM D 422)**

La Calicata 2, la cual viene hacer de la Estación N°02, según la Clasificación SUCS es SC que son arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla, también presenta 15,9 % de humedad en la muestra.

**Tabla 28**

**Resultados del Análisis Granulométrico por Tamizado**

Muestra	Peso Total	Peso Gravas	Peso Arena	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	% Humedad
C 02	1562,0	62,5	1499,5	SC	A-4 (1)	15,9

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en laboratorio del análisis granulométrico por tamizado, donde se da a conocer el peso total, peso de gravas y arena, la clasificación SUCS Y AASHTO y el contenido de humedad en cada muestra, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 06. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021)

**Ensayo de Límites de Consistencia (Norma AASHTO T-90-ASTM D 4318)**

En la calicata 02 el L.L es 29,98% y el L.P. es 20.35%, los cuales presentan baja plasticidad.

**Tabla 29**
**Resultado de Límites de Consistencia**

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico
C 02	30,50%	20,66%	9,84%

**NOTA:** En la tabla se observa el resultado de los límites de consistencia tanto líquido como plástico de la calicata N° 02, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 08. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

**Ensayo Peso Unitario Seco (NTP 400-017 / STM C – 29)**

La muestra 2 en la prueba de suelo obtuvo un peso unitario promedio de 1,596 gr/c<sup>3</sup>, y en varillado dio como resultado 1,623 gr/c<sup>3</sup>.

**Tabla 30**
**Resultados del Ensayo de Peso Unitario en Seco**

ENSAYO DE PESO UNITARIO EN SECO							
Ensayo	SUELTO			VARILLADO			
	N°	I	II	III	I	II	III
<b>Peso Unitario</b>		1,465	1,422	1,337	1,597	1,544	1,490
<b>Peso Unitario Prom.</b>		1,408 gr/c <sup>3</sup>			1,544 gr/c <sup>3</sup>		

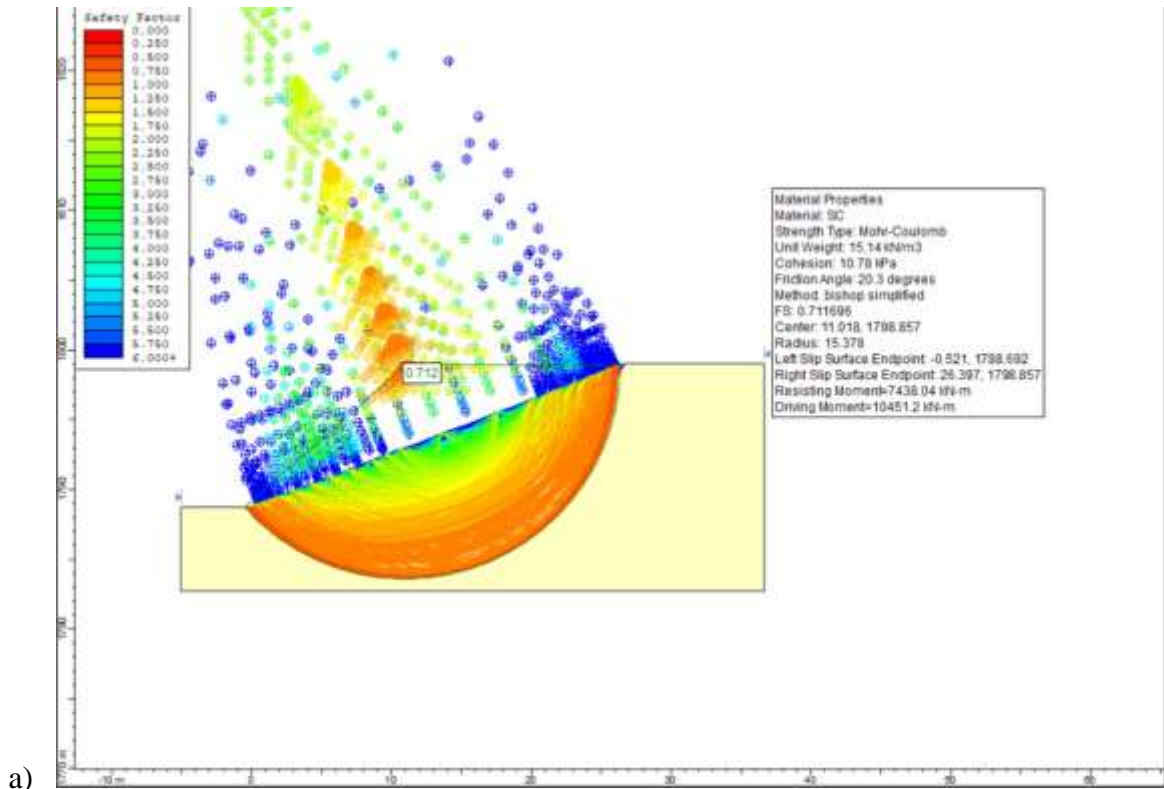
**NOTA:** En la tabla se observa el resultado del peso unitario en seco, llevado a cabo en dos ensayos suelo y varillado, este valor será usado para el software Slide, también se puede observar mejor resultados en el Anexo N° 02. **FUENTE:** Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos (2021).

**3.6.2.4. Análisis Factor de Seguridad**

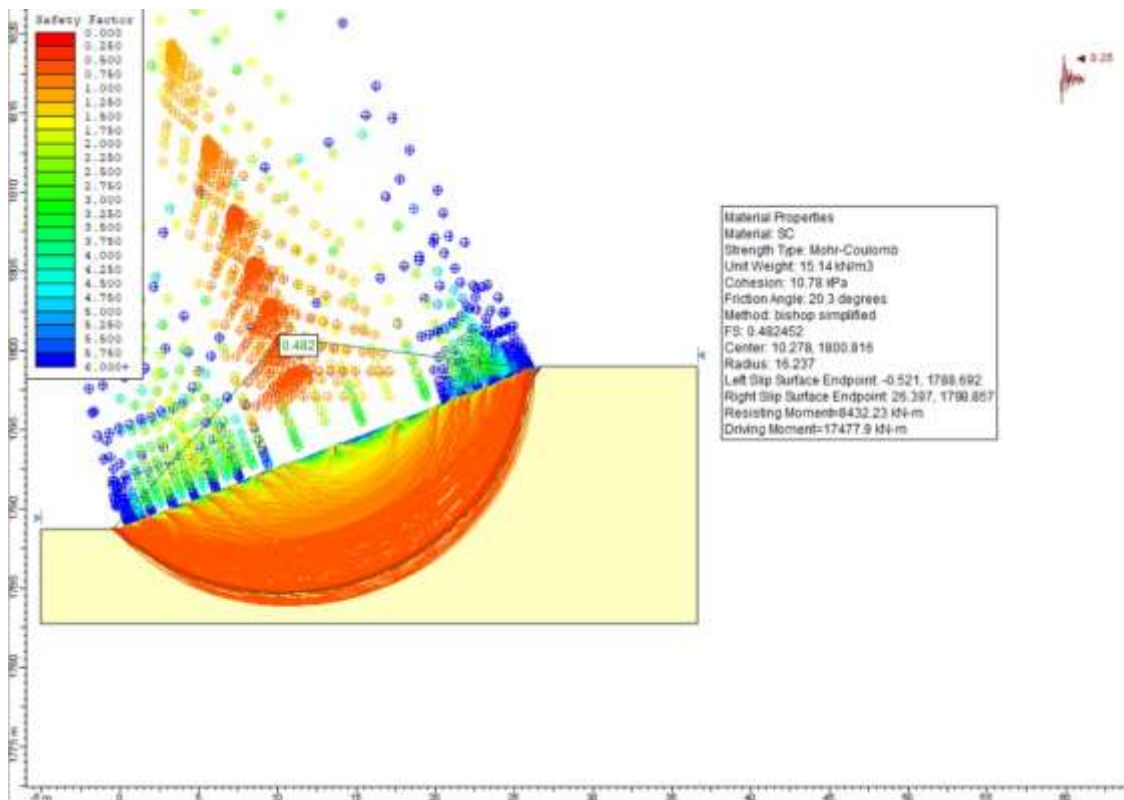
Se analizará mediante el software Slide con los datos obtenidos en laboratorio, cohesión de 0,11 kg/cm<sup>2</sup>, su ángulo de fricción 20,30° y peso unitario 1,408 gr/cc. También se llevó a cabo el diseño con índice de sismicidad que en el departamento de Cajamarca es de 0.25.

**Figura 45**

**Factor de Seguridad del Talud 2**



a)



b)

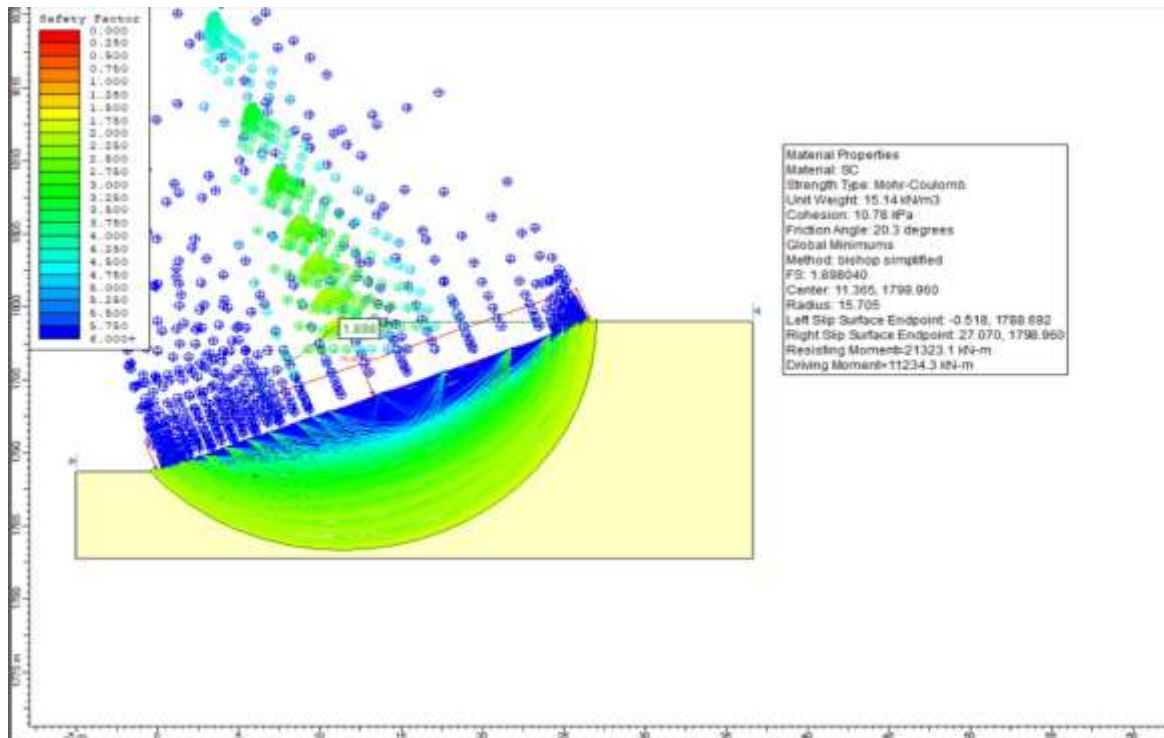
**NOTA:** En la figura **a)** se observa el modelo de talud con un factor de seguridad de 0.712 mediante el Método de Bishop Simplified, en cambio en la figura **b)** se le aplica un índice de sismicidad de 0.25 obteniendo un F.S. de 0.482; por lo que ninguno de los dos modelos es estable ya que el F.S. > 1 según el Manual de Protección de Taludes (Pág. 113). **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.2.5. Diseño de Estación

Considerada de acuerdo a su movimiento de masa como caída de roca meteorizada, por ello es considerada suelo; presenta un ángulo de pendiente  $22^\circ$ , su clasificación SUCS es SC que son arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla y un Factor de Seguridad de 0,712. Debido a la meteorización de las rocas del talud se ha convertido en suelo; por ello se opta modifique la geometría del talud, proponiendo un ángulo de pendiente de  $19^\circ$  e instalar una capa de geomalla uniaxial para ayudar a estabilizar el suelo que se encuentran en toda la pendiente del talud.

Figura 46

#### Resultado de Factor de Seguridad

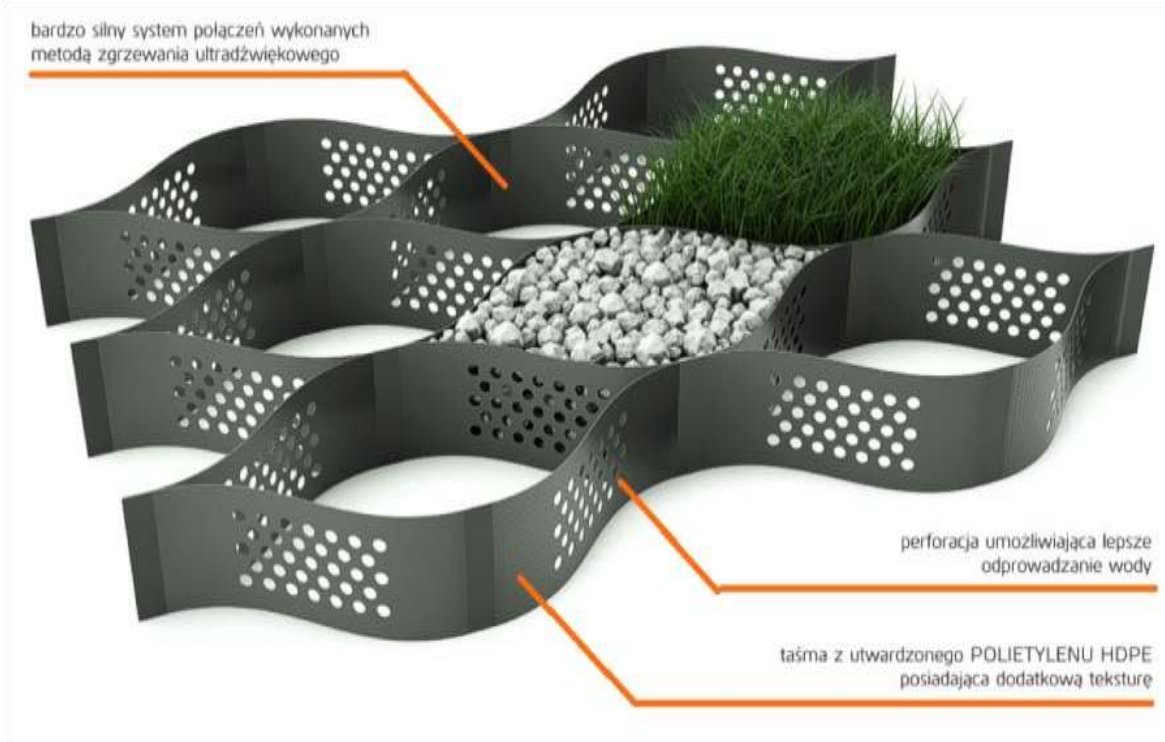


**NOTA:** La figura muestra el resultado aplicado en Talud N°2; se disminuyó el ángulo de pendiente de  $22^\circ$  a  $19^\circ$  obteniendo un F.S. de 1.898. **FUENTE:** Propia (2021).



Figura 47

### Propuesta de Geoceldas



**NOTA:** En la figura se observa un modelo de geo celdas. **FUENTE:** Geo Globe Polska.

### 3.6.3. Estación 3

#### 3.6.3.1. Descripción

Se encuentra ubicado en las coordenadas E:736122, N:9217813, en esta estación se observa dos movimientos de masas como el deslizamiento rotacional y a pocos metros más adelante caída de rocas ambos están controlados por una falla regional con dirección N que también afecta en gran parte a la vía de acceso a los centros poblados, y por otra parte es la presencia de la quebrada Lajos la que divide ambos movimientos de masa. Esta zona se considera con un alto nivel de riesgo ya que en épocas de invierno y de muchas precipitaciones afectan al deslizamiento rotacional que a medida que pasa el tiempo se sigue deslizando, últimamente debido a la caída de rocas están rompieron parte de la pista, y un poste de luz.

**Figura 48**

**Foto Panorámica Estación 3**



**NOTA:** La flecha de color naranja muestra el movimiento de masa de caída de rocas, las flechas amarillas indican el deslizamiento rotacional y la flecha celeste que las divide es la quebrada Lajos.

**FUENTE:** Propia (2021)

**Figura 49**

**Consecuencia de la Falla Regional**

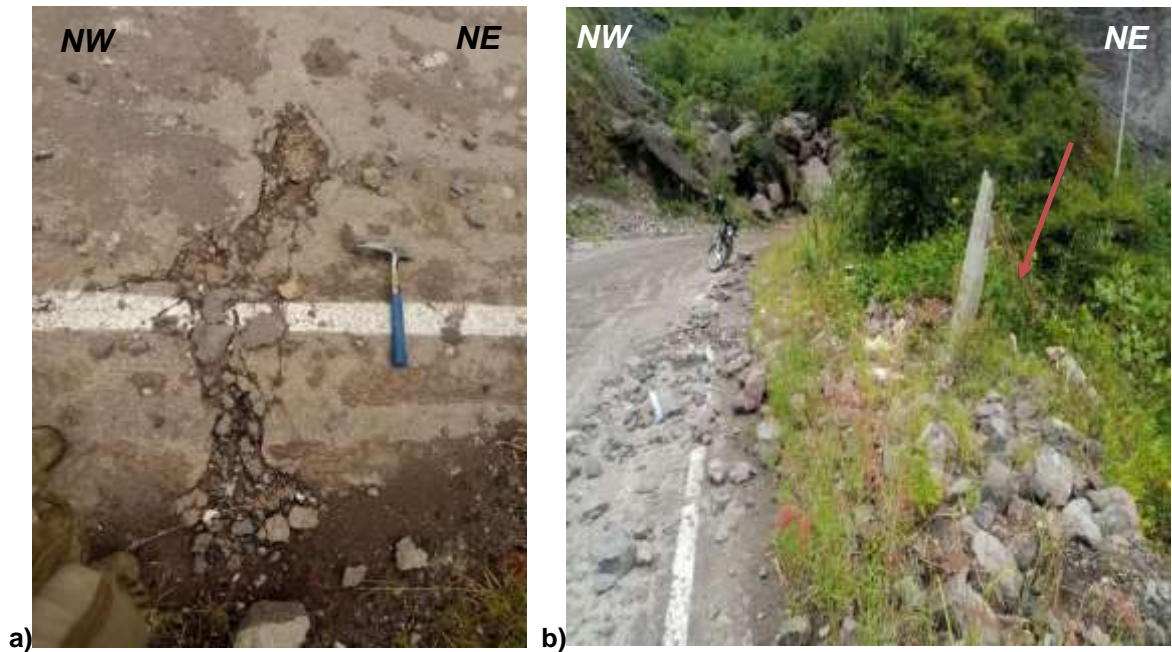


**NOTA:** Se observa la consecuencia de la falla regional donde destruyo parte de la pista y la cuneta.

**FUENTE:** Propia (2021)

Figura 50

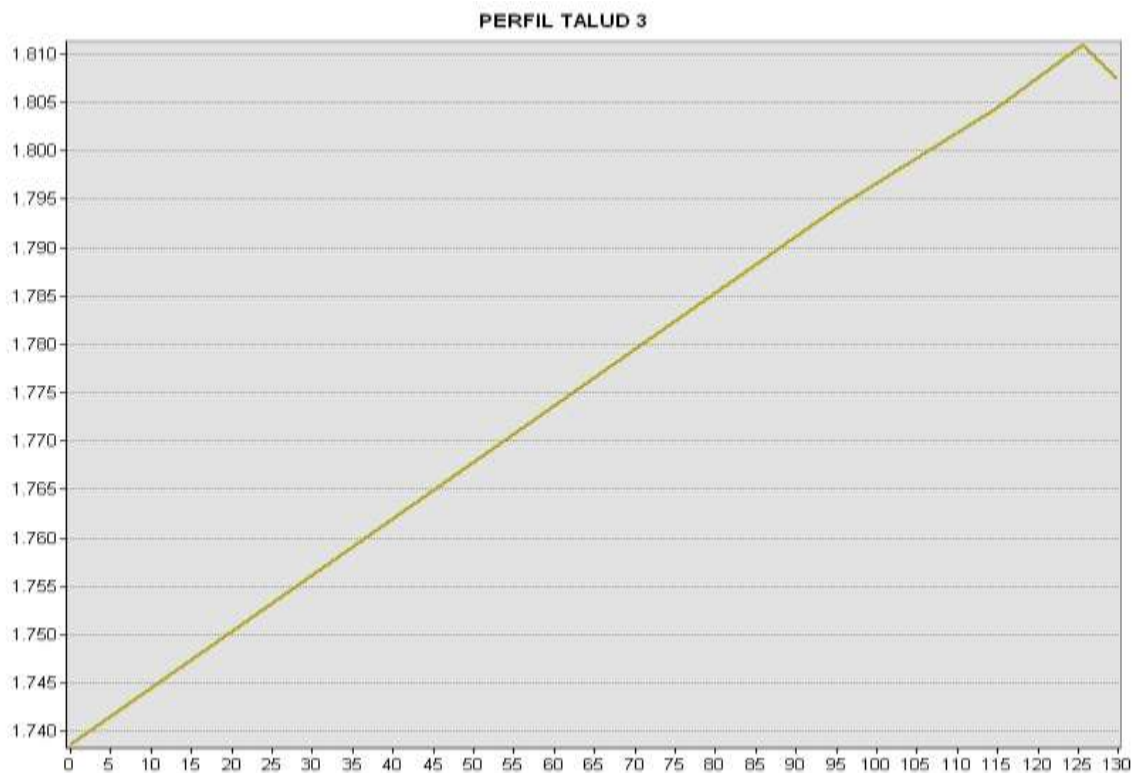
**Producto de la Caídas de Rocas**



**NOTA:** a) Se observa como huecos en la pista que son un peligro latente para los conductores b) Se muestra como un poste de luz debido a la caída de rocas grandes ha sido partido, y lo que ha ocasionado es que no haya luz en el caserío de Jancos. **FUENTE:** Propia (2021).

Figura 51

**Perfil de Talud 3**



**NOTA:** En la figura se muestra el perfil del talud 3, el cual tiene una altura de 70 m y profundidad de 130 m, se obtuvo en el Software ArcGis. **FUENTE:** Propia (2021).


### 3.6.3.2. Análisis de susceptibilidad

Mediante el Instrumento de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes se obtuvo los valores que presenta la estación 3 en campo, por lo que se describirá los pasos para encontrar el valor de susceptibilidad de la estación.

1° Se obtuvo los valores de la estación 3 en el instrumento de Observación.

**Tabla 31**

#### *Resultados del Instrumento de Observación de la Estación 3*

TITULO DEL PROYECTO		“Análisis y Determinación De Zonas Susceptibles Para Mitigar Los Efectos De Movimientos En Masa, Caserío Jancos, Provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021”				
UBICACIÓN		Departamento	Cajamarca	Provincia	San Pablo	Distrito: San Luis
EST.	03	Este	736122	Norte	9217813	Cota: 2 684 m.s.n.m.
Factores	Parámetros	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía	
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	Matorral arbustivo	0.558	x		
		Agricultura costera y andina	0.263			
		Plantación Forestal	0.122			
		Bosque seco de montaña	0.057			
		Escarpes	0.592	x		
	Geomorfología	Colina Volcánica	0.262			
		Pie de monte	0.101			
		Llanura	0.045			
		Depósitos Cuaternario	0.444			
		Lutitas / Limoarcilla	0.252			
	Litología	Brechas - Tobas andesítica	0.148	x		
		Calizas Margosas/ Lutitas	0.083			
		Arenisca	0.047			
		Caliza Masiva	0.027			
	Pendientes	> 45°	0.503			
25° - 45°		0.260	x			
10° - 25°		0.134				
		5° - 10°	0.068			

<b>Factor Desencadenante</b>	<b>Precipitaciones</b>	0° - 5°	0.035	
		MUY ALTA (> a 250 mm)	0.482	x
		ALTA (160 mm a 250 mm)	0.270	
		MODERADA (90 a 160 mm)	0.141	
		BAJA (50 mm a 90 mm)	0.068	
		MUY BAJA (< a 50 mm)	0.039	

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en campo de la evolución de factores condicionantes y desencadenantes en la Estación N° 03; obteniendo que en todos los descriptores presenta el mayor valor. **FUENTE:** Propia (2021).

2° Ahora tenemos que hallar el valor total de los factores condicionantes y desencadenantes. En este caso hallamos el valor total de los Factores Condicionantes, mediante:

$$V.T = VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC$$

**Tabla 32**

**Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes**

<i>Evaluación de Factores Condicionantes</i>									
<i>Descriptores</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>		<i>Geomorfología</i>		<i>Pendientes</i>		<i>Litología</i>		<i>VALOR TOTAL</i>
	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	
<i>TALUD 3</i>	<i>0.057</i>	<i>0.558</i>	<i>0.122</i>	<i>0.592</i>	<i>0.263</i>	<i>0.260</i>	<i>0.558</i>	<i>0.148</i>	<i>0.255</i>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores condicionantes de la Estación N°03, donde halla el valor total de los descriptores. **FUENTE:** Propia (2021).

Por otro lado, la evaluación de Factores Desencadenantes es un solo parámetro, por lo que se considera lo que hallamos en campo como valor total.

**Tabla 33**

**Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes**

<i>Evaluación de Factores Desencadenantes</i>		
<i>Descriptores</i>	<i>Precipitaciones Pluviales</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
<i>TALUD 3</i>	<i>MUY ALTA (&gt; a 250 mm)</i>	<i>0.482</i>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores desencadenantes de la Estación N°03, donde se considera como valor total a lo encontrado en campo. **FUENTE:** Propia (2021).

3° Luego de haber obtenido los valores totales de ambos factores, hallaremos la susceptibilidad, la cual se considera el peso ponderado para evaluar es de 0.5 para cada factor

**Tabla 34**

**Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad**

<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>					
<b>FACTORES</b>	<b>Factores Condicionantes</b>		<b>Factores Desencadenantes</b>		<b>VALOR TOTAL</b>
	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	
<b>TALUD 3</b>	0.255	<b>0.5</b>	0.482	<b>0.5</b>	0.369

**NOTA:** Valor total de la Susceptibilidad de cada talud, observando que el valor total de la susceptibilidad en la Estación N°03 es de 0.369. **FUENTE:** Propia (2021).

4° Ahora se evaluará el nivel de susceptibilidad mediante la matriz la cual está dividida en rangos.

**Tabla 35**

**Matriz de Susceptibilidad**

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>
<b>Susceptibilidad Muy Alto</b>	0.400 – 500
<b>Susceptibilidad Alto</b>	0.300 – 0.400
<b>Susceptibilidad Medio</b>	0.200 – 0.300
<b>Susceptibilidad Bajo</b>	0.100 – 0.200

**NOTA:** En la tabla se muestra encerrado de color rojo el resultado en la matriz, la Estación N°03 se encuentra con un nivel de susceptibilidad Alto por lo que el rango oscila en 0.400 a 0.500; y en la evaluación de esto obtuvimos como resultado 0.369. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.3.3. Etapa de laboratorio

#### Ensayo de Corte Directo

**Tabla 36**
**Resultados del Corte Directo en Roca**

Código de Muestra	Día. “D” (mm)	Tipo de Discont.	Fuerza Normal	Fuerza de Corte	Fuerza Normal	Fuerza de Corte	ISRM Suggested Method	
							Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
M-1	54.72	Natural (a = 36°)	1.00	1.39	336.05	468.02	0.18	41.26
			2.00	2.27	672.10	764.42		
			3.00	3.17	1008.16	1066.06		
			4.00	4.02	1344.21	1350.22		
			5.00	4.79	1680.26	1610.60		

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos mediante el ensayo de corte directo según la norma ASTM e ISRM que indica que el análisis de la muestra debe ser de diámetro mayor a 54mm aplicando fuerza de corte en KN. **FUENTE:** GEOMECC - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones.

**Tabla 37**
**Resultados del Corte Directo en Roca**

Código de Muestra	Día. “D” (mm)	Tipo de Discont.	Fuerza Normal (kN)	UPPER		S.R. Richards	L.R. UPPER
				Fuerza Normal (kPa)	Fuerza de Corte (kPa)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
M - 1	54.72	Natural (a = 36°)	1.00	368.65	500.84	0.17	41.23
			2.00	781.69	821.48		
			3.00	1172.96	1211.91		
			4.00	1551.17	1558.11		
			5.00	1932.11	1840.11		

**NOTA:** Se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo mediante la aplicación del método de Hencher y Richards, 1989 en discontinuidad natural en donde la muestra es sometida a una fuerza de corte normal en KPa. **FUENTE:** GEOMECC - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones.

## Ensayo de Peso Unitario

**Tabla 38**
**Resultados de Peso Unitario de la Roca**

Código de Muestra	Día. "D" (mm)	Altura "h" (cm)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso Específico Aparente (kN/m <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad (%)	Porosidad Aparente (%)
M – 1	4.76	1.93	2.63	2.65	26.01	0.86	2.31
	4.76	2.00	2.66	2.68	26.31	0.97	2.65
	4.76	1.91	2.69	2.71	26.60	0.89	2.45
<b>Promedio</b>			2.66	2.68	26.30	0.91	2.47

**NOTA:** En la tabla se muestran los resultados de propiedades físicas obtenidos en laboratorio en donde la muestra tiene un diámetro de 4cm, y un peso específico de 26.30 medida necesaria para obtener los resultados adecuados para luego ser procesados en el software Slide. **FUENTE:** GEOMECH - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones.

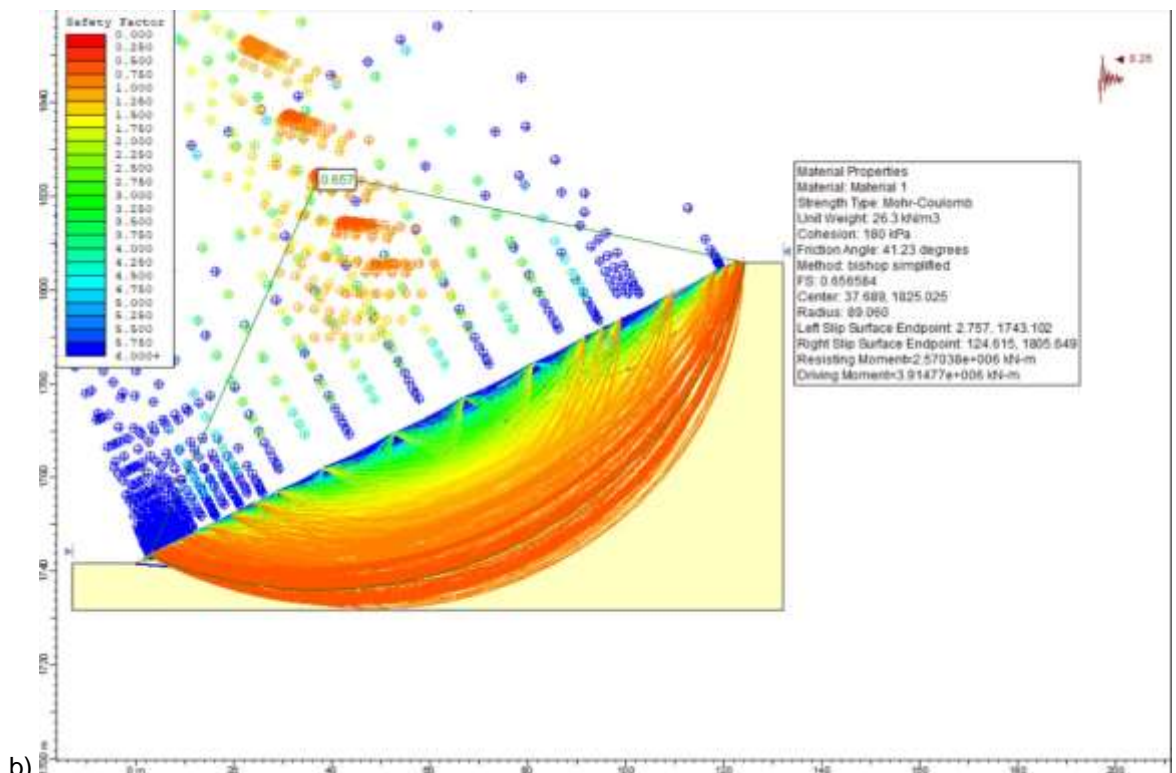
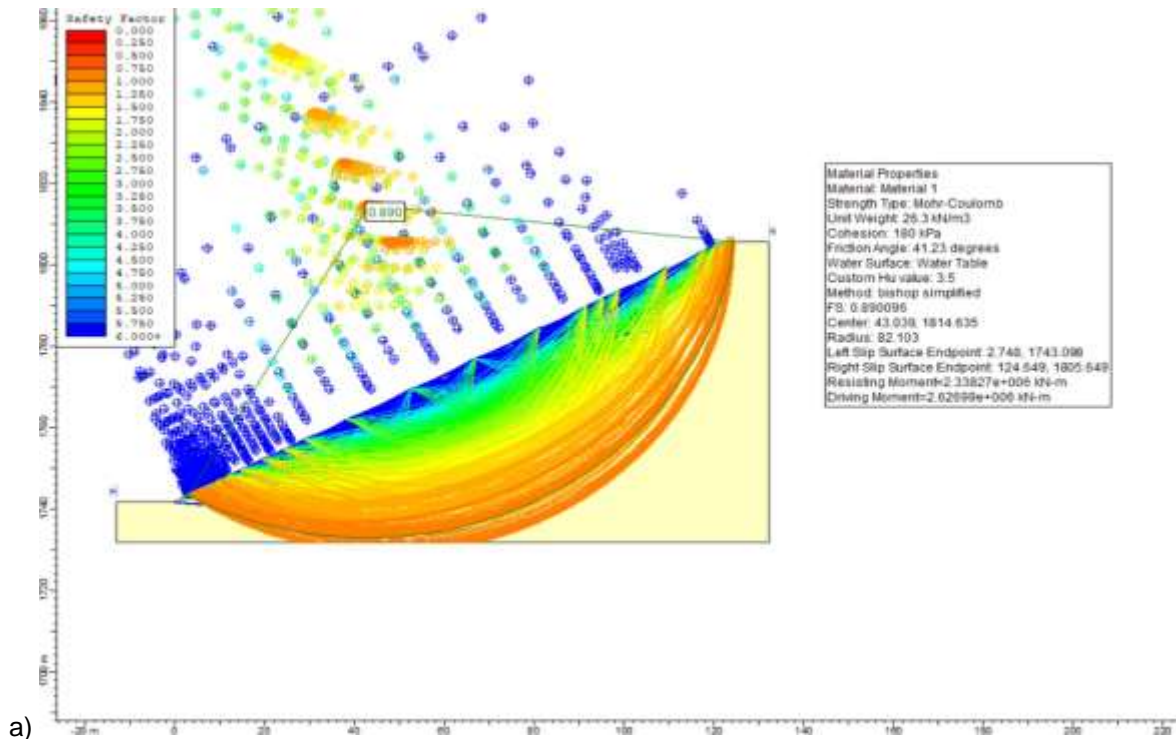
### 3.6.3.4. Factor de Seguridad

Se analizará mediante el software Slide con los datos obtenidos en laboratorio, cohesión de 0,18 kg/cm<sup>2</sup>, su ángulo de fricción 41,26° y peso unitario 26,30 gr/cc. También se llevó a cabo el diseño con índice de sismicidad que en el departamento de Cajamarca es de 0.25.



Figura 52

**Factor de Seguridad del Talud 3**



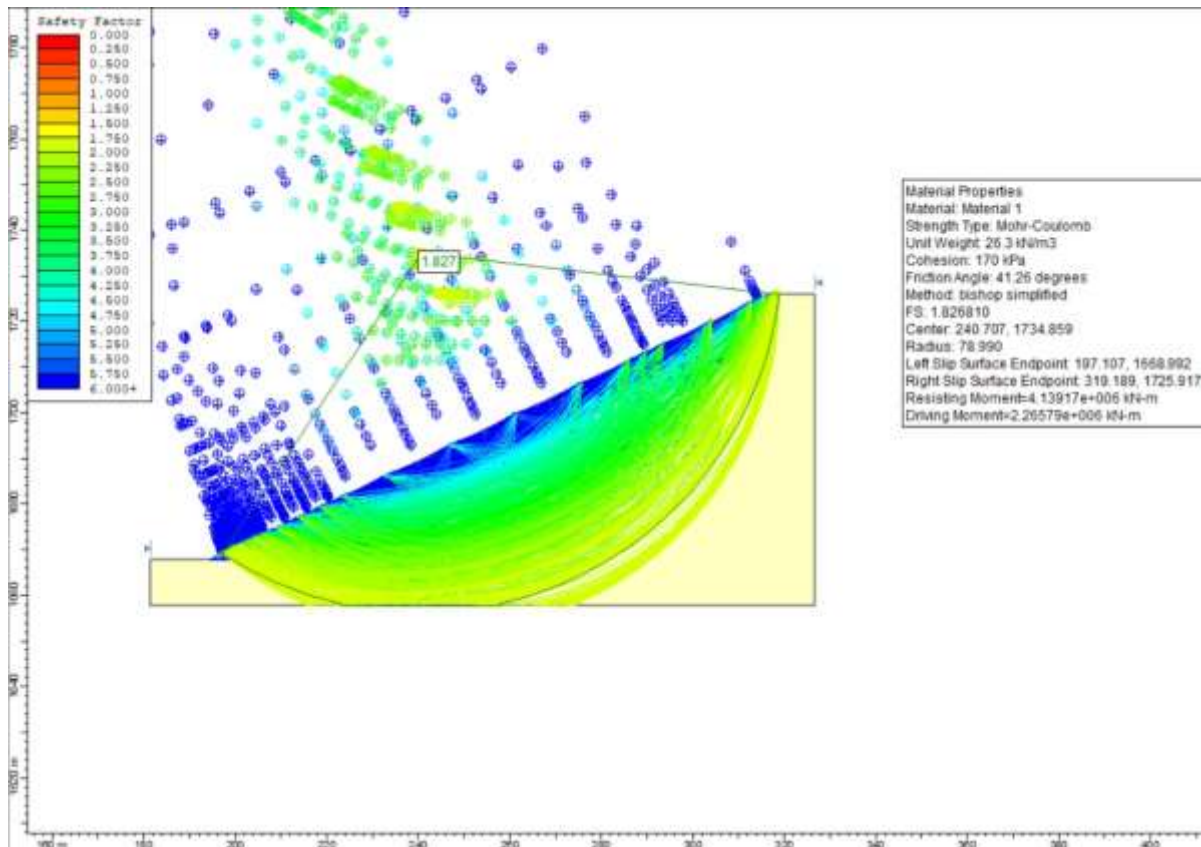
**NOTA:** En la figura **a** se observa el modelo de talud con un factor de seguridad de 0.846689 mediante el Método de Bishop Simplified, en cambio en la figura **b** se le aplica un índice de sismicidad de 0.25 obteniendo un F.S. de 0.483; por lo que ninguno de los dos modelos es estable ya que el  $F.S. > 1$  según el Manual de Protección de Taludes (Pág. 113). **FUENTE:** Propia (2021)

### 3.6.3.5. Diseño de Estación

Se ha considerado que existe un gran problema con la caída de rocas y en ocasiones flujos de detritos en épocas de invierno, para este talud, también presenta un deslizamiento rotacional, por ello es considerada suelo; presenta un ángulo de pendiente  $28^\circ$  y un Factor de Seguridad de 0,890. Se propone disminuir el ángulo de pendiente a  $25^\circ$  por lo que se tiene una roca competente, pero está cubierta por vegetación y rocas sueltas, de esta manera se logrará un factor de seguridad adecuado de 1.827 y por lo cual será una manera fácil y poco costosa para realizar.

Figura 53

#### Resultado de Factor de Seguridad



**NOTA:** La figura muestra el resultado aplicado en Talud N°03; se disminuyó el ángulo de pendiente de  $28^\circ$  a  $25^\circ$  obteniendo un F.S. de 1.827. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.4. Estación 4

#### 3.6.4.1. Descripción

Se encuentra ubicado en las coordenadas E:735886, N:9218985 en la última estación se produce la caída de suelo, con una altura de 20 m aproximadamente es un talud de 50m de longitud de ancho que en tiempo de lluvias entre (Noviembre – Abril) se manifiestan caídas de rocas en gran cantidad; ya que, en la pendiente pueden llegar

#### **Figura 54**

#### **Foto Panorámica Estación 4**



**NOTA:** Deslizamiento de roca y suelo a la vía de acceso al caserío de Jancos. **FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 55**

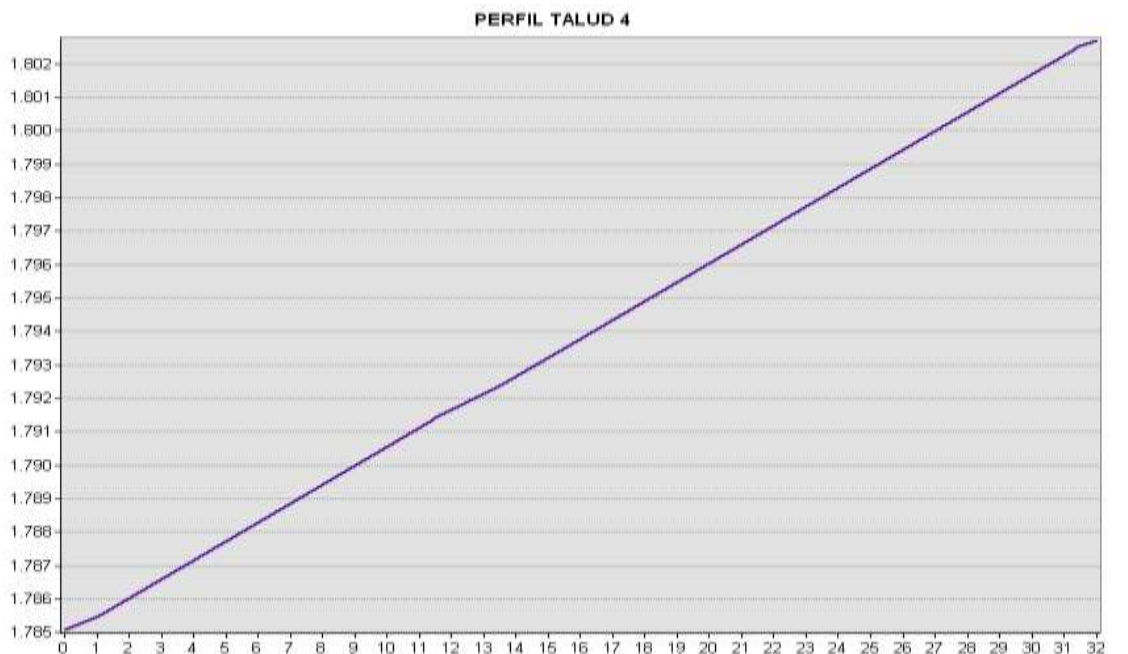
**Caída de Rocas**



**a)** Se observa una caída de rocas de gran tamaño en la carretera principal **b)** Se muestra la caída de rocas que ha ocupado un carril de la pista que son un peligro latente para los conductores.  
**FUENTE:** Propia (2021).

**Figura 56**

**Perfil de Talud 4**



**NOTA:** En la figura se muestra el perfil del talud 4, el cual tiene una altura de 17 m y profundidad de 32 m, se obtuvo en el Software ArcGis. **FUENTE:** Propia (2021).


### 3.6.4.2. Análisis de susceptibilidad

Mediante el Instrumento de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes se obtuvo los valores que presenta la estación 4 en campo, por lo que se describirá los pasos para encontrar el valor de susceptibilidad de la estación.

1° Se obtuvo los valores de la estación 4 en el instrumento de Observación.

**Tabla 39**

#### *Instrumento de Evaluación Estación 4*

TITULO DEL PROYECTO			<i>“Análisis y Determinación De Zonas Susceptibles Para Mitigar Los Efectos De Movimientos En Masa, Caserío Jancos, Provincia San Pablo, Región Cajamarca, 2021”</i>			
UBICACIÓN		Departamento	Cajamarca	Provincia	San Pablo	Distrito: San Luis
EST.	04	Este	735886	Norte	9218985	Cota: 2 985 m.s.n.m.
Factores	Parámetro	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía	
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	<i>Matorral arbustivo</i>	<b>0.558</b>			
		<i>Agricultura costera y andina</i>	<b>0.263</b>	x		
		<i>Plantación Forestal</i>	<b>0.122</b>			
		<i>Bosque seco de montaña</i>	<b>0.057</b>			
	Geomorfología	<i>Escarpes</i>	<b>0.592</b>			
		<i>Colina Volcánica</i>	<b>0.262</b>	x		
		<i>Pie de monte</i>	<b>0.101</b>			
		<i>Llanura</i>	<b>0.045</b>			
		<i>Depósitos Cuaternario</i>	<b>0.444</b>			
	Litología	<i>Lutitas / Limoarcilla</i>	<b>0.252</b>			
		<i>Brechas - Tobas andesítica</i>	<b>0.148</b>	x		
		<i>Calizas Margosas/ Lutitas</i>	<b>0.083</b>			
		<i>Arenisca</i>	<b>0.047</b>			
		<i>Caliza Masiva</i>	<b>0.027</b>			
	Pendientes	> 45°	<b>0.503</b>			
		25° - 45°	<b>0.260</b>	x		
10° - 25°		<b>0.134</b>				
5° - 10°		<b>0.068</b>				
	0° - 5°	<b>0.035</b>				

<b>Factor Desencadenante</b>	<b>Precipitaciones</b>	MUY ALTA (> a 250 mm)	<b>0.482</b>	<i>x</i>
		ALTA (160 mm a 250 mm)	<b>0.270</b>	
		MODERADA (90 a 160 mm)	<b>0.141</b>	
		BAJA (50 mm a 90 mm)	<b>0.068</b>	
		MUY BAJA (< a 50 mm)	<b>0.039</b>	

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos en campo de la evolución de factores condicionantes y desencadenantes en la Estación N°04; obteniendo que en todos los descriptores presenta el mayor valor. **FUENTE:** Propia (2021).

2° Ahora tenemos que hallar el valor total de los factores condicionantes y desencadenantes. En este caso hallamos el valor total de los Factores Condicionantes, mediante:

$$V.T = VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC + VCE * VC$$

**Tabla 40**

**Resultado de Evaluación de Factores Condicionantes**

<i>Evaluación de Factores Condicionantes</i>									
<i>Descriptores</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>		<i>Geomorfología</i>		<i>Pendientes</i>		<i>Litología</i>		<i>VALOR TOTAL</i>
	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	<i>VCE</i>	<i>VC</i>	
<b>TALUD 4</b>	<b>0.057</b>	<b>0.263</b>	<b>0.122</b>	<b>0.262</b>	<b>0.263</b>	<b>0.260</b>	<b>0.558</b>	<b>0.148</b>	<b>0.198</b>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores condicionantes de la Estación N°04, donde halla el valor total de los descriptores. **FUENTE:** Propia (2021).

Por otro lado, la evaluación de Factores Desencadenantes es un solo parámetro, por lo que se considera lo que hallamos en campo como valor total.

**Tabla 41**

**Resultado de Evaluación de Factores Desencadenantes**

<i>Evaluación de Factores Desencadenantes</i>		
<i>Descriptores</i>	<i>Precipitaciones Pluviales</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
<b>TALUD 4</b>	MUY ALTA (> a 250 mm)	<b>0.482</b>

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados de la evaluación de los factores desencadenantes de la Estación N°04, donde se considera como valor total a lo encontrado en campo. **FUENTE:** Propia (2021).

3° Luego de haber obtenido los valores totales de ambos factores, hallaremos la susceptibilidad, la cual se considera el peso ponderado para evaluar es de 0.5 para cada factor:

**Tabla 42**

**Resultado de la Evaluación de la Susceptibilidad**

<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>					
<b>FACTORES</b>	<b>Factores Condicionantes</b>		<b>Factores Desencadenantes</b>		<b>VALOR TOTAL</b>
	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PESO</b>	
<b>TALUD 4</b>	0.198	0.5	0.482	0.5	0.340

**NOTA:** Valor total de la Susceptibilidad de cada talud, observando que el valor total de la susceptibilidad en la Estación N°04 es de 0.340. **FUENTE:** Propia (2021).

4° Ahora se evaluará el nivel de susceptibilidad mediante la matriz la cual está dividida en rangos.

**Tabla 43**

**Matriz de Susceptibilidad**

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>
<b>Susceptibilidad Muy Alto</b>	0.400 – 500
<b>Susceptibilidad Alto</b>	0.300 – 0.400
<b>Susceptibilidad Medio</b>	0.200 – 0.300
<b>Susceptibilidad Bajo</b>	0.100 – 0.200

**NOTA:** En la tabla se muestra encerrado de color naranja el resultado en la matriz, la Estación N°04 se encuentra con un nivel de susceptibilidad Alto por lo que el rango oscila en 0.300 a 0.400; y en la evaluación de esto obtuvimos como resultado 0.340. **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.4.3. Etapa de Laboratorio

#### Corte Directo en Roca

**Tabla 44**

#### *Resultados del Corte Directo en Roca*

Código de Muestra	Día. “D” (mm)	Tipo de Discont.	Fuerza Normal	Fuerza de Corte	Fuerza Normal	Fuerza de Corte	ISRM Suggested Method	
							Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
M-2	54.72	Natural (a = 36°)	1.00	1.39	336.05	468.02	0.18	41.26
			2.00	2.27	672.10	764.42		
			3.00	3.17	1008.16	1066.06		
			4.00	4.02	1344.21	1350.22		
			5.00	4.79	1680.26	1610.60		

**NOTA:** En la tabla se muestra los resultados obtenidos mediante el ensayo de corte directo según la norma ASTM e ISRM que indica que el análisis de la muestra debe ser de diámetro mayor a 54mm aplicando fuerza de corte en KN. **FUENTE:** GEOMECC - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

**Tabla 45**

#### *Resultados del Corte Directo en Roca*

Código de Muestra	Día. “D” (mm)	Tipo de Discont.	Fuerza Normal (kN)	UPPER		S.R. Richards	Hencher	L.R. UPPER
				Fuerza Normal (kPa)	Fuerza de Corte (kPa)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual(°)	
M – 2	54.72	Natural (a = 36°)	1.00	368.65	500.84	0.17	41.23	
			2.00	781.69	821.48			
			3.00	1172.96	1211.91			
			4.00	1551.17	1558.11			
			5.00	1932.11	1840.11			

**NOTA:** Se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo mediante la aplicación del método de Hencher y Richards, 1989 en discontinuidad natural en donde la muestra es sometida a una fuerza de corte normal en KPa. **FUENTE:** GEOMECC - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones



## Ensayo de Peso Unitario

Tabla 46

### Resultados de Peso Unitario de la Roca

Código de Muestra	Día. "D" (mm)	Altura "h" (cm)	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso Específico Aparente (kN/m <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad (%)	Porosidad Aparente (%)
M - 2	4.76	1.93	2.63	2.65	26.01	0.86	2.31
	4.76	2.00	2.66	2.68	26.31	0.97	2.65
	4.76	1.91	2.69	2.71	26.60	0.89	2.45
<b>Promedio</b>			2.66	2.68	26.30	0.91	2.47

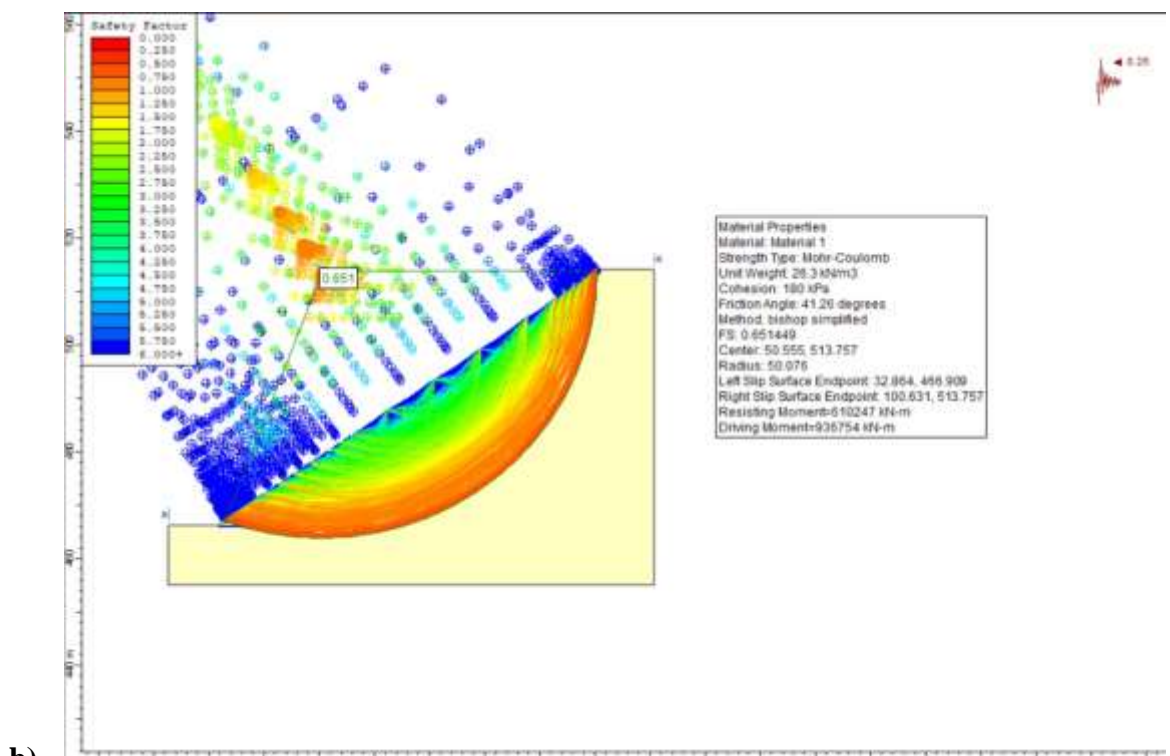
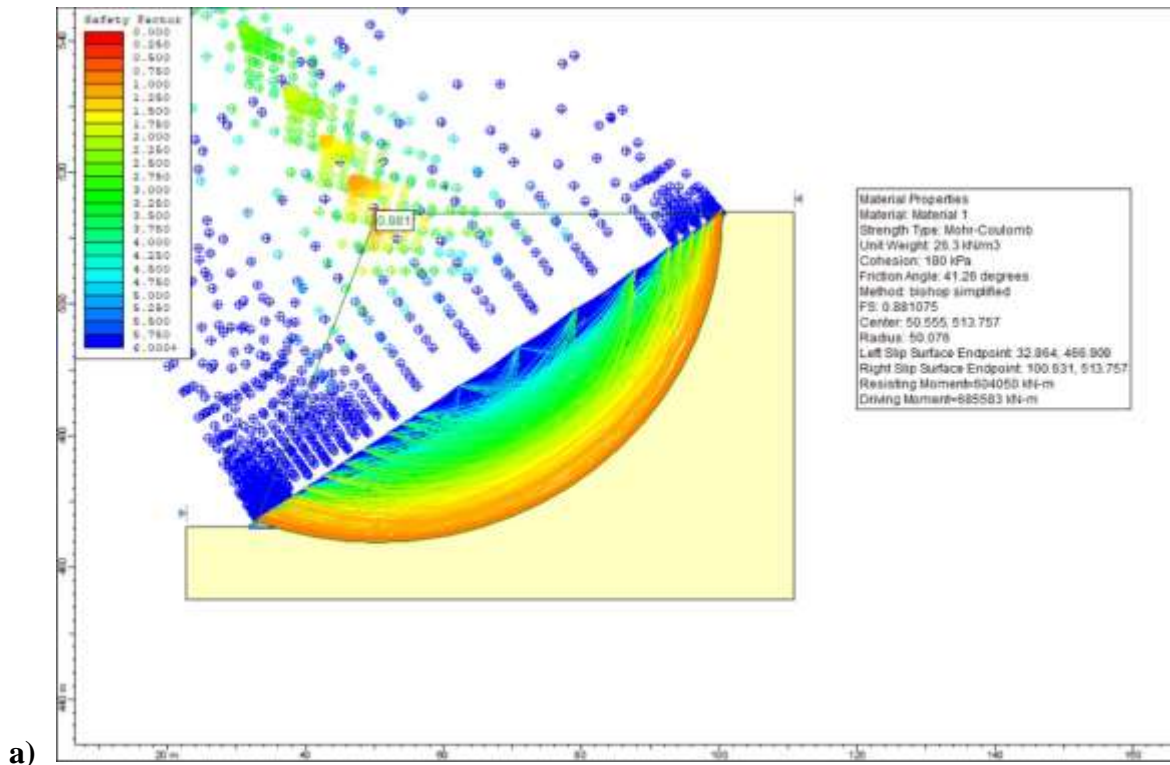
**NOTA:** En la tabla se muestran los resultados de propiedades físicas obtenidos en laboratorio en donde la muestra tiene un diámetro de 4cm, y un peso específico de 26.30 medida necesaria para obtener los resultados adecuados para luego ser procesados en el software Slide. **FUENTE:** GEOMECH - Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones.

#### 3.6.4.4. Factor de Seguridad

Se analizará mediante el software Slide con los datos obtenidos en laboratorio, cohesión de 0,17 kg/cm<sup>2</sup>, su ángulo de fricción 41,23° y peso unitario 26,30 gr/cc. También se llevó a cabo el diseño con índice de sismicidad que en el departamento de Cajamarca es de 0.25.

Figura 57

**Factor de Seguridad Talud 4**



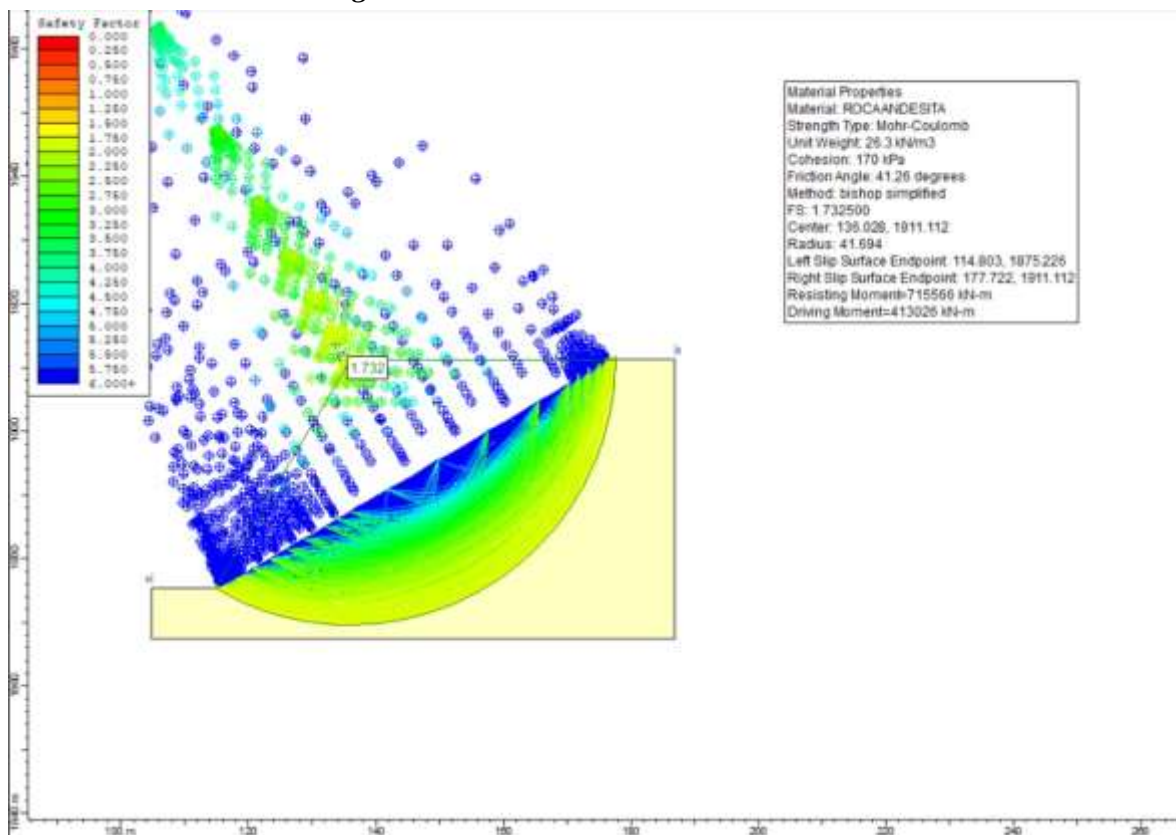
**NOTA:** En la figura **a** se observa el modelo de talud con un factor de seguridad de 0.724795 mediante el Método de Bishop Simplified, en cambio en la figura **b** se le aplica un índice de sismicidad de 0.25 obteniendo un F.S. de 0.459; por lo que ninguno de los dos modelos es estable ya que el F.S. > 1 según el Manual de Protección de Taludes (Pág. 113). **FUENTE:** Propia (2021).

### 3.6.4.5. Diseño de estación

En esta estación existe la problemática de caída de rocas con mucha frecuencia y más en épocas de invierno acompañada de suelo y lodo debido a que existe poca cobertura vegetal y su pendiente del talud es muy inclinada, para este talud se propone modificar el ángulo de talud a  $30^\circ$  al ser un talud mediano esto influirá a que exista un factor de seguridad y adecuado de la zona de 1.732.

Figura 58

#### Resultado de Factor de Seguridad



**NOTA:** La figura muestra el resultado aplicado en Talud N°04; se disminuyó el ángulo de pendiente de  $35^\circ$  a  $30^\circ$  obteniendo un F.S. de 1.732. **FUENTE:** Propia (2021).

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

El desarrollo de la investigación plasma la problemática que existe en la zona de estudio por constantes movimientos de masa, a lo que lleva poder deducir e indicar que los produce, es pues de esta manera que a partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis general que establece que, al analizar y determinar las zonas susceptibles se podrá mitigar los movimientos en masa en los taludes de la zona, teniendo en cuenta los diferentes análisis geológicos, geodinámicos, análisis de laboratorio de roca, suelo y que al aplicar el protocolo de CENEPRED nos mostrará un índice de alta peligrosidad por ello se propondrá un diseño de drenajes, modelamiento de talud y geomallas.

Se llegó a delimitar las zonas susceptibles mediante el mapeo geológico, y diferentes técnicas de investigación como el reconocimiento de las estructuras de la zona, su geomorfología, la geodinámica externa que predomina e hidrología, esto aporta a realizar el método de Proceso de Análisis Jerárquico para obtener parámetros de evaluación como la vegetación, pendientes, geomorfología, litologías y precipitaciones que son considerados factores condicionante y desencadenante que se encuentran en la zona. De esta manera podemos hallar la susceptibilidad y con la ayuda de las herramientas SIG al combinar cada mapa de los factores se obtiene el mapa de susceptibilidad identificando las zonas que presenta un peligro geológico.

Para dar un contraste más exacto de los resultados obtenido anteriormente se analizó muestras de roca y suelo para obtener las propiedades físicas y mecánicas de estas como la cohesión, el ángulo de fricción y peso unitario de esta manera se adquirió valores exactos de las estaciones las cuales nos sirvieron para modelar los taludes y

expresar su estabilidad mediante el factor de seguridad por el software Slide. De esta manera, proponemos tres métodos para lograr mitigar los movimientos en masa, el ángulo del talud es uno de lo más factores que ocasionan estos, por ello se opta por modificar la geometría del talud disminuyendo el ángulo de pendiente para obtener un factor de seguridad mayor que 1; para reforzar este factor se propone colocar geomallas o geoceldas, ambas ayudan con la estabilidad del talud y aportan con el medio ambiente, por ultimo debido a la épocas de invierno donde las precipitaciones son uno de los factores que desencadenan estos movimientos en masa se plantea un diseño de drenajes en la parte superior de los taludes, evitando peligros para la población como para los transportistas.

Estos resultados guardan relación con Ramos (2018), Guataquira (2018) y Sosa (2016), quienes mediante la observación y cartografiado de las zonas, identifican que la ubicación geográfica, condiciones geológicas, su geomorfología del talud y las constantes precipitaciones en el tiempo de invierno, son los factores que desencadenan la susceptibilidad y los movimientos de masa. También los autores Ramos (2018), Guataquira (2018), Zamalloa y Medina (2019) y Sosa (2016); concluyen que las herramientas del SIG permiten obtener datos de geografía espacial, los cuales son procesados para obtener el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa identificando las áreas más susceptibles de la zona.

Por otro lado, el estudio guarda relación con Zamalloa y Medina (2019) quienes optan por realizar un estudio geotécnico de la zona mediante calicatas para determinar las propiedades físicas y mecanizas del suelo y roca. Esto es de acorde con lo que en el estudio se halla. Así mismo, Carrillo (2015) opta por trabajar con el

Manual de CENEPRED mediante el método de Procesos de Análisis Jerárquico a fin de poder delimitar zonas propensas ante la ocurrencia de un movimiento de masa, identificando los factores condicionantes y desencadenantes. Contrariamente Sosa (2016), solucionó su problema por el método del Análisis Estadístico Bivariante; el que presenta una metodología diferente, pero llega a evaluar la susceptibilidad de la zona mediante factores condicionante de la zona de estudio. Pero en lo que no concuerda el estudio de Guataquira (2018), referidos con la presente investigación, es que determinó la capacidad de retención de agua por parte del suelo, mediante la aplicación del Índice Topográfico de Humedad, los que genera los flujos de tierra en las laderas más críticas.

Las únicas limitantes que se tuvo para el desarrollo de la investigación es que fue trabajada durante los meses de invierno por lo que las lluvias fueron constantes y se produjo un huayco que fue una dificultad para el acceso al talud 1, llegando a postergar las salidas hasta que las precipitaciones sean menores o escasas. Por otro lado, se tuvo que en la ciudad de Cajamarca no realizan el ensayo de Corte Directo en Roca, debido a esto se tuvo que enviar a la ciudad de Lima para su respectivo estudio.

Se recomienda para trabajos posteriores realizar una evaluación de vulnerabilidad, esto ayudará a ver el riesgo que tiene el caserío de Jancos y sus anexos. Se recomienda a las entidades públicas que al ejercer esta metodología de mitigación de movimientos se tenga en cuenta que esta investigación abarca una pequeña parte de los deslizamientos en la provincia de San Pablo, por lo que se recomienda realizar más investigaciones con el fin de mitigar todo o gran porcentaje de los movimientos

en masa que perjudican a la población, con el fin de que las familia y pobladores se sientan seguros en donde viven y trabajan. Se recomienda a la Municipalidad de San Pablo, a tomar medidas preventivas frente a cualquier evento de movimiento en masa.

#### **4.2 Conclusiones**

La zona fue analizada mediante un análisis geológico, hidrológico, geodinámico, estructural usando técnicas de mapeo geológico, además se realizó estudios de laboratorio de suelo y roca determinando las propiedades físicas y mecánicas de las muestras. Se determinó la susceptibilidad mediante fichas de los factores condicionantes y desencadenantes por el método de Proceso de Análisis Jerárquico del Manual de CENEPRED; logrando determinar que la zona de estudio se encuentra entre los valores de Muy alta y alta susceptibilidad, que las muestras de suelo tienen una clasificación en SP y SC, y las muestras de roca son moderadamente competentes. Por ello se establece tres métodos de mitigación a los movimientos de masa en los taludes como cambio de geometría, aplicación de geomallas o geoceldas y para dos taludes preferentemente se le aplicará una de zanja de coronación.

Mediante las técnicas de investigación, se delimitó las zonas susceptibles que afectan al caserío de Jancos, reconociendo que la zona pertenece a la unidad litoestratigráfica de la Formación Llama, también se observó que su geomorfología presenta laderas empinadas, colinas, valles en v debido a la erosión de las quebradas, y zonas escarpadas; por otro lado se observa que existen diferentes quebradas, canales de agua que influyen en los movimientos de masa, por ello se reconoció 4 estaciones las cuales son las más perjudiciales, reconociendo su geodinámica como deslizamiento

rotacional, caída de rocas, vuelco de rocas, flujos de detritos, deslizamiento por fallamiento.

Se logró determinar las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de suelos y rocas; teniendo como resultados para la muestra 1 de suelo que está clasificada como SP con un ángulo de fricción  $26,10^\circ$ ; cohesión  $0,00 \text{ kg/cm}^2$ , y de peso unitario  $1,623 \text{ gr/cm}^3$ , la muestra 2 se obtuvo que su clasificación SUCS es SC con un ángulo de fricción de  $20,30^\circ$ , cohesión  $0,11 \text{ kg/cm}^2$  y peso unitario de  $1,544 \text{ gr/cm}^3$ ; para los ensayos de roca, en la muestra 3 se obtuvo que el ángulo de fricción es de  $41,26^\circ$ , su cohesión  $0.18 \text{ MPa}$  y peso unitario de  $26,30 \text{ kN/m}^3$  y en la muestra 4 se obtuvo que el ángulo de fricción es de  $41,26^\circ$ , su cohesión  $0.18 \text{ MPa}$  y peso unitario de  $26,30 \text{ kN/m}^3$ .

Se logró estimar la susceptibilidad de cada talud mediante el Proceso de Análisis Jerárquico, se trabajó con factores que predominan en la zona de estudio, los condicionantes como la cobertura vegetal, geomorfología, pendientes y litología, por otro lado, los desencadenantes como las precipitaciones; con estos parámetros se les designó descriptores los cuales obtuvieron un peso ponderado que usamos para hallar la susceptibilidad de cada talud. Por ello el talud 1 con un valor de  $0,483$  y el talud 2 con un valor de  $0,423$  se los clasifica como Susceptibilidad Muy Alta; el talud 3 y 4 con valores de  $0,369$  y  $0,340$  respectivamente son clasificados como Susceptibilidad Alta.

Al procesar los análisis de laboratorio en la herramienta Slide V.5.0, por el método de Bishop's Simplified, logrando obtener un Factor de Seguridad de cada talud y los



resultaron fueron los siguientes; en el talud 1 el F.S en estado estático es de 0,553, y F.S pseudoestático es de 0,370; en el talud 2 el F.S en estado estático es de 0,712, y F.S pseudoestático es de 0,482 en el talud 3 el F.S en estado estático es de 0,890 , y F.S pseudoestático es de 0,657 y en el talud 4 el F.S en estado estático es de 0,881 y F.S pseudoestático es de 0,651; por ello se concluye que ninguno de los taludes es estable, porque no presentan un F.S.  $> 1$ .

Se propuso tres diseños de mitigación para los taludes de acuerdo a las propiedades físicas y factores que estos presentan, para el talud 1 se propone un cambio de geometría (ángulo de pendiente), para ser reforzado una geo malla y debido a que al costado del talud está la quebrada Lajos se propone una zanja de coronación, para el talud 2 un cambio de geometría y reforzarlo con geoceldas; para el talud 3 y el talud 4 solo un cambio de geometría.

## REFERENCIAS

- Almaguer, Y. y Guardado, R. (2006). *Tipología de Movimientos de Masas desarrollados en el Territorio de Moa, Cuba*. Revista Minería y Geología v. 22 n. 1 ISSN 0258 5979. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517653001.pdf>
- Anchelía, D. y Mori, X. (2020). *Determinación de Zonas Susceptibles a Inundaciones y Análisis Comparativo del Proceso de Análisis Jerárquico (Ahp) Y Random Forest (Rf). Caso Estudio: Cuenca Baja Del Río Chancay Lambayeque*. Lambayeque, Perú. Título Profesional de Ingeniero Geógrafo en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15868>
- Aristizábal, E., Gamboa, M., Leoz, F. (2010). *Sistema de Alerta Temprana por Movimientos en Masa Inducidos por lluvia para el Valle de Aburrá, Colombia*. Revista Escuela De Ingeniería De Antioquía, Issn 1794-1237. Envigado, Colombia. Número 13, p. 155-169. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149213727011.pdf>
- Aristizábal, E., López, S. Sánchez, O. et. Al (2019). *Evaluación de la Amenaza por Movimientos en Masa Detonados por lluvias para una Región de los Andes Colombianos Estimando la Probabilidad Espacial, Temporal, y Magnitud*. DOI: [10.18273/revbol.v41n3-2019004](https://doi.org/10.18273/revbol.v41n3-2019004) Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3496/349664643006/index.html>
- Aristizábal, E., Martínez, H. y Velé, J. (2010). *Una Revisión sobre el Estudio de Movimientos en Masa Detonados por Lluvias*. Colombia: Rev. Acad. Colombia Cienc. 34 (131): 209-227, 2010. ISSN 0370-3908. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/234076770> Una revision sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias/link/00b4951a0b2e8c0f3f000000/download

Blanco, F. (2013). *Evaluación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa en la Zona Central de la Cuenca del Río Mantaro – Region Junín*. Lima, Perú. Título Profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1138/1/blanco\\_rf.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1138/1/blanco_rf.pdf)

Caballero, H. (2015). *Análisis del Peligro y Vulnerabilidades por Movimiento de Masas de Tierra para Mitigar los Riesgos en el Distrito de Cuenca*. Huancavelica, Perú. Grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado de: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2172>

Caballero, H. (2018). *Análisis del Peligro y Vulnerabilidades por Movimiento de Masas de Tierra para Mitigar los Riesgos en el Distrito de Cuenca*. Huancavelica, Perú. Tesis grado académico de doctor en: Ciencia Ambientales. Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado de: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2172>

Cárdenas, J. (2021). *Vulnerabilidad y Peligros por Movimientos en Masa en los Torrentes Pedregal y Vizcachera de Reciente Expansión Urbana en el Distrito Lurigancho – Chosica, Lima*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM. Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16489>

Carrillo, R. (2015). *Evaluación de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa del Tipo de Deslizamiento en el Centro Poblado de Carampa, Distrito de Pazos, Provincia de Tayacaja, Región Huancavelica, Aplicando el Protocolo de Cenepred*. Huancavelica, Perú. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Piura, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/938>

Castro, R. (2014). *Evaluación del Riesgo de Desastres por Peligros Naturales y Antrópicos del Área Urbana del Distrito de Punta Hermosa*. Lima, Perú. Título para Optar al Título de Geógrafo. Repositorio de la Universidad Nacional de San Marcos. Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/han>

CENEPRED (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da*

Versión. Recuperado de: [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)

Chunga, U. (2016). *Evaluación de la Gestión de Riesgos de Desastres Naturales y la Capacidad de Respuesta a las Emergencias en las Instituciones Educativas de la UGEL la Unión Arequipa, 2016*. Arequipa – Perú. Título para optar Magíster en Ciencias en la Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa.

Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5876>

Cruden, D. y Varnes, D. (1996). *Landslide Types and Processes*. Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Sciences. Washington D.C. 247,36-75 p. Recuperado de:

<http://www.researchgate.net/publication/269710355>

Cruzado, G. Act. Crisólogo, M. (2009). *Estudio de Geología*. Recuperado de:

<https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>

De La Cruz, D. W., y Ramírez, D. R. (2019). *Análisis de Susceptibilidad Geotécnica y su Influencia en los Movimientos de Masa en el Caserío Huaynamarca, Cajamarca – 2019*. Tesis de licenciatura.

Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/23017>

Elmes, M. (2006) *Análisis y Evaluación de Riesgos por Movimientos en Masa, Inundación y Sismicidad en el Piedmont de la Comuna de Puente Alto*. Santiago, Chile. Memoria para Optar al Título de Geógrafo.

Repositorio Académico de la Universidad de Chile. Recuperado de:

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100928>

Estepa, J. y Talero, Y. (2016). *Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa para el Municipio de Cútiva Boyacá a Escala 1:25.000*. (Trabajo de pregrado). Universidad Pedagógica y

Tecnológica de Colombia, Sogamoso. Recuperado de:

<http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1686>

GEMMA (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenaza*.

Recuperado de:

<https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2792;jsessionid=ED5D3D33FCF5051633C2BE7BAD6E486D>

Guataquirá, M. (2018). *Análisis de Movimientos en Masa mediante la aplicación de SIG en la Ciudad de Villavivencio en el Sector Cerro de Buenavista Villavivencio, Colombia*. Título para optar el título de

Ingeniero Civil. Repositorio de la Universidad Santo Tomás. Recuperado de:

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/12019>

Hernández, M. (2016). *Evaluación Geodinámica de Laderas y Taludes entre Sunudén San Miguel, Jangalá, Provincia de San Miguel*. Cajamarca, Perú. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca.

Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/114>

Highland, L., Bobrowsky, P. (2008). *Manual de Derrumbes: Una guía para entender todo sobre los Derrumbes*. Virginia, Estados Unidos. Recuperado de:

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2665/doc2665-contenido.pdf>

INDECI (2006). *Manual Básico para la Estimación de Riesgos*. Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos.

Lima, Perú. Recuperado de:

[http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319\\_contenido.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf)

Lavado, H. (2019). *Vulnerabilidad del Poblado de Cajamarquilla ante los Movimientos en Masa. Distrito de Lurigancho – Chosica*. Lima, Perú. Tesis título profesional de Geógrafo, Universidad Nacional Mayor

de San Marcos. Recuperado de:

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11285/Lavado\\_sh.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11285/Lavado_sh.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Marqués, G. y Lukiantchuki, J (2016). *Evaluation of the Stability of a Highway Slope Through Numerical Modeling*. Redalyc. ORG. Brasil. Número (1 -17) DOI: [10.15446/dyna.v84n200.53850](https://doi.org/10.15446/dyna.v84n200.53850) Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/496/49650910015/html/index.html>

Montalbán, L. (2015). *Identificación de Movimientos en Masa entre las Localidades de Cancha que y San Miguel del Faique con Fines de Estabilización*. Piura, Perú. Título Profesional De Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Piura. Recuperado de: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/710/GEO-MON-SAY15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ozdemir, A., and Altural, T. (2013). *A Comparative Study of Frequency Ratio, Weights of Evidence and Logistic Regression Methods for Landslide Susceptibility Mapping: Sultan Mountains, Sw Turkey*. Journal of Asian Earth Sciences, 64, 180-197. DOI: [10.1016/j.jseaes.2012.12.014](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.014). Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367912012005585>

Pérez, R. y Rojas, J. (2005). *Estudio de Vulnerabilidad ante Deslizamientos de Tierra en la Microcuenca las Marías Telica, León*. Managua, Colombia. Trabajo de Diploma en la Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/1077/>

Puma, E. (2020). *Zonificación de Peligros por Movimientos en Masa en la Microcuenca Acomayo – Cusco*. Perú. Tesis Bachiller, Universidad Peruana Unión. Repositorio de Tesis Universidad Peruana Unión. Recuperado de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/3766>

Ramos, R. (2018). *Estudio de la Susceptibilidad al Deslizamiento de Laderas en el Estado de Guerrero, México, Aplicando Tecnologías de Información Geográfica*. Tesis Doctoral leída en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid en 2018. Repositorio Universidad Rey Juan Carlos – España. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10115/15869>

- Reyes, W. (1980). *Geología del Cuadrángulo de Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Serie A, Boletín N° 31*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 104 p. Recuperado de: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319\\_contenido.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf)
- Sosa, N. (2016). *Análisis De Susceptibilidad A Los Peligros Geológicos Por Movimientos En Masa - Poblados De Pampamarca Y Acobamba, Región Huánuco*. (Tesis de Título). Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2969>
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Recuperado de: <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonastropicales.html>
- Tarazona, J. (2018). *Estimación del Riesgo por Movimientos en Masa en a Subcuenca del Río Ancash - Yungay 2016*. Ancash, Perú. Título Profesional De Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Repositorio Alicia. Recuperado de: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2227>
- Vila, R. Y Vásquez, W. (2016). *Evaluación del Riesgo Originado por Movimientos en Masa, Quebrada Thuniyoc, Distritos de San Sebastián y San Jerónimo, Cusco*. Cuzco, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Recuperado de: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2377>
- Villacorta, S., Núñez, S., Obregón, C. y Tatardí, L. (2014). *Modelo de Susceptibilidad por Movimientos en Masa en Lima Metropolitana y el Callao*. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Lima, Perú. Vol. 17, N.º 33, pp. 125-129. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2308>.
- Zamalloa, M. y Medina, L. (2019). *Estudio de Riesgo Geológico por Movimientos en Masa, para la Construcción del Puesto de Salud de Huayllati, del Distrito de Huayllati, Provincia de Grau, Región*


*Apurímac*. Perú. Título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de San Antonio Abad

del Cusco. Recuperado de: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4128>



## ANEXOS

### ANEXO N° 01. Ensayo de Corte Directo Muestra N° 01



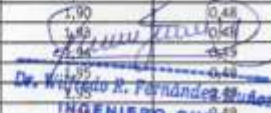
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrologías, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
Dr. WILFREDO H. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 · Reg. de Consultor N° C2755  
RUC: 10266305856

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080


<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021					
<b>UBICACIÓN</b>	: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>MUESTRA</b>	: N °1 - PROFUNDIDAD (m) : 3,00			COORDENADAS UTM: E 736597, N 9215659		
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: REMOLDEADA					
<b>TESISTAS</b>	: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO					
<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2021					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>						
Lado o diámetro (cm)	8		Humedad (%)	5,64		
Altura inicial de la muestra (i)	1,99		Altura final de la muestra (cm)	1,93		
Área (cm <sup>2</sup> )	28,27		Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	1,910		
Volumen (cm <sup>3</sup> )	56,26		Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1,61		
<b>APLICACIONES DE CARGA</b>						
Velocidad de carga de la máquina (mm/min)	0,25					
Carga nominal (kg)	5					
Exp. de muestra	I		II		III	
Esfuerzo Nominal (σ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,00		2,00		4,00	
Cal. de corte máximo (τ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,48		0,99		1,95	
<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (φ) °</b>	<b>26,10</b>					
<b>COHESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>0,00</b>					
Deformación	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO
%	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,30	0,30	0,50	0,25	0,85	0,21
0,10	0,35	0,35	0,70	0,35	1,20	0,30
0,20	0,36	0,36	0,80	0,40	1,35	0,34
0,40	0,37	0,37	0,85	0,43	1,45	0,36
0,50	0,38	0,38	0,90	0,45	1,56	0,39
0,75	0,40	0,40	0,91	0,46	1,65	0,41
1,00	0,41	0,41	0,92	0,46	1,70	0,43
1,25	0,42	0,42	0,93	0,47	1,74	0,44
1,50	0,42	0,42	0,94	0,47	1,76	0,44
1,75	0,43	0,43	0,95	0,48	1,78	0,45
2,00	0,44	0,44	0,96	0,48	1,80	0,45
2,25	0,44	0,44	0,96	0,48	1,84	0,46
2,50	0,45	0,45	0,97	0,49	1,86	0,47
2,75	0,46	0,46	0,97	0,49	1,90	0,48
3,00	0,47	0,47	0,98	0,49	1,95	0,49
3,25	0,47	0,47	0,98	0,49	1,95	0,49
3,50	0,48	0,48	0,99	0,50	1,95	0,49
3,75	0,48	0,48	0,99	0,50	1,95	0,49
4,00	0,48	0,48	0,99	0,50	1,95	0,49



Dr. Wilfredo H. Fernández Muñoz  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

ANEXO N° 02. Ensayo de Corte Directo Muestra N° 02




**Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos**  
Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
RUC: 10266305856

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D 3080

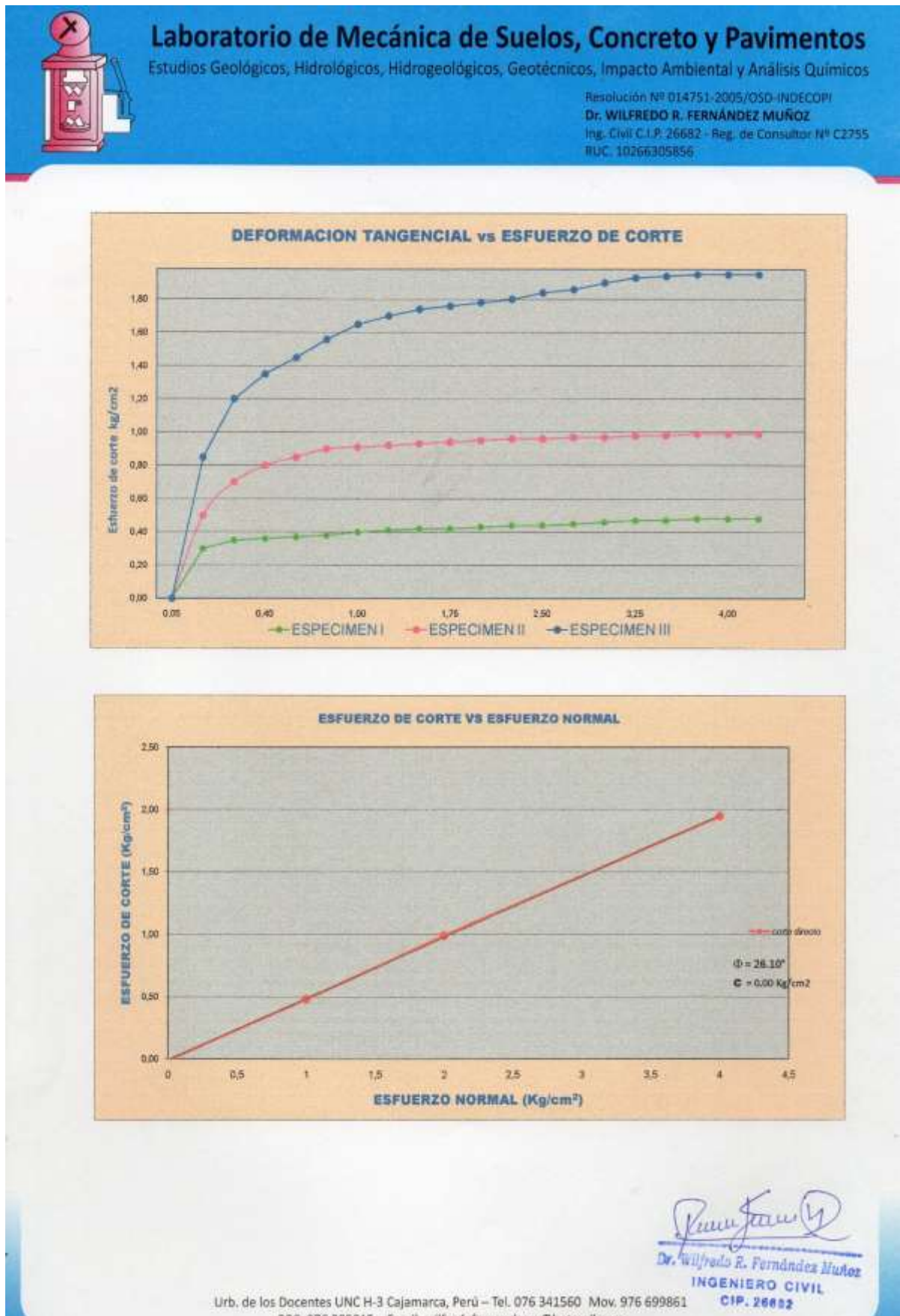
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021					
<b>UBICACIÓN</b>	: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>MUESTRA</b>	: N °2 - PROFUNDIDAD (m) : 3,00			COORDENADAS UTM: E 735931, N 9217043		
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	: REMOLDEADA					
<b>TESISTAS</b>	: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO					
<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2021					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>						
Lado o diámetro (cm)	5	Humedad (%)			13,2	
Altura inicial de la muestra (cm)	1,95	Altura final de la muestra (cm)			1,91	
Área (cm <sup>2</sup> )	36,00	Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )			1,840	
Volumen (cm <sup>3</sup> )	71,28	Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )			1,532	
<b>APLICACIONES DE CARGA</b>						
Velocidad de carga de la máquina (mm/min)	0,25					
Carga nominal (Kg)	5					
Esp. de muestra	I	II	III			
Esfuerzo Normal (n) (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	4,00			
Coef. de corte máxima (n) (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,48	0,86	1,59			
<b>ÁNGULO DE FRICIÓN INTERNA (φ) °</b>	30,30					
<b>COHESIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,31					
Deformación	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO	ESFUERZO DE CORTE	ESFUERZO NORMALIZADO
%	(Kg/cm <sup>2</sup> )		(Kg/cm <sup>2</sup> )		(Kg/cm <sup>2</sup> )	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,18	0,18	0,28	0,14	0,45	0,11
0,10	0,30	0,30	0,45	0,23	0,64	0,16
0,20	0,35	0,35	0,55	0,28	0,80	0,20
0,40	0,35	0,35	0,62	0,31	0,90	0,23
0,50	0,36	0,36	0,66	0,33	0,96	0,25
0,75	0,37	0,37	0,68	0,34	1,08	0,27
1,00	0,37	0,37	0,69	0,35	1,14	0,29
1,25	0,38	0,38	0,72	0,36	1,21	0,30
1,50	0,38	0,38	0,74	0,37	1,25	0,31
1,75	0,39	0,39	0,75	0,38	1,30	0,33
2,00	0,40	0,40	0,75	0,38	1,35	0,34
2,25	0,41	0,41	0,76	0,38	1,40	0,35
2,50	0,42	0,42	0,76	0,38	1,46	0,37
2,75	0,43	0,43	0,77	0,39	1,50	0,38
3,00	0,44	0,44	0,80	0,40	1,57	0,39
3,25	0,47	0,47	0,85	0,43	1,57	0,39
3,50	0,48	0,48	0,86	0,43	1,59	0,40
3,75	0,48	0,48	0,86	0,43	1,59	0,40
4,00	0,48	0,48	0,86	0,43	1,59	0,40



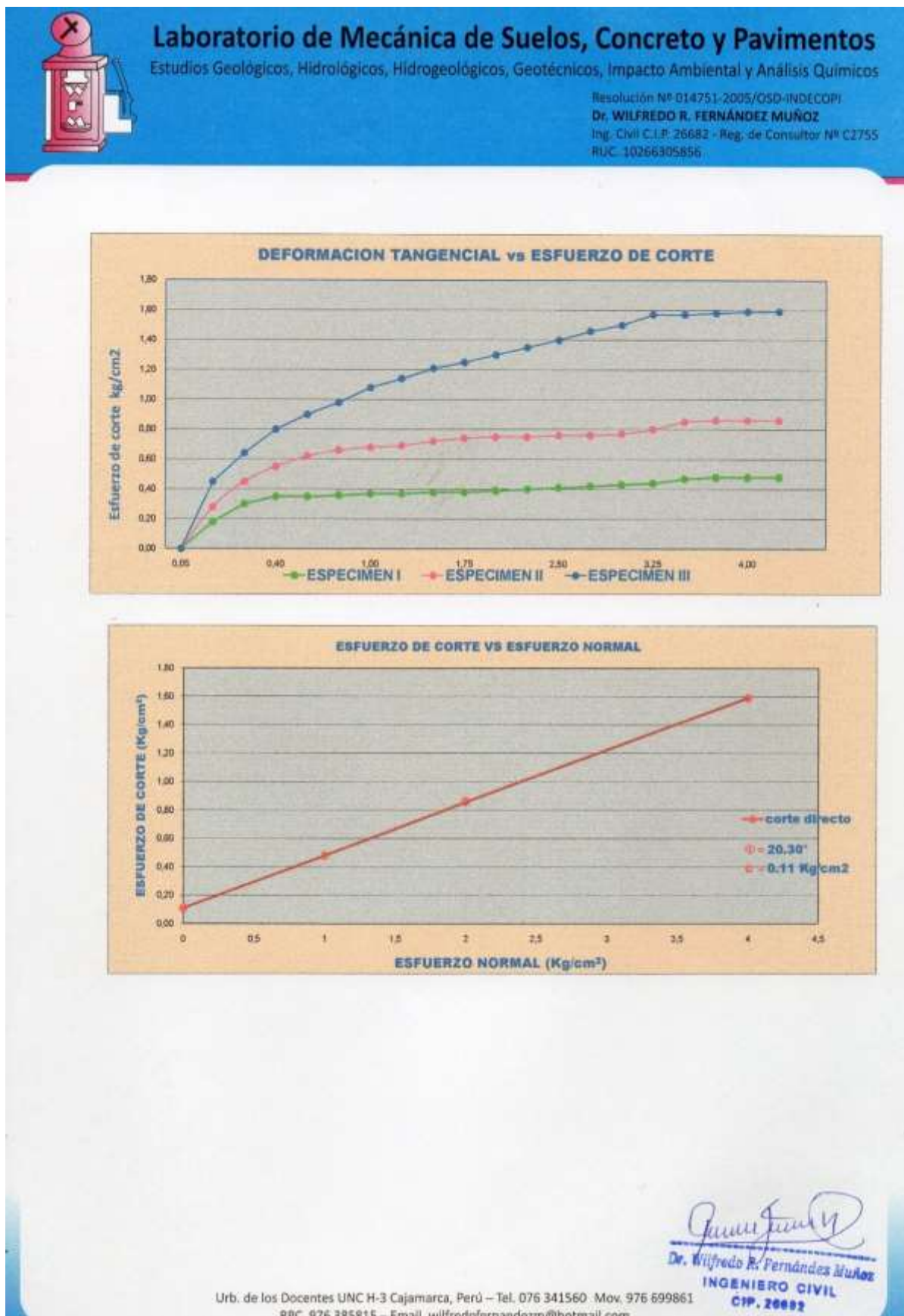
**INGENIERO CIVIL**  
CIP. 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

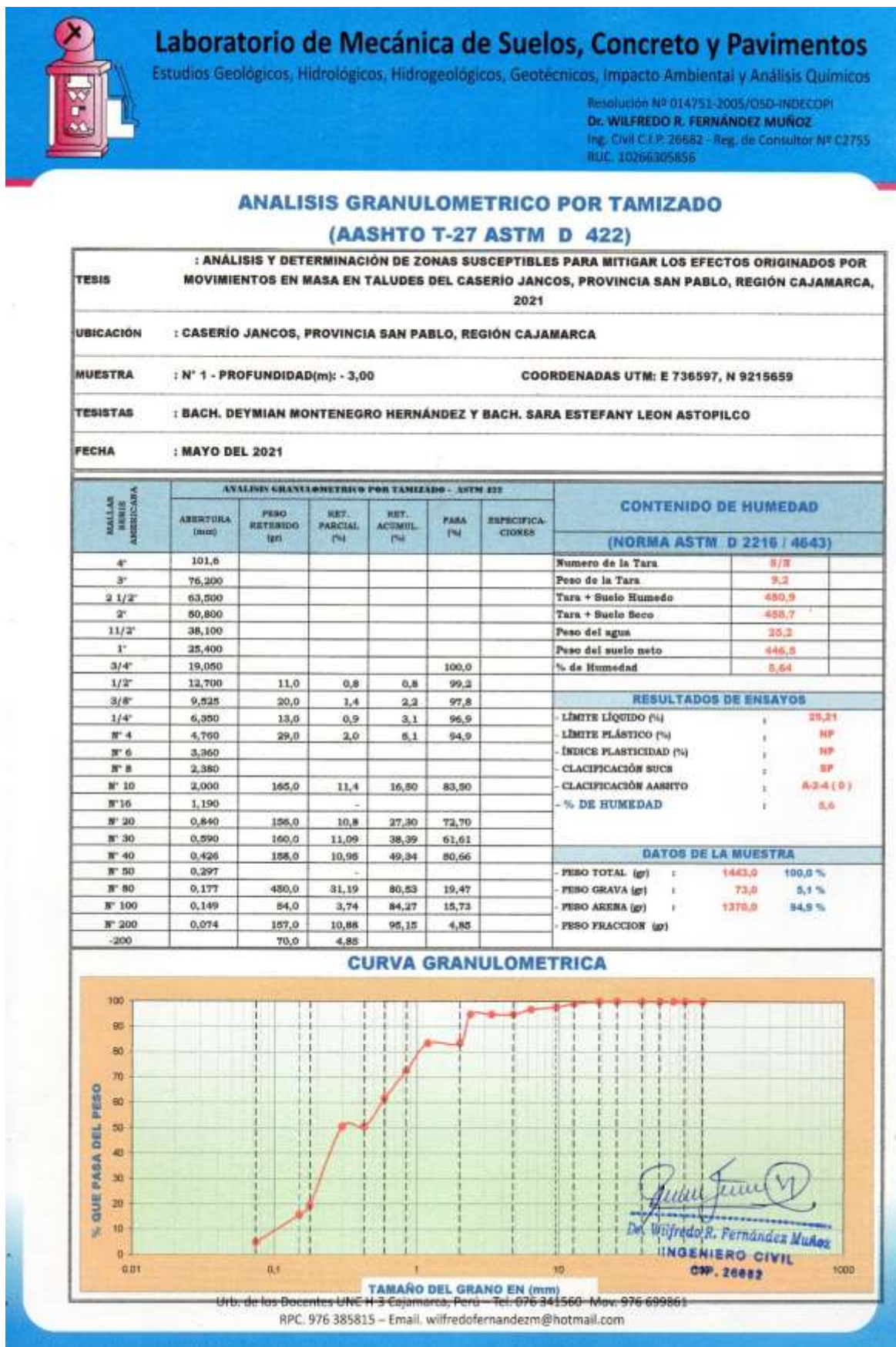
**ANEXO N° 03. Gráficos de Esfuerzo Cortante Muestra N° 01**



**ANEXO N° 04: Gráficos de Esfuerzo Cortante Muestra N° 02**



**ANEXO N° 05. Análisis Granulométrico por Tamizado Muestra N° 01**



**ANEXO N° 06. Análisis Granulométrico por Tamizado Muestra N° 02**



**Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos**  
 Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

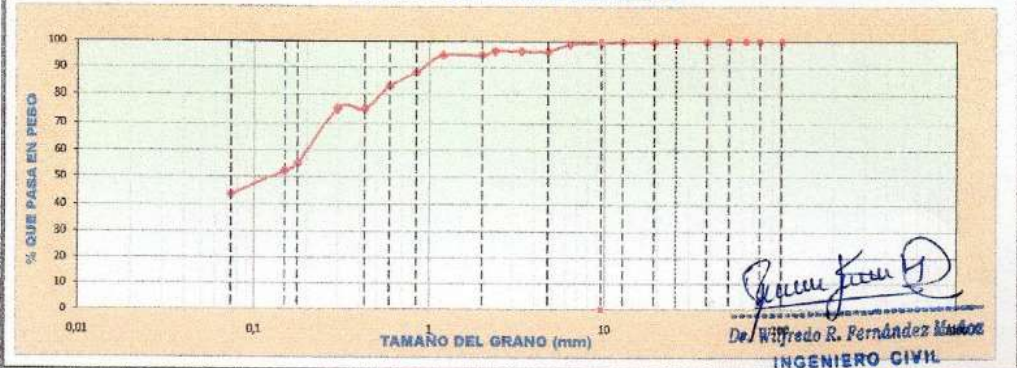
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
 Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC 10266305856

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(AASHTO T-27 ASTM D 422)**

<b>TESIS</b>		: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021	
<b>UBICACIÓN</b>		: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA	
<b>MUESTRA</b>		: N° 2 - PROFUNDIDAD(m): - 3,00	COORDENADAS UTM: E 735931, N 9217043
<b>TESISTAS</b>		: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO	
<b>FECHA</b>		: MAYO DEL 2021	

MALLAS SIEBE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D 2216 / 4643)	
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES		
4"	101,6						Numero de la Tara	8,7
3"	76,200						Peso de la Tara	8,0
2 1/2"	63,500						Tara + Suelo Humedo	402,3
2"	50,800						Tara + Suelo Seco	348,1
1 1/2"	38,100				100,0		Peso del agua	54,2
1"	25,400						Peso del suelo neto	340,1
3/4"	19,050	6,0	0,4	0,4	99,6		% de Humedad	15,94
1/2"	12,700						<b>RESULTADOS DE ENGAYOS</b>	
3/8"	9,525	4,0	0,3	0,7	99,3		- LÍMITE LÍQUIDO (%)	30,50
1/4"	6,350	10,0	0,6	1,3	98,7		- LÍMITE PLÁSTICO (%)	20,66
N° 4	4,760	42,8	2,7	4,0	96,0		- ÍNDICE PLASTICIDAD (%)	9,84
N° 6	3,360						- CLASIFICACIÓN SUCS	SC
N° 8	2,380						- CLASIFICACIÓN AASHTO	A-4 (1)
N° 10	2,000	25,0	1,6	5,6	94,4		- % DE HUMEDAD	15,9
N° 16	1,190						<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
N° 20	0,840	98,0	6,3	11,9	88,1		- PESO TOTAL (gr)	1562,0    100,0 %
N° 30	0,590	80,0	5,1	17,0	83,0		- PESO GRAVA (gr)	62,8    4,0 %
N° 40	0,426	118,0	7,6	24,6	75,4		- PESO ARENA (gr)	1499,0    96,0 %
N° 60	0,297						- PESO FRACCIÓN (gr)	572,1
N° 80	0,177	316,0	20,2	44,8	55,2			
N° 100	0,149	45,0	2,9	47,7	52,3			
N° 200	0,074	133,0	8,5	56,2	43,8			
-200		684,5	43,8					


**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**NOTA: LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
 RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

**ANEXO N° 07. Límite de Consistencia muestra N° 01**



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos


Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOP  
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
RUC: 10266305856

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021				
TESIS				
UBICACIÓN	: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA			
MUESTRA	N°1	PROFUNDIDAD EN (m): 3,00	COORDENADAS UTM: E 736597, N 9215659	
TESISTAS	: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPILCO			
FECHA	: MAYO DEL 2021			
LÍMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N	A	B	C	
N° DE GOLPES	32	22	17	
TARA+SUELO HUMEDO	31,93	31,22	31,46	
TARA+SUELO SECO	28,95	28,16	27,69	
PESO DEL AGUA	2,98	3,06	3,77	
PESO DE LA TARA	16,20	16,47	14,24	
PESO DEL SUELO SECO	12,75	11,69	13,45	
HUMEDAD (%)	23,37	26,18	28,03	
LÍMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°				
TARA+SUELO HUMEDO	NO PLASTICO			
TARA+SUELO SECO				
PESO DEL AGUA				
PESO DE LA TARA				
PESO DEL SUELO SECO				
HUMEDAD (%)				
HUMEDAD PROMEDIO (%)				
Límites de Consistencia				
Límite Líquido	25,21			
Límite Plástico	NP			
Índice Plástico	NP			
Observaciones				

**ANEXO N° 08. Límites de Consistencia Muestra N° 02**



Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
**Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ**  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

### LÍMITES DE CONSISTENCIA


(NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

<b>: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	<b>: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>: N°2 PROFUNDIDAD EN (m): 3,00 COORDENADAS UTM: E 735931, N 9217043</b>			
<b>TESISTAS</b>	<b>: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPILO</b>			
<b>FECHA</b>	<b>: MAYO DEL 2021</b>			
<b>LÍMITE LIQUIDO ASTM D-423</b>				
TARA N°	D	E	F	
N° DE GOLPES	32	22	17	
TARA+SUELO HUMEDO	22,03	30,65	36,13	
TARA+SUELO SECO	19,96	26,87	31,88	
PESO DEL AGUA	2,07	3,78	4,25	
PESO DE LA TARA	12,32	15,08	19,83	
PESO DEL SUELO SECO	7,64	11,79	12,05	
HUMEDAD (%)	27,09	32,06	35,27	
<b>LÍMITE PLASTICO ASTM D-424</b>				
TARA N°	I	II		
TARA+SUELO HUMEDO	17,77	25,03		
TARA+SUELO SECO	16,83	23,23		
PESO DEL AGUA	0,94	1,80		
PESO DE LA TARA	12,24	14,59		
PESO DEL SUELO SECO	4,59	8,64		
HUMEDAD (%)	20,48	20,83		
HUMEDAD PROMEDIO (%)	20,65			
Límites de Consistencia				
Límite Líquido	30,50			
Límite Plástico	20,66			
Índice Plástico	9,84			

Urb. de los Docentes UNCH-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
 RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com



ANEXO N° 09. Ensayo de Peso Unitario Seco muestra N° 01



## Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOP  
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
RUC: 10266305856

### ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO

#### NTP 400.017 / ASTM C - 29

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021			
<b>UBICACIÓN</b>	: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA			
<b>MUESTRA</b>	: N°1 PROFUNDIDAD EN (m): 3,00 COORDENADAS UTM: E 736597, N 9215659			
<b>TESISTAS</b>	: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO			
<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2021			

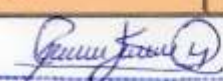
**ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO**

DESCRIPCION	UNIDAD	SUELTO		
		A	B	C
Ensayo				
Recipiente N°				
Recipiente + Suelo seco	gr.	8458	8406	8351
Peso del Recipiente	gr.	5221	5221	5221
Peso de la Muestra	gr.	3237,0	3185,0	3130,0
Volumen del Molde	gr.	2114,0	2114,0	2114,0
<b>Peso unitario</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1,531</b>	<b>1,507</b>	<b>1,481</b>
<b>Peso Unitario Promedio</b>		<b>1,506</b>		

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO**

DESCRIPCION	UNIDAD	VARILLADO		
		D	E	F
Ensayo				
Recipiente N°				
Recipiente + Suelo seco	gr.	8671	8696	8586
Peso del Recipiente	gr.	5221	5221	5221
Peso de la Muestra	gr.	3450,0	3475,0	3365,0
Volumen del Molde	gr.	2114,0	2114,0	2114,0
<b>Peso unitario</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1,632</b>	<b>1,644</b>	<b>1,592</b>
<b>Peso Unitario Promedio</b>		<b>1,623</b>		


**LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**



Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
INGENIERO CIVIL  
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

ANEXO N° 10. Ensayo de Peso Unitario Seco muestra N° 02



## Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
RUC. 10266305856

### ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO

#### NTP 400.017 / ASTM C - 29

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA
<b>MUESTRA</b>	: N°2 - PROFUNDIDAD EN (m): 3,00 COORDENADAS UTM: E 735931, N 9217043
<b>TESISTAS</b>	: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO
<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2021


#### ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO

DESCRIPCION	UNIDAD	SUELTO		
		1	2	3
Ensayo				
Recipiente N°		1	2	3
Recipiente + Suelo seco	gr.	8319	8228	8047
Peso del Recipiente	gr.	5221	5221	5221
Peso de la Muestra	gr.	3098,0	3007,0	2826,0
Volumen del Molde	gr.	2114,0	2114,0	2114,0
Peso unitario	gr/cc	1,465	1,422	1,337
Peso Unitario Promedio		1,408		

#### ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO

DESCRIPCION	UNIDAD	VARILLADO		
		I	II	III
Ensayo				
Recipiente N°		I	II	III
Recipiente + Suelo seco	gr.	8597	8486	8371
Peso del Recipiente	gr.	5221	5221	5221
Peso de la Muestra	gr.	3376,0	3265,0	3150,0
Volumen del Molde	gr.	2114,0	2114,0	2114,0
Peso unitario	gr/cc	1,597	1,544	1,490
Peso Unitario Promedio		1,544		


**LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**



Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
INGENIERO CIVIL  
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

ANEXO N° 11. Ensayo de Contenido de Humedad muestra N° 01



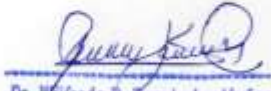
Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
RUC. 10266305856

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**(NORMA ASTM D 2216 / 4643)**

<b>TESIS</b> : ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021					
<b>UBICACIÓN</b> : CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>MUESTRA</b> : N°1 - PROFUNDIDAD EN (m): 3,00 COORDENADAS UTM: E 736597, N 9215659					
<b>TESISTAS</b> : BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPIILCO					
<b>FECHA</b> : MAYO DEL 2021					
<b>( MUESTRA 1 )</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA			
Recipiente N°		I	II	III	
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	963,9	857,1	957,6	
Recipiente + Suelo seco	gr.	921,5	829,3	919,1	
Peso del Agua.	gr.	42,4	27,8	38,5	
Peso del Recipiente	gr.	211,70	204,9	209,1	
Peso del Suelo Seco	gr.	709,8	624,4	710,0	
<b>% de Humedad</b>	%	<b>5,97</b>	<b>4,45</b>	<b>5,42</b>	
<b>% de Humedad Promedio</b>		<b>5,28</b>			



Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
INGENIERO CIVIL  
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

ANEXO N° 12. Ensayo de Contenido de Humedad muestra N° 02



## Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
**Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ**  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

### CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D 2216 / 4643)

<b>TESIS</b>	<b>: ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES DEL CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>: CASERÍO JANCOS, PROVINCIA SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA</b>
<b>MUESTRA</b>	<b>: N°2 - PROFUNDIDAD EN (m): 3,00 COORDENADAS UTM: E 735931, N 9217043</b>
<b>TESISTAS</b>	<b>: BACH. DEYMIAN MONTENEGRO HERNÁNDEZ Y BACH. SARA ESTEFANY LEON ASTOPILCO</b>
<b>FECHA</b>	<b>: MAYO DEL 2021</b>

( MUESTRA 2 )				
DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA		
Recipiente N°		01	02	03
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	498,3	504,8	489,9
Recipiente + Suelo seco	gr.	440,6	451,2	434,7
Peso del Agua.	gr.	57,7	53,6	55,2
Peso del Recipiente	gr.	20,8	25,7	22,4
Peso del Suelo Seco	gr.	419,8	425,5	412,3
<b>% de Humedad</b>	%	<b>13,74</b>	<b>12,60</b>	<b>13,39</b>
<b>% de Humedad Promedio</b>	%	<b>13,24</b>		

**LAS MUESTRAS FUERON ALCANZADAS POR EL INTERESADO**



**Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 26682

Urb. de los Docentes UNC H-3 Cajamarca, Perú – Tel. 076 341560 Mov. 976 699861  
 RPC. 976 385815 – Email. wilfredofernandezm@hotmail.com

## ANEXO N° 13. Ensayo de Propiedades Físicas



Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

14  
EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.

### 5. RESULTADOS NUMÉRICOS DE LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS

#### 5.1 RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO – CD

*Cuadro 4: Resultados de Ensayo de Propiedades Físicas*

CÓDIGO DE MUESTRA	DIÁMETRO "d" (cm)	ALTURA "h" (cm)	DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN/m <sup>3</sup> )	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	POROSIDAD APARENTE (%)
M-1	4.76	1.93	2.63	2.65	26.01	0.86	2.31
	4.76	2.00	2.66	2.68	26.31	0.97	2.65
	4.76	1.91	2.69	2.71	26.60	0.89	2.45
Promedio			<b>2.66</b>	<b>2.68</b>	<b>26.30</b>	<b>0.91</b>	<b>2.47</b>

**PERÚ**  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

**BOLIVIA**  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi – LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

**CHILE**  
Almirante La Torre # 475 –SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecanicalatina.com](mailto:info@geomecanicalatina.com) / [www.geomecanicalatina.com](http://www.geomecanicalatina.com) – [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)

## ANEXO N°14. Ensayo de Corte Directo en Roca



Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

15  
EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECA LATINA S.A.

**Cuadro 5: Resultados de Ensayo de Resistencia al Corte Directo**

CÓDIGO DE MUESTRA	DÍA. "D" (mm)	TIPO DE DISCONT.	FUERZA NORMAL (kN)	FUERZA DE CORTE (kN)	ESFUERZO NORMAL (kPa)	ESFUERZO DE CORTE (kPa)	ISRM Suggested Method	
							COHESIÓN (MPa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL(°)
M-1	54.72	Natural (a=36°)	1.00	1.39	336.05	468.02	0.18	41.26
			2.00	2.27	672.10	764.42		
			3.00	3.17	1008.16	1066.06		
			4.00	4.02	1344.21	1350.22		
			5.00	4.79	1680.26	1610.60		

CÓDIGO DE MUESTRA	DÍA. "D" (mm)	TIPO DE DISCONT.	FUERZA NORMAL (kN)	UPPER		S.R. Hencher L.R. Richards		
				ESFUERZO NORMAL (kPa)	ESFUERZO DE CORTE (kPa)	UPPER	UPPER	
				COHESIÓN (MPa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL(°)			
M-1	54.72	Natural (a=36°)	1.00	368.65	500.84	0.17	41.23	
			2.00	781.69	821.48			
			3.00	1172.96	1211.91			
			4.00	1551.17	1558.11			
			5.00	1932.11	1840.11			

**Nota 1:** El diámetro para Ensayo de Resistencia al Corte Directo recomendado conforme ASTM e ISRM es: 54mm a más. Los resultados de las muestras que no cumplan esta condición, se sugieren deben ser tomados como Referenciales.

**Nota 2:** Esfuerzo de corte aplicado con Consola Independiente SERCOMP 7 de sistema Presión constante Servo-Controlado.

**Nota 3:** Ángulo respecto a la horizontal, de la discontinuidad Natural o Simulada (a).

**Nota 4:** Los Esfuerzos Normales y Cizallantes, se calcularon sobre el área de contacto de las muestras ensayadas a lo largo de cada etapa de prueba. (Ecuación de Corrección del área de Hencher y Richards, 1989.)

**Nota 5:** Los valores de Cohesión y ángulo de Fricción (UPPER) fueron hallados aplicando la metodología de Hencher y Richards, cabe resaltar que estos valores no han sido corregidos por el efecto de dilatación. (Assessing the shear Strength of Rock Discontinuities at Laboratory and Field Scales, Hencher y Richards, August 2014.)

PERÚ  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

BOLIVIA  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi - LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

CHILE  
Almirante La Torre # 475 -SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecalatina.com](mailto:info@geomecalatina.com) / [www.geomecalatina.com](http://www.geomecalatina.com) - [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)

**ANEXO N°15. Gráfico de Ensayo de Resistencia al Corte Directo en Roca – Gráfico sugerido ISRM – M1**



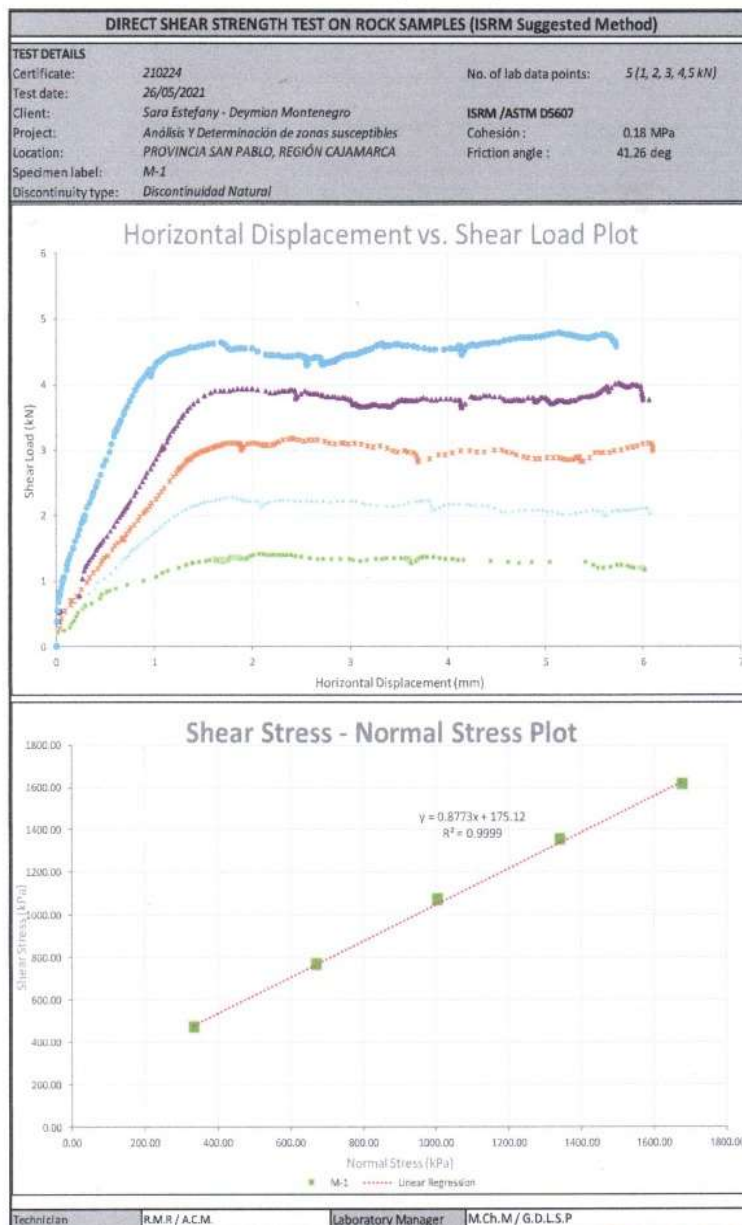
Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

16  
EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.

**6. RESULTADOS GRÁFICOS DE EN+SAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS**

**6.1 GRÁFICOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO – CD**

**Gráfico 1: Método sugerido ISRM, M-1**



**PERÚ**  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

**BOLIVIA**  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi – LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

**CHILE**  
Almirante La Torre # 475 –SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecnicalatina.com](mailto:info@geomecnicalatina.com) / [www.geomecnicalatina.com](http://www.geomecnicalatina.com) – [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)

**ANEXO N°16.** Gráfico de Ensayo de Resistencia al Corte Directo en Roca – Gráfico

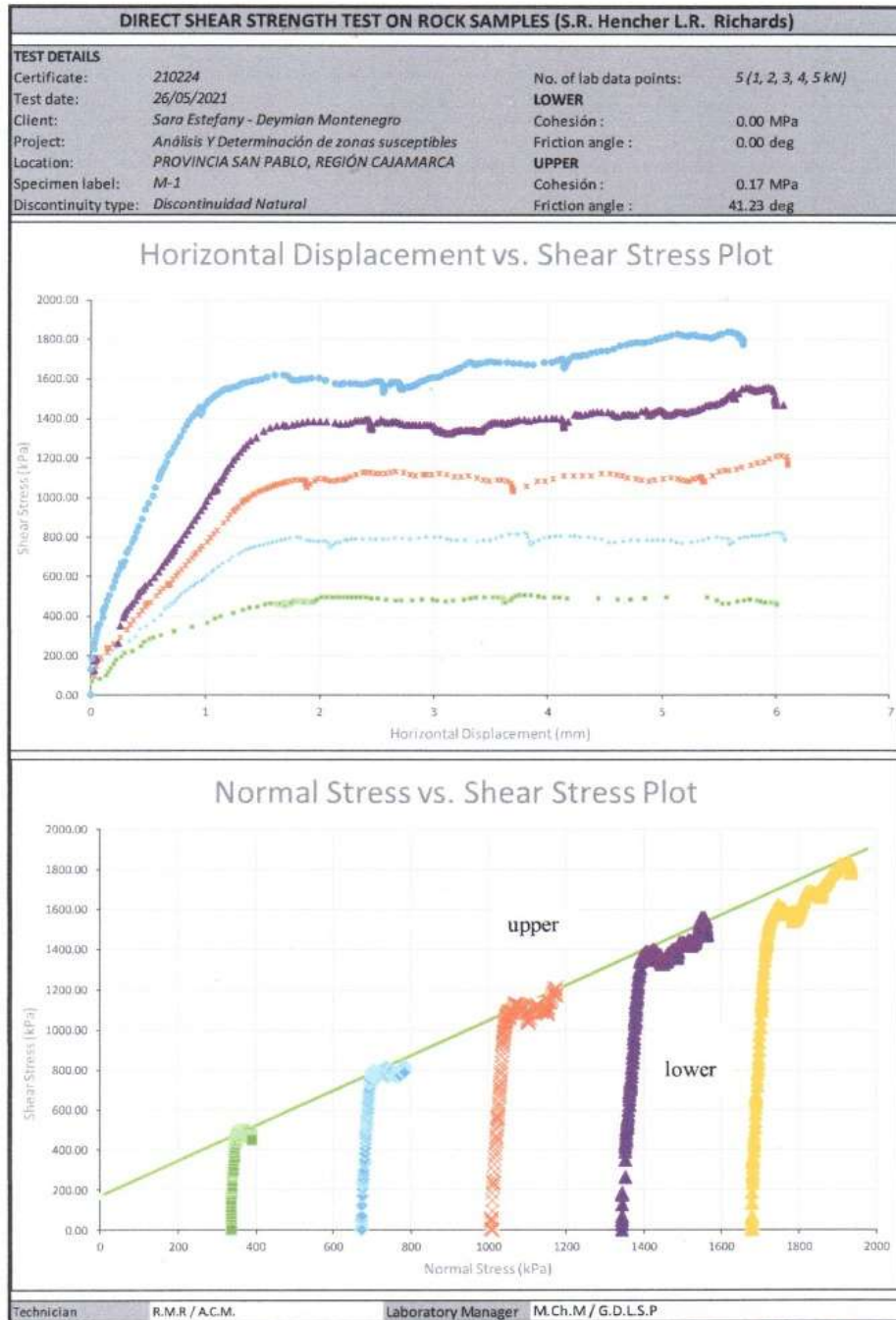
Método sugerido S.R. Hencher y L.R. Richards.



Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

17  
EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECAÍNICA LATINA S.A.

**Gráfico 2: Método sugerido S.R. Hencher y L.R. Richards, M-1**



Technician R.M.R / A.C.M. Laboratory Manager M.Ch.M / G.D.L.S.P

**PERÚ**  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

**BOLIVIA**  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi – LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

**CHILE**  
Almirante La Torre # 475 –SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecinalatina.com](mailto:info@geomecinalatina.com) / [www.geomecinalatina.com](http://www.geomecinalatina.com) – [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)



### ANEXO N°17. Perfiles de Rugosidad medidos con el peine de Barton

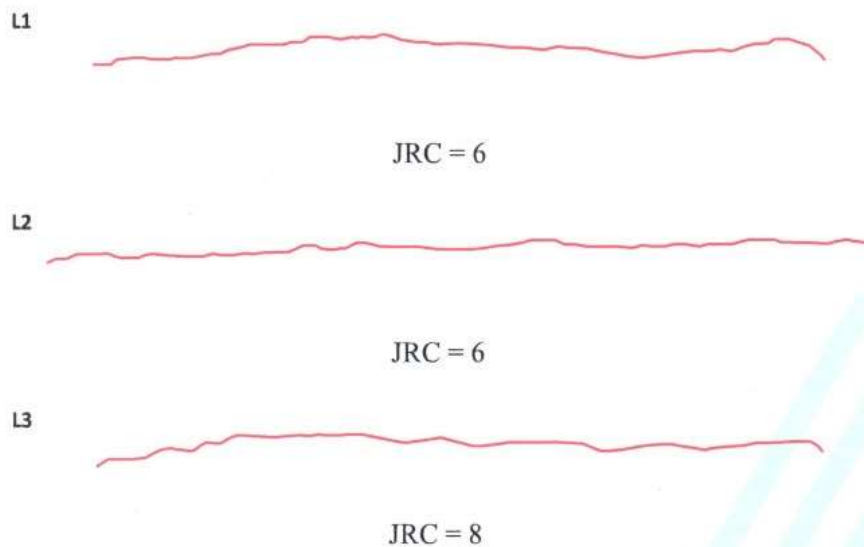


EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.

#### *i-Test* LABORATORIO

Perfiles de rugosidad medidos con el Peine de Barton a escala normal (100 mm).

M-1



**PERÚ**  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

**BOLIVIA**  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi - LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

**CHILE**  
Almirante La Torre # 475 -SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecanicalatina.com](mailto:info@geomecanicalatina.com) / [www.geomecanicalatina.com](http://www.geomecanicalatina.com) - [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)

## ANEXO N°18. Muestra de Corte Directo el Antes y Después



Ingeniería de rocas y suelos para la Estabilidad y Seguridad de excavaciones

18

EMPRESA DEL GRUPO: GEOMECÁNICA LATINA S.A.

### 7. RESULTADOS FOTOGRÁFICOS DE LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS

#### 7.1 FOTOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO – CD

Foto 1: Muestra para CD, M-1



**PERÚ**  
Av. Marginal # 467, Salamanca, Ate - LIMA  
Telefax: (+511) 4351969 / RUC: 20415405597

**BOLIVIA**  
AV. Ecuador 2074, Sopocachi – LA PAZ  
Telefax: (+591) 2-2411079

**CHILE**  
Almirante La Torre # 475 –SANTIAGO  
Telefax: (+562) 2-6984768

[info@geomecanicalatina.com](mailto:info@geomecanicalatina.com) / [www.geomecanicalatina.com](http://www.geomecanicalatina.com) – [www.geomec.pe](http://www.geomec.pe)

**ANEXO N°19. Ficha de Observación de Factores Condicionantes y Desencadenantes**

TITULO DEL PROYECTO						
UBICACIÓN		Departamento	Provincia	Distrito		
ESTACIÓN		Este	Norte	Cota		
Factores	Parámetro	Descriptores	Valores Ponderados	Valores en Campo	Fotografía	
Factores Condicionantes	Cobertura Vegetal	Matorral arbustivo	0.558			
		Agricultura costera y andina	0.263			
		Plantación Forestal	0.122			
		Bosque seco de montaña	0.057			
		Escarpes	0.592			
	Geomorfología	Colina	0.262			
		Volcánica				
		Pie de monte	0.101			
		Llanura	0.045			
		Depósitos Cuaternario	0.444			
	Litología	Lutitas / Limoarcilla	0.252			
		Brechas - Tobas	0.148			
		andesítica				
		Calizas				
		Margosas/ Lutitas	0.083			
Factor Desencadenante	Pendientes	Arenisca	0.047			
		Caliza Masiva	0.027			
		> 45°	0.503			
		25° - 45°	0.26			
		10° - 25°	0.134			
	Precipitaciones	5° - 10°	0.068			
		0° - 5°	0.035			
		MUY ALTA > a 250 mm	0.482			
		ALTA (160 mm a 250 mm)	0.27			
		MODERADA (90 a 160 mm)	0.141			
BAJA (50 mm a 90 mm)	0.068					
MUY BAJA (< a 50 mm)	0.039					

ANEXO N°20. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Cobertura Vegetal.

Parát.	Cobertura Vegetal	Peso Ponderado = 0.057	
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>Matorral arbustivo</b>	<i>Este tipo de cobertura vegetal aporta muy poco a la estabilidad de los taludes, ya que permite que las escorrentías se infiltren rápidamente en los suelos.</i>	<b>PCV1 0.558</b>
	<b>Agricultura costera y andina</b>	<i>Generalmente son valles los cuales presentan cultivos de bajo riego y en seco asentados en partes inclinadas y en colinas las cuales tienen poco sostenimiento.</i>	<b>PCV2 0.263</b>
	<b>Plantación Forestal</b>	<i>Son plantaciones las cuales tienen un buen sostenimiento de los taludes ya que sus raíces sostienen y dan soporte a los suelos.</i>	<b>PCV3 0.122</b>
	<b>Bosque seco de montaña</b>	<i>Bosques secos en pendientes los cuales controlan la erosión del suelo y por ende los deslizamientos y los huaicos.</i>	<b>PCV4 0.057</b>

**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados encontrados del parámetro Cobertura Vegetal, obteniendo que los matorrales arbustivos son los que más perjudican a la zona de estudio. **FUENTE:** Propia (2021)

**ANEXO N° 21.** Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Pendientes.

<b>Parámetros</b>	<b>Pendientes</b>	<b>Peso Ponderado = 0.263</b>	
	> 45°	<i>Muy inclinado</i>	<b>PP1</b> <b>0.503</b>
	25° - 45°	<i>Inclinado</i>	<b>PP2</b> <b>0.260</b>
<b>DESCRIPTORES</b>	10° - 25°	<i>Moderadamente inclinado</i>	<b>PP3</b> <b>0.134</b>
	5° - 10°	<i>Suave</i>	<b>PP4</b> <b>0.068</b>
	0° - 5°	<i>Muy suave</i>	<b>PP5</b> <b>0.035</b>

**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados de pendientes, luego se le dará valor a cada talud para hallar la susceptibilidad. **FUENTE:** Propia (2021).

ANEXO N° 22. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Geomorfología.

Parámetros	Geomorfología	Peso Ponderado = 0.122		
<b>DESCRIPTORES</b>	<b>Escarpes</b>	<i>Se caracteriza por presentar una pendiente muy inclinada y una topografía muy accidentada, desencadenando en épocas de invierno movimientos de masa y deslizamientos de rocas.</i>	<b>PG1</b>	0.592
	<b>Colina Volcánica</b>	<i>Se encuentran colinas de pendientes bajas, colinas altas y cimas que presentan formaciones rocosas y depósitos cuaternarios que son rocas y conglomerados rocosos sueltos además de presencia de rocas en las partes bajas por el deslizamiento que se producen por los agentes denudativos.</i>	<b>PG2</b>	0.262
	<b>Pie de monte</b>	<i>Valles interandinos, originados por depósitos aluviales y fluviales como consecuencia del transporte de sedimentos, producto de procesos denudaciones y erosivos de las partes altas de las colinas y de las montañas; muy excepcionalmente son originados por depósitos coluviales.</i>	<b>PG3</b>	0.101
	<b>Llanura</b>	<i>Son relieves suaves los cuales presentan escorrentías en las partes bajas de la topografía los cuales presentan bajo índice de ocurrir algún deslizamiento.</i>	<b>PG4</b>	0.045

**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados de geomorfología, luego se le dará valor a cada talud para hallar la susceptibilidad. **FUENTE:** Propia (2021)

**ANEXO N° 23.** Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Litología.

Parámetros	Litología	Peso Ponderado = 0.558		
<b>DESCRIPTORES</b>	Depósitos Cuaternarios	<i>Presentan una baja consolidación ya que no están fuertemente compactadas, al contacto con la picota es notable ver que se disgregan con facilidad puesto que no tienen una fuerte cohesión al ser productos de transporte y depositados en partes bajas.</i>	PL1	0.444
	Lutitas Limoarcillas	<i>Tienden a ser muy débiles y frágiles, al momento de ser sometidas a algún esfuerzo son claramente fisibles por lo que se concluye que tienen alta potencialidad a provocar algún deslizamiento.</i>	PL2	0.252
	Brechas / Tobas andesíticas	<i>Presentan una calidad moderada al ser sometidas a algún esfuerzo ya que con uno o dos golpes son fracturadas además de formar parte de colinas afectadas por la erosión tienen una calificación de moderada .</i>	PL3	0.148
	Calizas Margosas/ Lutitas	<i>De textura nodular, en muchos casos con presencia de fósiles, incompetente estructuralmente de poca resistencia a la picota por lo que se deduce que es de calidad moderada.</i>	PL4	0.083
	Areniscas	<i>Presenta textura clástica de grano medio en la mayoría de casos muy bien cementadas. Se fractura con uno o dos golpes de picota y se deduce muy baja potencialidad de generar inestabilidad. Según lo descrito presenta una calidad muy buena de la roca.</i>	PL5	0.047
	Caliza Masiva	<i>Presenta una calidad alta ya que al ser sometida a esfuerzos tienen la capacidad de soportarlos y no fracturarse, por lo que presenta una baja susceptibilidad a presentar algún deslizamiento.</i>	PL6	0.027

**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados de litología, luego se le dará valor a cada talud para hallar la susceptibilidad. **FUENTE:** Propia (2021)

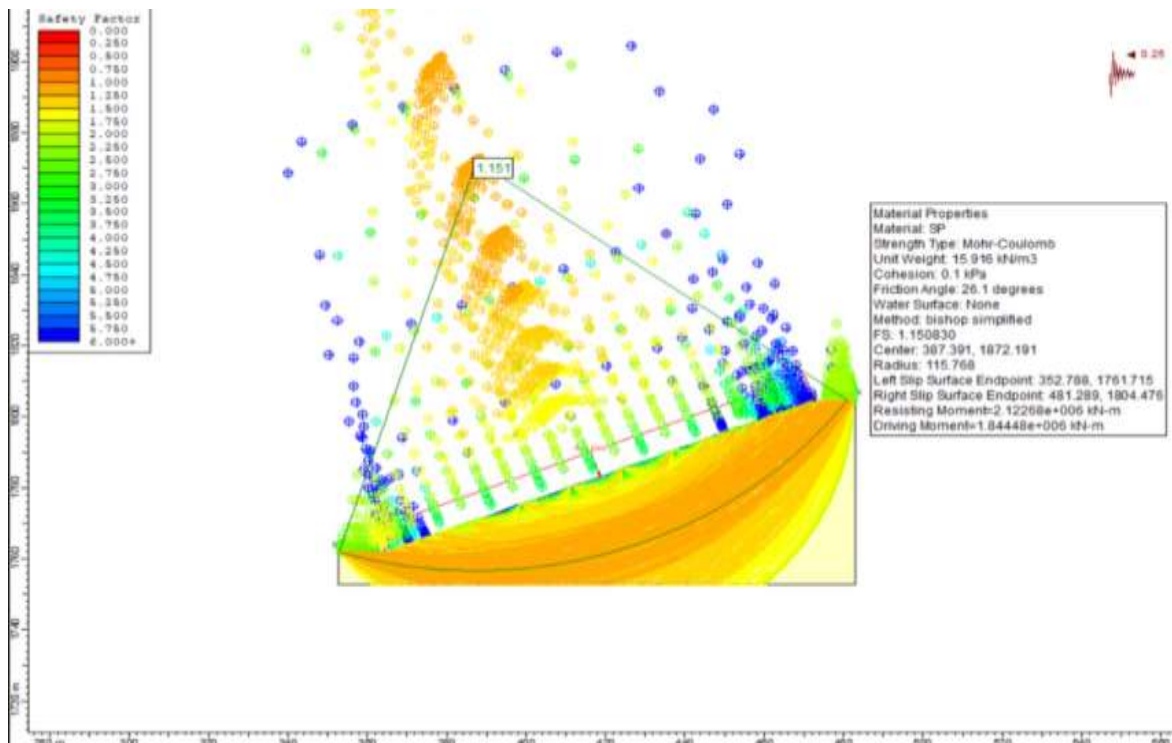
ANEXO N° 24. Ficha de Procesamiento de Datos – Resultados de la Evaluación de Precipitaciones.

Parámetros	Precipitaciones	Peso Ponderado	
<b>DESCRIPTORES</b>	MUY ALTA (> a 250 mm)	<p><i>Considerado un rango muy alto en la zona afectada ya que las precipitaciones tienen una duración promedio de 15 min hasta de 30 min esto es suficiente para que las precipitaciones desestabilicen los taludes y por consecuencia se produzcan movimientos en masa y por lo general caída de rocas.</i></p>	0.482
	ALTA (160 a 250 mm)	<p><i>Se considera en la zona de estudio un índice de precipitaciones alto ya que por lo general las lluvias en la zona de estudio son más perjudiciales en la época de invierno debido a que las llueve con demasiada frecuencia por lo que es un agente claramente desencadenante debido a esto se suscitan muchos deslizamientos en épocas de invierno.</i></p>	0.270
	MODERADA (90 a 160 mm)	<p><i>En la zona de estudio es considerado un rango moderado puesto que los taludes y laderas no son sometidos a intensas lluvias, pero si a lluvias moderadas que en algún momento la saturación del suelo excede su capacidad y puede provocar algún movimiento en masa.</i></p>	0.141
	BAJA (50 a 90 mm)	<p><i>Por lo general no se suscitan deslizamientos en este rango de precipitaciones, pero cabe resaltar que, aunque las lluvias sean suaves el tiempo en que se prolongue la duración de las lluvias pueden llegar a afectar a las masas de suelo y por consecuencia producir algún movimiento en masa.</i></p>	0.068
	MUY BAJA (< a 50 mm)	<p><i>No se reportan problemas de deslizamientos en este rango de precipitaciones puesto que en las estaciones del año entre verano, otoño y primavera son muy escasa las precipitaciones.</i></p>	0.039

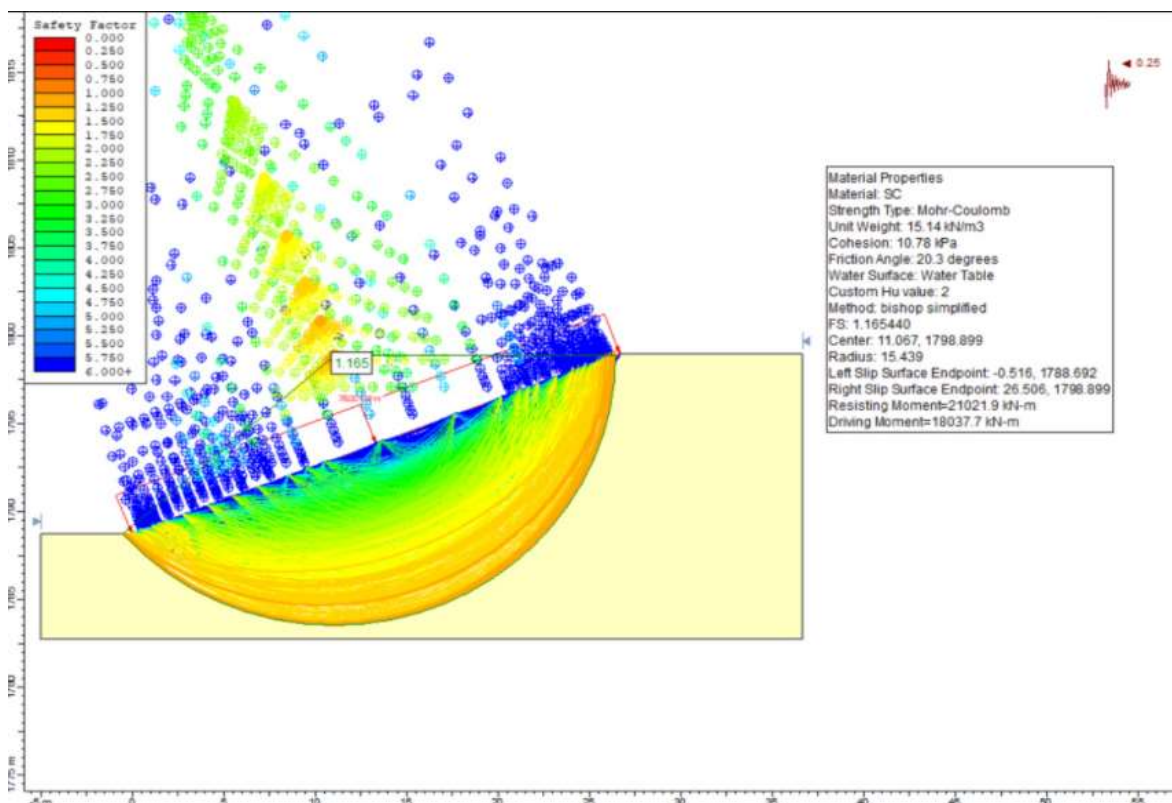
**NOTA:** La tabla se muestra los valores ponderados de precipitaciones, luego se le dará valor a cada talud para hallar la susceptibilidad. **FUENTE:** Propia (2021)



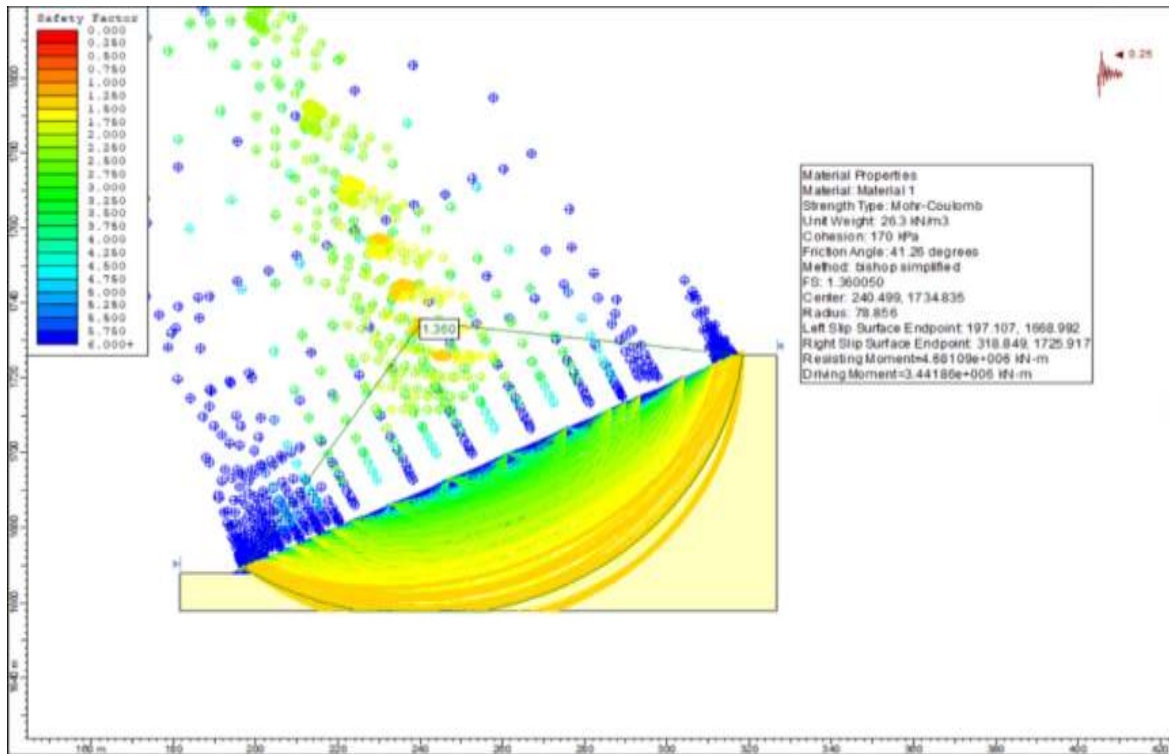
**ANEXO N°25. Evaluación Pseudoestáticas de las Estaciones**



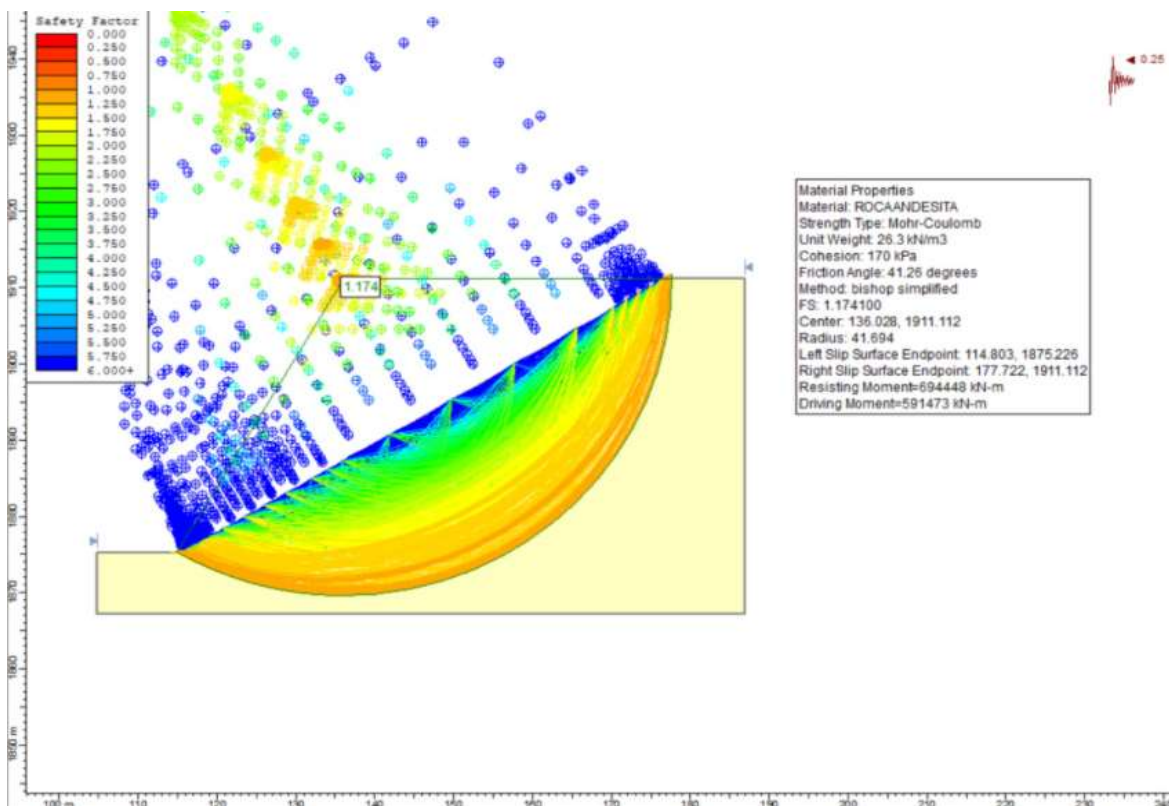
**NOTA:** Evaluación de talud 1 en condiciones pseudoestáticas, se disminuyó el ángulo de talud a 22° además de proponer un sistema de geomalla tejido uniaxial terragrid UX en el cual se obtuvo un resultado de un factor de seguridad de 1,151



**NOTA:** Evaluación de talud 2 en condiciones pseudoestáticas, se disminuyó el ángulo de talud a 19° además de proponer un sistema de geomalla tejido uniaxial terragrid UX en el cual se obtuvo un resultado de un factor de seguridad de 1,165.



**NOTA:** Evaluación de talud 3 en condiciones pseudoestáticas con resultado de un factor de seguridad de 1,360 en donde se aplicó el método de cambio de pendiente de talud por lo que se disminuyó el ángulo a 25° de pendiente.



**NOTA:** Evaluación de talud 4 en condiciones pseudoestáticas con resultado de un factor de seguridad de 1,174 en donde se aplicó el método de cambio de pendiente de talud por lo que se disminuyó el ángulo a 30° de pendiente por el hecho de que la roca es competente.

**ANEXO N°26.** Caída de bloques de gran tamaño



**NOTA:** Caída de rocas en la estación 4 en donde hay presencia de bloques de gran tamaño que perjudican a la población.



**NOTA:** Talud en condiciones susceptibles muy altas en donde es muy probable la caída de rocas.

### ANEXO N°27. Flujos y Deslizamientos de Suelo



**NOTA:** Deslizamientos de roca y suelo debido que el suelo presenta una pendiente elevada y la cohesión del suelo es baja por el hecho de ser arenas.



**NOTA:** Movimiento de masa del tipo flujo de detritos a pequeña escala, pero en la que se puede inferir que ante un evento de lluvias intensas perjudicaría en mayor escala a la población.

## ANEXO N°28. Deslizamiento Planar



**NOTA:** Deslizamiento del tipo planar en la parte baja de la vía de acceso a Jancos poniendo en riesgo a los pobladores y sus cultivos.

## CAÍDA DE BLOQUES MEDIANOS



**NOTA:** Caída de rocas en talud cercano a la estación 3 en el cual se observa el peligro debido a los constantes deslizamientos.

**ANEXO N°29.** Talud que presenta caída de bloques por volcamiento.



**NOTA:** Formación rocosa en donde se produce caída de rocas por volcamiento.

**TOMA DE DATOS**



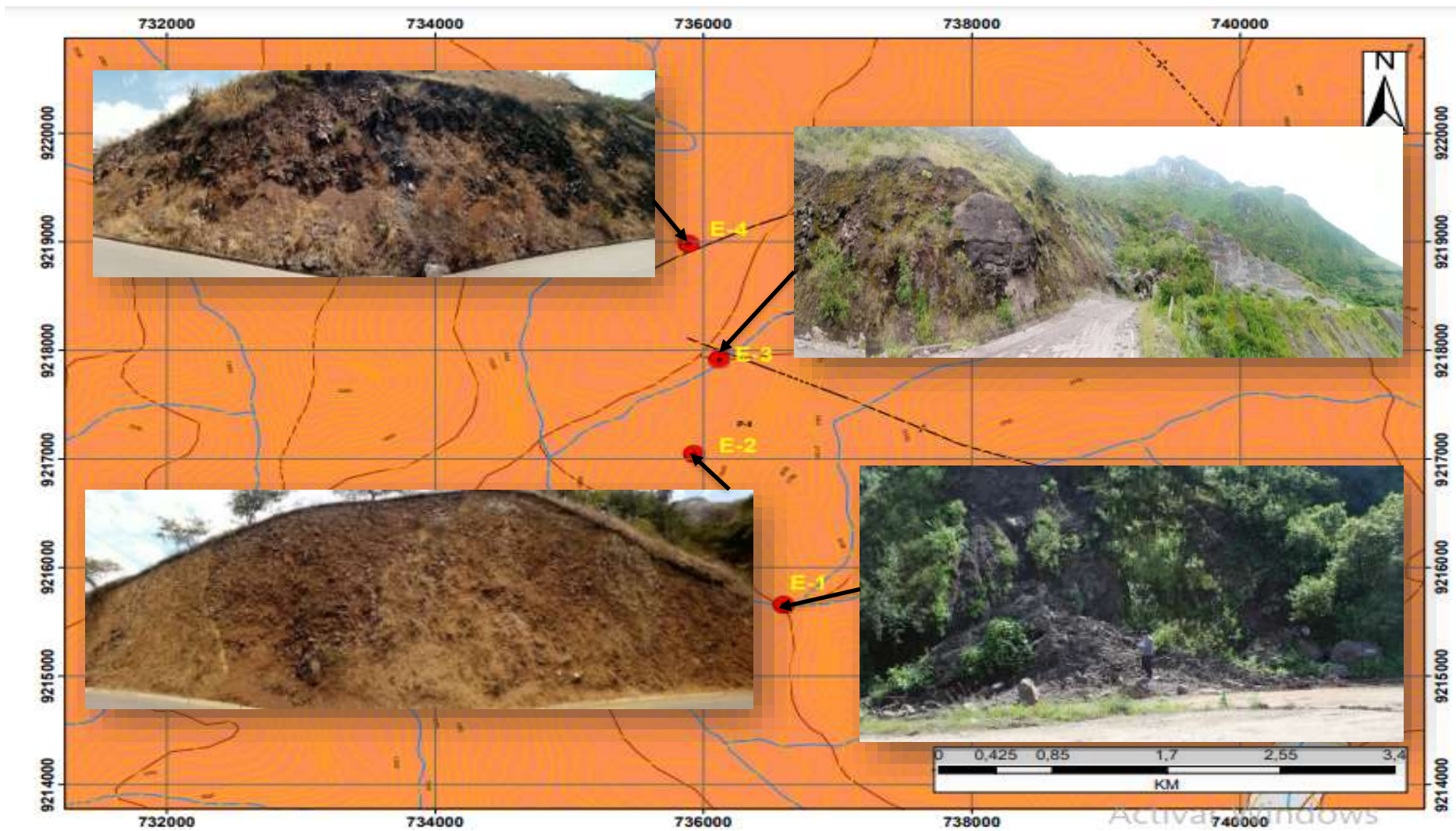
**NOTA:** Recopilación de datos de los taludes evaluados.

**ANEXO N°30.** Taludes que presentan Caída de bloques por volcamiento y fallamiento.



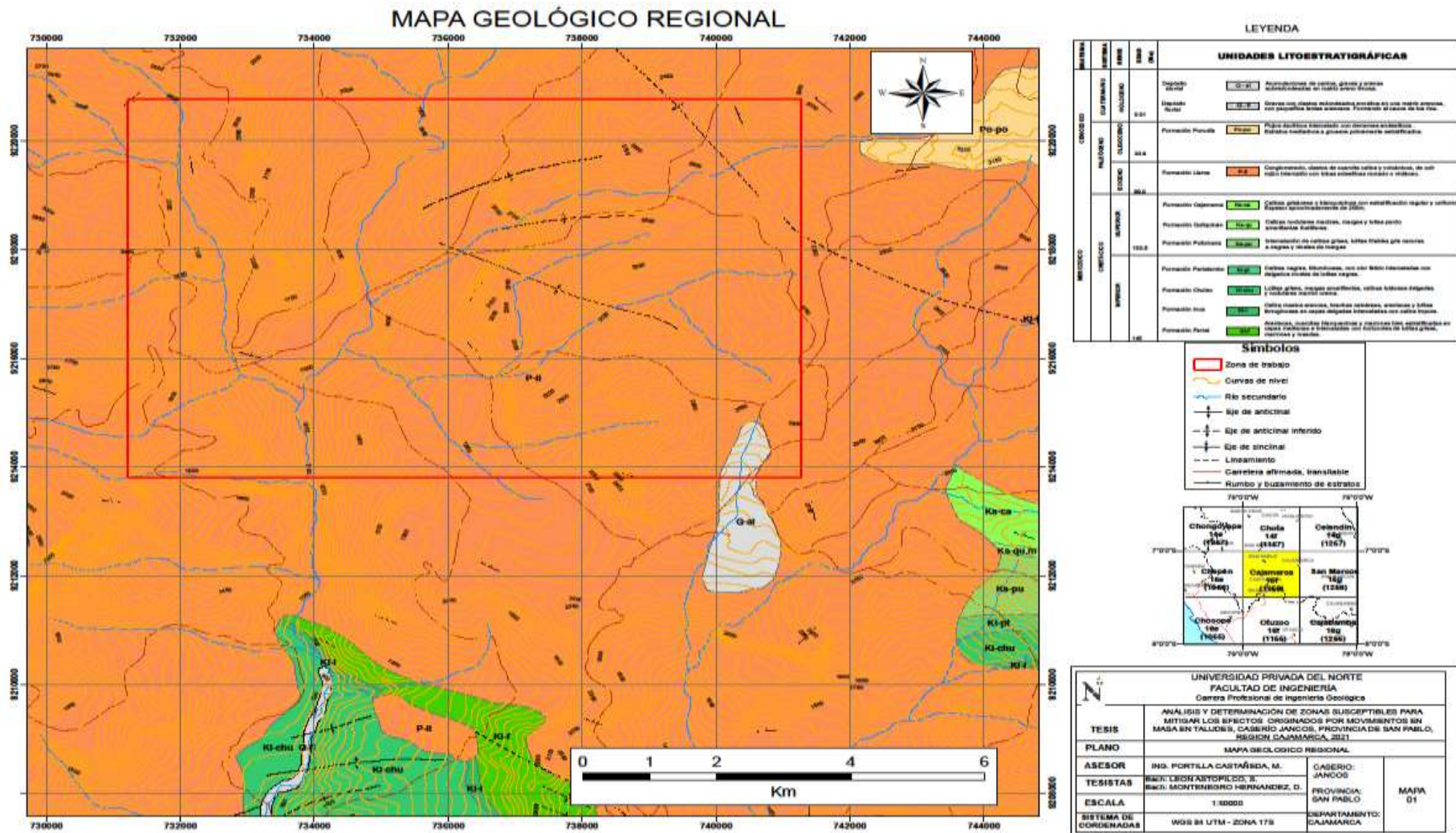
**NOTA:** Se muestra en las imágenes dos Taludes en los cuales hay constantes deslizamientos y caída de rocas.

**ANEXO N°31. Mapa Temático de Estaciones**

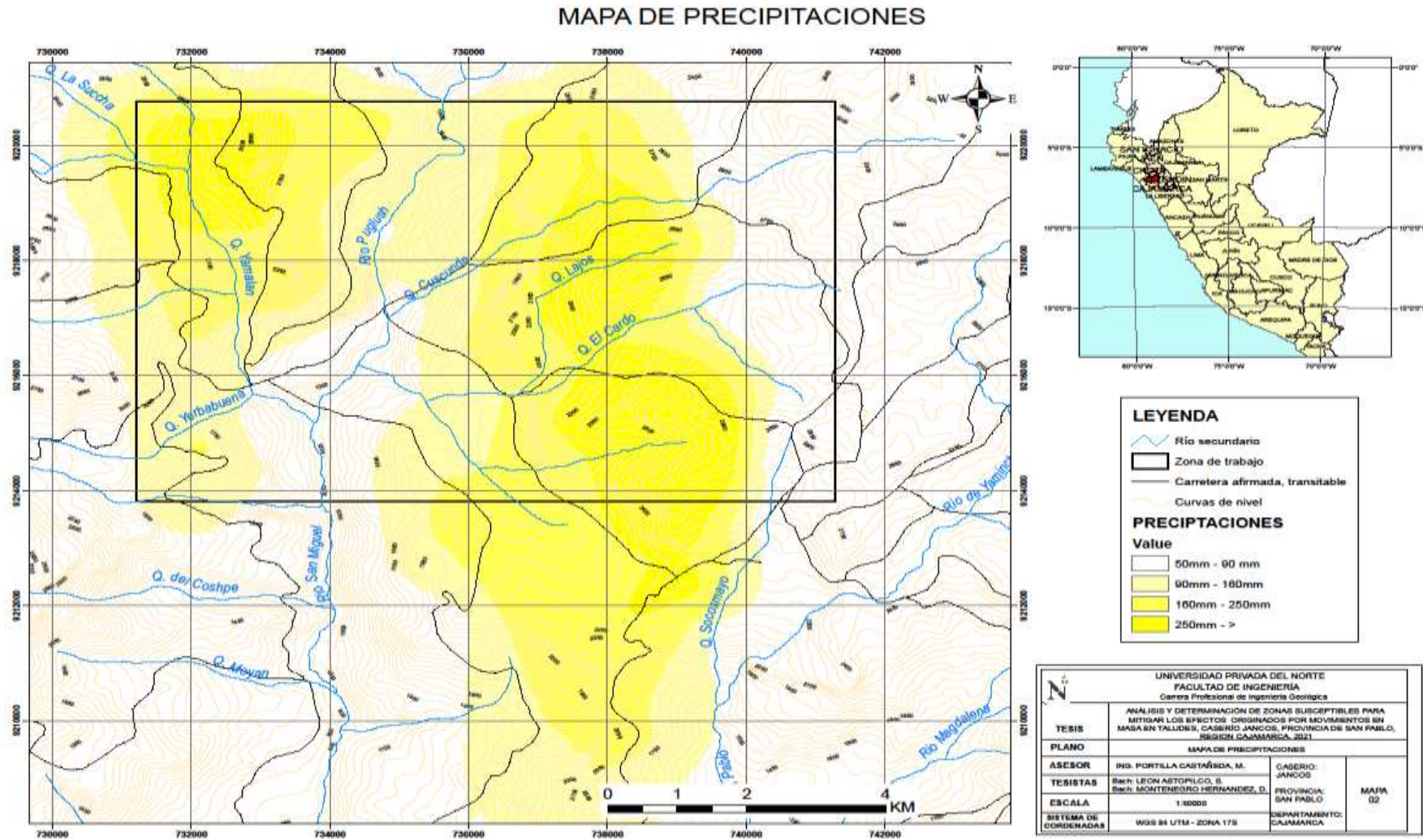




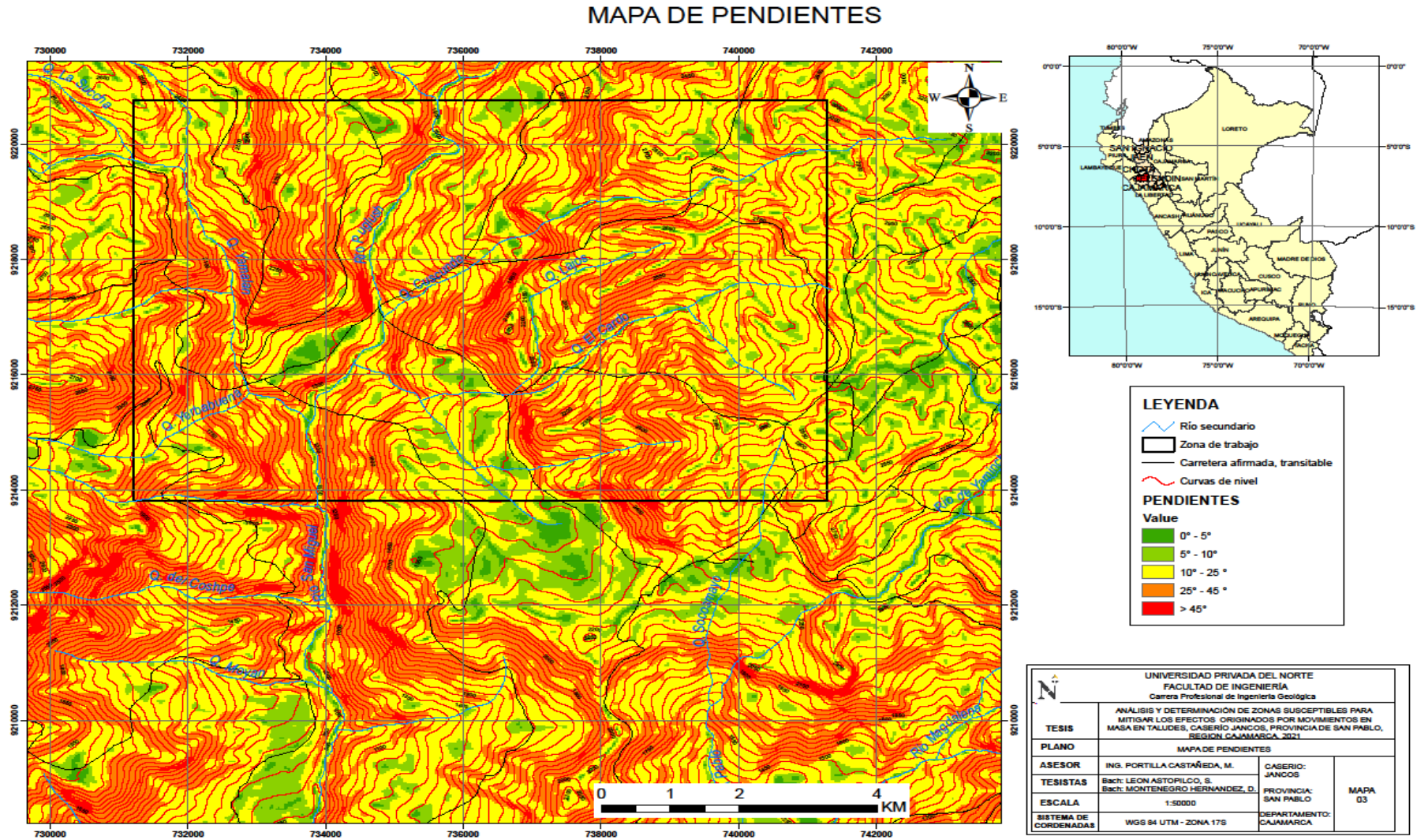
ANEXO N° 32. Mapa Geológico



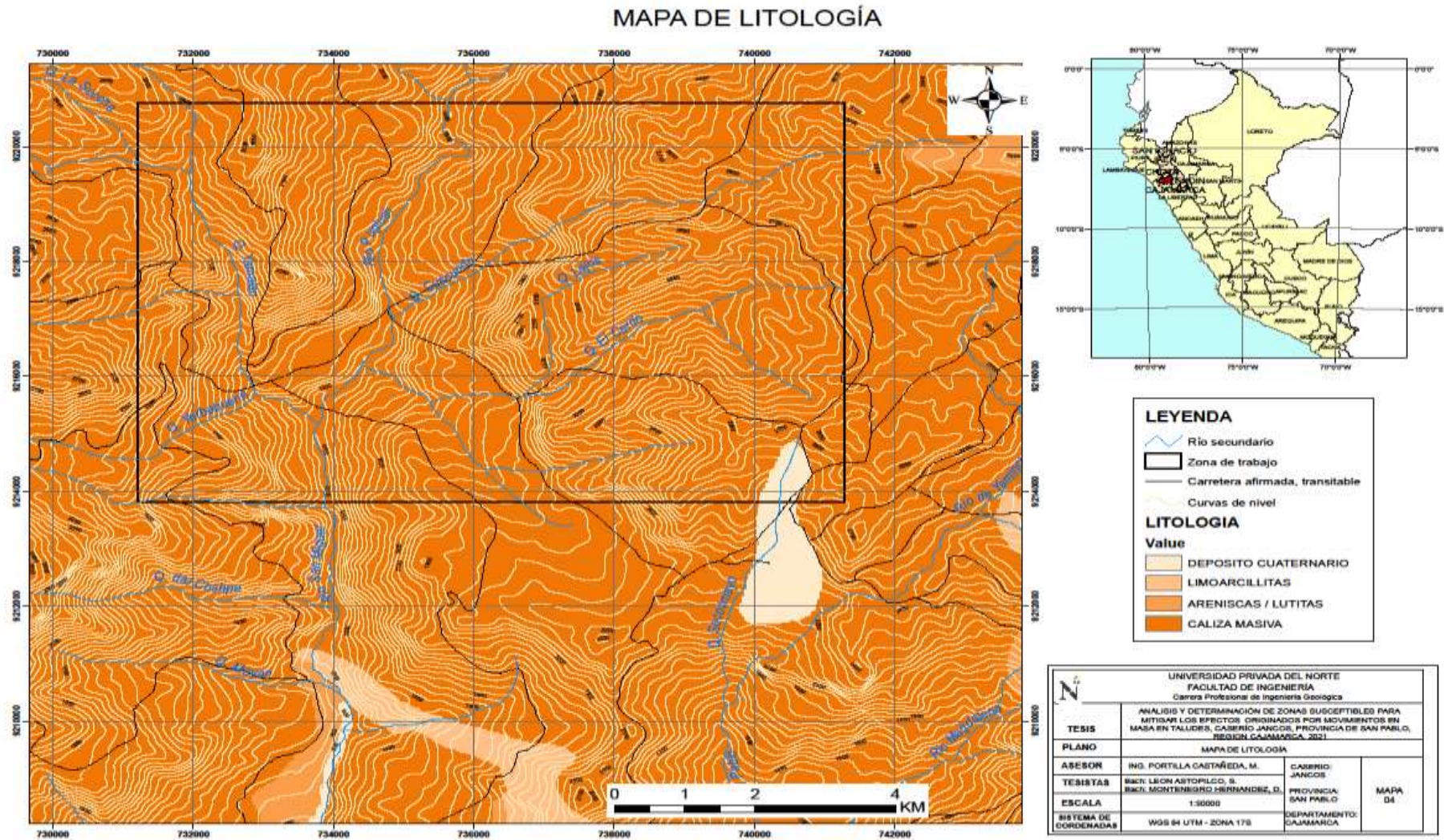
**ANEXO N°33. Mapa de Precipitaciones**



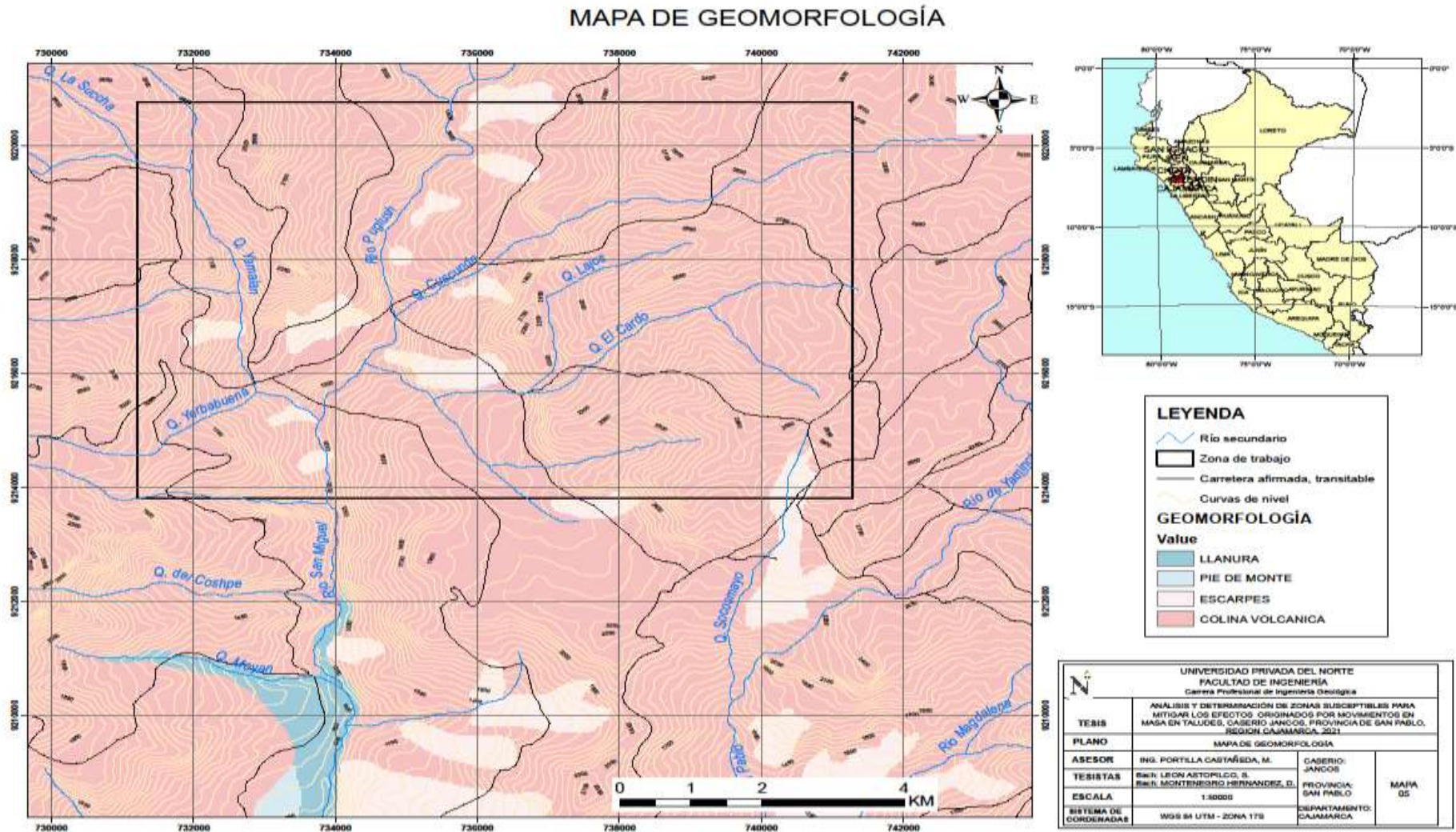
ANEXO N°34. Mapa de Pendientes



**ANEXO N°35. Mapa de Litología**

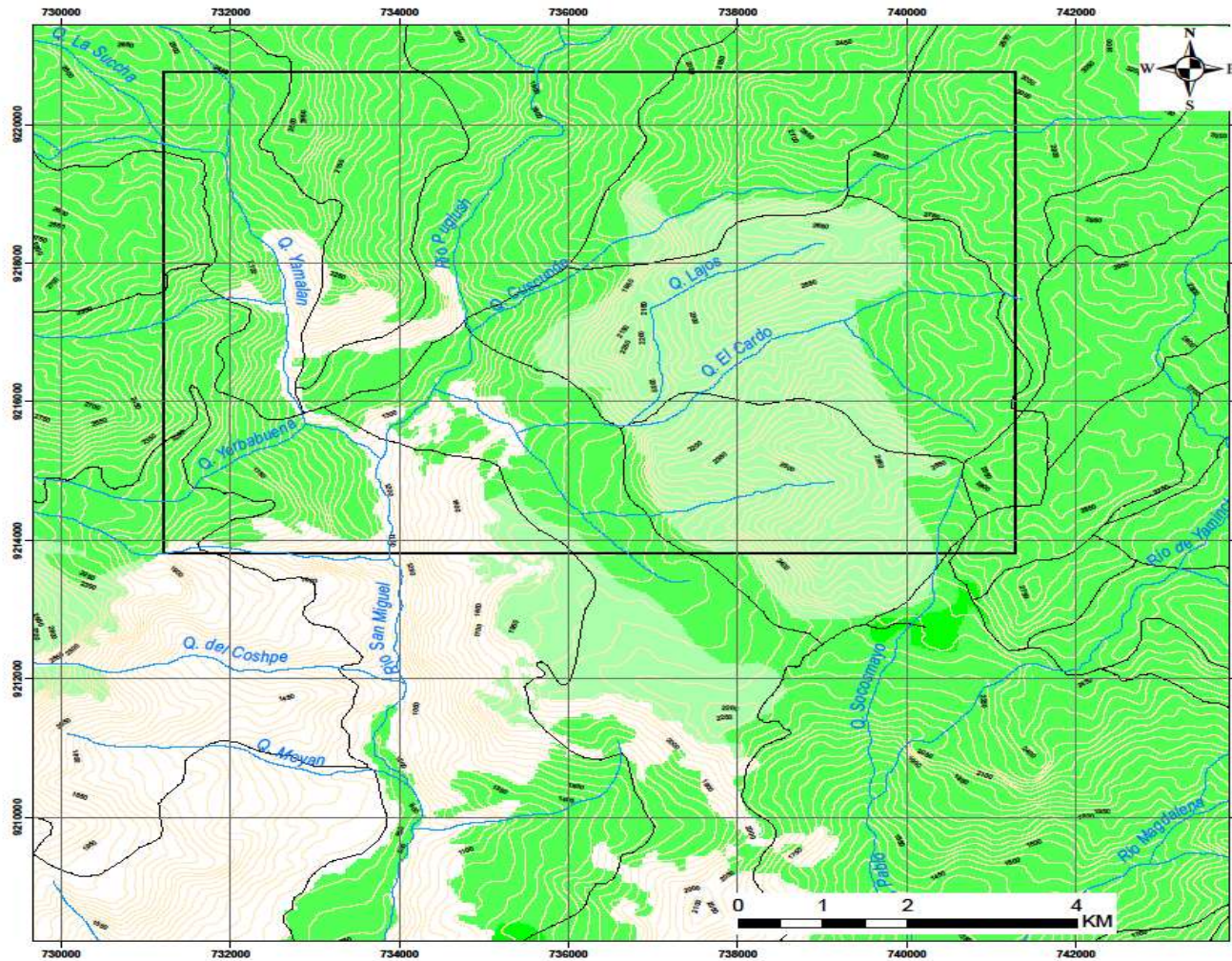


ANEXO N°37. Mapa de Geomorfología



ANEXO N°38. Mapa de Cobertura Vegetal

MAPA DE COBERTURA VEGETAL



**LEYENDA**

- Río secundario
- Zona de trabajo
- Carretera afirmada, transitable
- Curvas de nivel

**COBERTURA VEGETAL**

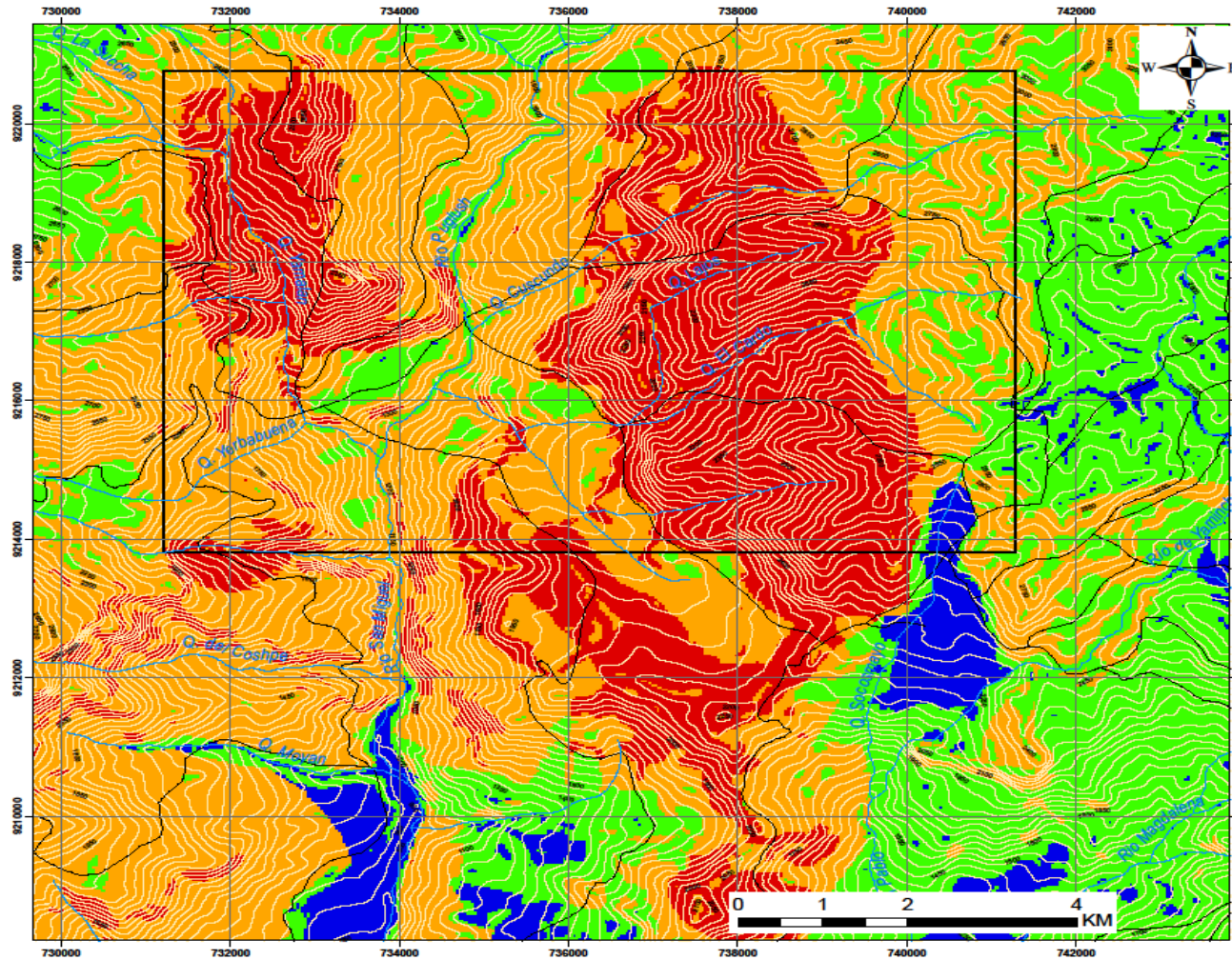
**Value**

- BOSQUE SECO DE MONTAÑA
- PLANTACION FORESTAL
- AGRICULTURA COSTERA Y ANDINA
- MATORRAL ARBUSTIVO




UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera Profesional de Ingeniería Geológica			
TESIS	ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES, CASERÍO JANCOS, PROVINCIA DE SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021		
PLANO	MAPA DE COBERTURA VEGETAL		
ASESOR	ING. FORTILLA CASTAÑEDA, M.	CASERÍO:	JANCOS
TESISTAS	Bach: LEON ASTOPILCO, S. Bach: MONTENEGRO HERNÁNDEZ, D.	PROVINCIA:	SAN PABLO
ESCALA	1:50000	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
SISTEMA DE COORDENADAS	WGS 84 UTM - ZONA 17S		
			MAPA 06

ANEXO N°39. Mapa de Susceptibilidad





MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD




**LEYENDA**

-  Río secundario
-  Zona de trabajo
-  Carretera afirmada, transitable
-  Curvas de nivel

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD**  
**<VALUE>**

-  SUSCEPTIBILIDAD BAJA
-  SUSCEPTIBILIDAD MODERADA
-  SUSCEPTIBILIDAD ALTA
-  SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera Profesional de Ingeniería Geológica			
TESIS	ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES PARA MITIGAR LOS EFECTOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN TALUDES, CASERÍO JANCOS, PROVINCIA DE SAN PABLO, REGIÓN CAJAMARCA, 2021		
PLANO	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD		
ASESOR	ING. PORTILLA CASTAÑEDA, M.	CASERÍO:	JANCOS
TESISTAS	Bach: LEON ASTOPILCO, S. Bach: MONTENEGRO HERNÁNDEZ, D.	PROVINCIA:	SAN PABLO
ESCALA	1:50000	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
SIS TEMA DE COORDENADAS	WGS 84 UTM - ZONA 17S		
			MAPA 07